



Programme de recherche

Bilan 2007-2010

CSTB
le futur en construction

COORDINATION : Emmanuelle LOYSON, Nelson RODRIGUES

RÉDACTION : Charlotte ABELE, Marc COLOMBARD-PROUT, Jérôme DEFRANCE, François DEMOUGE, Thierry GUIOT, Julien HANS, Séverine KIRCHNER, Lydie LAIGLE, Pierre PIMIENTA, Nelson RODRIGUES, Souheil SOUBRA, Alain ZARLI et les responsables d'actions de recherche.

Avec la collaboration de Brigitte BIZE

CRÉDITS PHOTOS: PAGE DE COUVERTURE : ARCHITECTE FRANCK GEHRY, DR | p3, 5 CSTB - ERIC FLOGNY / ALEPH | p11 STÉPHANE CHALMEAU | p89 CNDB | p137 CSTB - LUC BENEVELLO | p229 HUBERT RAGUET | p299 CSTB | p371 |@FOTOLIA-PALUT.
© 2011 CSTB

TOUTE REPRODUCTION OU REPRÉSENTATION INTÉGRALE OU PARTIELLE, PAR QUELQUE PROCÉDÉ QUE CE SOIT, DES PAGES PUBLIÉES DANS LE PRÉSENT DOCUMENT, FAITE SANS L'AUTORISATION DU TITULAIRE DES DROITS D'AUTEURS EST ILLICITE ET CONSTITUE UNE CONTREFAÇON. SEULES SONT AUTORISÉES, D'UNE PART, LES REPRODUCTIONS STRICTEMENT RÉSERVÉES À L'USAGE DU COPISTE ET NON DESTINÉES À UNE UTILISATION COLLECTIVE ET, D'AUTRE PART, LES ANALYSES ET COURTES CITATIONS JUSTIFIÉES PAR LE CARACTÈRE SCIENTIFIQUE OU D'INFORMATION DE L'ŒUVRE DANS LAQUELLE ELLES SONT INCORPORÉES (LOI DU 1ER JUILLET 1992 - ART. L 122-4 ET L 122-5 ET CODE PÉNAL ART. 425).

Édito

Bertrand Delcambre

Président du CSTB

Hervé Charrue

Directeur Recherche & Développement



Dès 2006, la refondation de la recherche du CSTB s'est organisée autour d'une logique d'échelles - allant des composants et systèmes, au bâtiment, au quartier et à la ville - doublée d'une approche systémique pluri disciplinaire. Le Grenelle de l'environnement a renforcé le bien fondé de cette démarche : en démontrant l'interopération des différents enjeux - énergétiques, environnementaux et socioéconomiques - aux échelles du bâtiment, de la mobilité et de l'urbain, il a permis de repositionner ainsi le bâtiment comme un véritable enjeu de recherche.

Afin de faire progresser significativement les connaissances et leur valorisation auprès des acteurs publics et privés concernés, le CSTB s'est ainsi ouvert à des partenariats scientifiques et industriels plus larges dans les grands domaines que sont notamment la santé, l'énergie, l'environnement, la prévention des risques, la ville. Cet ensemble de connaissances, permet aujourd'hui au CSTB et aux acteurs de la construction, de garantir la qualité et la sécurité de la construction durable, par une évaluation scientifique et technique des innovations et leur intégrabilité aux différentes échelles, dans le cadre évolutif des politiques publiques : sécurité, santé, énergie-environnement, économie-social, intégrabilité numérique.

Aussi le bilan 2007 -2010 des recherches engagées par le CSTB et ses partenaires est-il riche et encourageant à la fois. Parce qu'il démontre d'une part la pertinence des logiques d'échelles, de partenariats et de valorisation notamment dans le cadre de l'innovation. Et parce qu'il met en perspective l'apport potentiel des approches systémiques, pour autant qu'elles mixent les communautés scientifiques, techniques, et socio-économiques.

Édito [suite]

Sans être exhaustif on peut retenir de ce bilan quatre axes forts qui, de plus, sont dans le prolongement d'engagements "historiques" du CSTB :

- les enjeux énergétiques et environnementaux : du bâtiment à énergie positive, à la rénovation du parc existant, qui ont rendu nécessaire l'élargissement au quartier durable intégrant les problématiques de mobilité notamment ;
- la santé et le confort : comme aspiration forte des usagers du bâtiment et de l'urbain, conditionnée par les contraintes énergétiques et environnementales, et soutenue par les travaux de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur ;
- la maîtrise des risques : l'intégrabilité des innovations mises en œuvre, souvent composites, conduit à développer une approche systémique de la sécurité de la construction intégrant les différents types de risques naturels et accidentels ;
- la réalité virtuelle enrichie : du bâtiment à l'urbain dans une logique de simulation d'intégrabilité des solutions innovantes, de développement d'outils d'aide à la décision.

Cet ensemble conduit à une mutation profonde des différentes approches du bâtiment quant à ses potentialités face aux enjeux du développement durable et notamment sociétaux. Tous les acteurs de la construction devront intégrer les contraintes qu'impliquent les exigences de performance à la fois plus nombreuses et plus élevées, pour les transformer en potentiel de créativité et d'innovation. C'est ce que le Contrat d'objectifs 2010 -2013 a entériné sur la base du bilan R&D 2007 - 2010 dans le programme Mutation de la Filière Construction. Celui-ci devient un enjeu majeur pour la construction sur la base des programmes présentés dans ce rapport.

Ce bilan de la recherche au CSTB de 2007 à 2010 est porté par la Direction de la Recherche et du Développement du CSTB, les responsables des programmes de recherche et les chercheurs, les doctorants et les techniciens, que nous tenons ici à remercier pour leurs ambitions scientifiques, pour la qualité et la visibilité de leurs travaux, et surtout pour les avancées significatives que ces résultats concrétisent au bénéfice de l'ensemble des acteurs de la construction.

Ces travaux n'auraient pas été possibles sans l'implication de tous les partenaires associés à ces recherches, académiques, agences et opérateurs de recherche publics, acteurs économiques, maîtrise d'œuvre-ingénierie, associations et organisations professionnelles, auxquels nous adressons nos plus vifs remerciements.

Sommaire

Structuration du programme de recherche 2007-2010	9
1 VILLE DURABLE	11
Villes et territoires durables	13
Quartiers et bâtiments durables	53
2 BÂTIMENT PROPRE ET EFFICACE	89
Bâtiments à énergie positive	91
Modernisation durable de l'existant	117
3 MAÎTRISE DES RISQUES	137
Bâtiment et santé	139
Risques naturels et accidentels	185
Gestion intégrée des risques	211
4 CONSTRUCTION ET ÉVOLUTIONS SOCIÉTALES	229
Qualité des ambiances et des usages	231
Efficacité du process construction et gestion	263
5 R&D INNOVATION	299
Simulation numérique	301
6 ANNEXES	317
Le comité consultatif du CSTB	319
L'institut Carnot CSTB	321
Financement de la recherche	327
Principaux projets de recherche et études cofinancés par les pouvoirs publics	329

Structuration du programme de recherche 2007-2010

Depuis 2007 le CSTB a adopté une nouvelle structuration de son programme recherche autour des quatre champs d'action prioritaires définis dans le Contrat d'objectifs 2006-2009. Ces champs se déclinent en dix programmes de recherche, composés eux-mêmes de différentes actions, ou projets de recherche présentés dans la suite de ce document.

CHAMP D'ACTION	PROGRAMME DE RECHERCHE	OBJET
VILLE DURABLE	Villes et territoires durables	Identifier les conditions de développement durable pour chacune des échelles traitées et accompagner les acteurs (politiques, institutionnels et professionnels) à l'aide d'outils de diagnostic, de méthodologies de modélisation, de simulation et d'évaluation.
	Quartiers et bâtiments durables	
BÂTIMENT PROPRE ET EFFICACE	Vers des bâtiments à énergie positive	Mettre à disposition des différents acteurs de la construction les outils et méthodes permettant la banalisation à court terme des bâtiments à énergie positive dans la logique du développement durable.
	Modernisation durable de l'existant	Réduire fortement les consommations énergétiques des bâtiments existant tout en intégrant la logique du développement durable.
MAÎTRISE DES RISQUES	Bâtiment et santé	Améliorer la qualité sanitaire du parc de bâtiments en France et prévenir les situations à risques en lien avec les espaces bâtis (hors situations accidentelles ou actes de malveillance)
	Risques naturels & accidentels	Réduire tout au long du cycle de vie la vulnérabilité du cadre bâti, et accroître son adaptabilité face à l'évolution des usages et des différents types de risques naturels et accidentels.
	Gestion intégrée des risques	Développer aux différentes échelles (composant, bâtiment, quartier, ville), une approche innovante de gestion intégrant les différents types de risques, et articulant les démarches techniques, sanitaires, réglementaires, organisationnelles, économiques, sociologiques, juridiques, etc. afin de permettre, aux différents niveaux de décision, l'optimisation de la performance visée.
CONSTRUCTION ET ÉVOLUTIONS SOCIÉTALES	Qualité des ambiances et des usages	Anticiper, adapter et garantir, la qualité en service des ambiances et usages du cadre bâti, en fonction des évolutions sociétales.
	Efficacité du process construction et gestion	Améliorer l'efficacité du process de construction-gestion des bâtiments, afin de garantir les performances visées tout au long du cycle de vie, en intégrant le cadre socio-éco-technique issu des évolutions sociétales et réglementaires.

PROGRAMME SUPPORT

R&D INNOVATION	Simulation numérique	Optimiser les compétences du CSTB en Modélisation - Simulation - Visualisation, en fédérant les savoirs et savoir-faire en matière de modèles numériques et d'essais combinés physiques-numériques, pour rationaliser les choix ou le développement des outils de calcul utilisés par les chercheurs du CSTB.
----------------	----------------------	---



1 | Ville durable

> VILLES ET TERRITOIRES DURABLES

> QUARTIERS ET BÂTIMENTS DURABLES

> VILLES ET TERRITOIRES DURABLES

Édito

Lydie LAIGLE | Responsable du programme | lydie.laigle@cstb.fr

Sommaire

BILAN QUALITATIF	14
Axes et actions de recherche	17
1. Concevoir des villes et des territoires en évaluant les systèmes urbains	17
2. Démarches intégrées pour bâtir la ville durable	21
3. Urbanité et lien social : enjeux pour la ville durable	28
4. Analyse et instruments économiques pour la ville durable	36
Contributeurs	40
BILAN QUANTITATIF	41

De nos jours, les villes se développent à l'intérieur d'aires urbaines correspondant à des bassins d'emplois et de vie et constituent de larges conurbations et agglomérations. D'un côté, le dynamisme métropolitain se traduit par l'afflux de nouvelles populations, la périurbanisation diffuse des lieux de vie et la déconcentration spatiale des emplois. Ces éléments peuvent être préjudiciables à la cohésion sociale et aux défis environnementaux majeurs du XXI^e siècle : forte consommation de ressources énergétiques et impact sur le changement climatique ; développement urbain très consommateur d'espaces naturels et de réseaux ; discordance entre lieux d'emploi et de vie qui allonge les distances quotidiennes parcourues en automobile. De l'autre côté, des avancées significatives sont faites pour repenser les systèmes urbains à l'aune des préoccupations environnementales, engager des régénérations urbaines et limiter l'étalement urbain. Il s'agit d'accorder plus d'importance à la compacité des centres urbains, à leur maillage en transport collectif, à la mise en valeur des centralités et à la défense des urbanités. Toutefois, on constate une intense fragmentation urbaine, un surenchérissement foncier et immobilier qui représentent des facteurs d'exclusion sociale et d'inégalités dans l'accès à l'environnement urbain. La ville durable apparaît ainsi comme un dilemme, un horizon à atteindre aux prises avec de multiples tensions dont l'avènement reste incertain.

C'est pourquoi le programme "Villes et territoires durables" (VTD) tente d'explorer plusieurs axes à partir desquels tirer des enseignements permettant de répondre aux défis évoqués ci-dessus. Les réponses envisagées impliquent d'améliorer la conception de la ville, de ses multiples composantes (cadre bâti, transport, espaces et équipements publics, etc.), mais aussi son organisation urbaine (mixité, formes, flux et systèmes urbains), afin d'optimiser la consommation d'énergie et de ressources naturelles, de réduire les atteintes environnementales (pollutions, déchets, gaz à effet de serre, etc.) et de limiter les facteurs défavorables à la qualité de vie (nuisances environnementales, déplacements domicile-travail, inégalités d'accès aux centralités et aménités urbaines, manque d'urbanité des espaces périurbains et des banlieues, relâchement du lien social et de l'interaction urbaine, etc.).

L'avènement progressif de la ville durable est ainsi confronté à de multiples enjeux d'ordre environnemental et social, mais aussi à des enjeux de gouvernance qui impliquent la mise en œuvre de démarches plus intégrées d'intervention publique et la prise en considération des dimensions économiques.

BILAN QUALITATIF

Le bilan global du programme VTD est conséquent à plusieurs titres.

1) Une mobilisation convaincante des sciences de l'ingénieur sur l'analyse des systèmes urbains et l'utilisation des résultats obtenus pour l'aide à la conception urbaine et à l'aménagement

Il en ressort un socle de *connaissances non négligeables sur les relations entre formes urbaines et énergie, sur les possibilités d'optimisation des flux de déchets, d'énergie et d'eau en fonction des typologies urbaines* et de l'activité du secteur de la construction, ainsi que de nouveaux *savoirs et méthodologies d'appréhension des nouveaux bruits de la ville de demain* notamment liés aux dispositifs mis en place au nom du développement durable (tramway, voies pour les deux-roues, petit éolien, chaufferie collective, etc.).

Les recherches menées autour de l'évaluation intégrée des systèmes urbains, les liens existant entre efficacité énergétique et formes urbaines montrent ainsi que la morphologie des villes, au sens urbanistique, et l'organisation des réseaux (énergie, eau, déchets, etc.) jouent un rôle qui ne doit pas être sous-estimé. Ces recherches débouchent sur des *représentations aidant à l'évaluation* du métabolisme urbain et de l'impact énergétique et sonore de choix d'aménagement (matrice de flux de matières et d'énergie, prévisions dynamiques de nuisances sonores, restitution en 3D des scénarios acoustiques projetés, etc.). Ces représentations constituent également un *outil de dialogue en amont avec les collectivités et la maîtrise d'ouvrage urbaine sur les scénarios envisagés, les conséquences des choix effectués et la priorisation des actions* à mettre en place pour limiter l'impact environnemental de leurs décisions d'aménagement et de réseaux urbains.

L'intérêt est donc double :

- pour la *recherche* qui est amenée sur de tels projets à faire *le lien entre physique et métabolisme de la ville, d'une part, et formes urbaines puis conception ou renouvellement de tissus urbains, d'autre part* ;
- pour l'investigation à de nouveaux domaines d'application auprès des collectivités territoriales et des aménageurs qui demandent à être avertis des conséquences environnementales de leurs choix.

En sus de l'analyse des interactions existantes entre les formes urbaines, l'efficacité énergétique et les gaz à effet de serre appréhendée du point de vue du système urbain et des paramètres physiques de la ville, le programme de recherche s'est également attaché à identifier les enjeux sociaux (précarité énergétique) et les modes d'action publique appropriés (approche intégrée et préventive) au développement de territoires durables.

2) Coordination entre formes urbaines et mobilité pour inventer une nouvelle urbanité et consolider des politiques urbaines de protection du climat

Outre la physique des formes et des flux de la ville, les recherches réalisées par les sociologues et économistes du CSTB révèlent des obstacles à lever pour engager des politiques d'atténuation du changement climatique. Il s'agit, notamment, des facteurs qui déterminent la localisation périurbaine des habitants et des emplois relatifs aux marchés (foncier, immobilier, etc.), mais aussi les pratiques de déplacement et modes de vie.

Constatant que la mobilité, facilitée par la multiplication des infrastructures de transport, peut participer à la fragmentation des espaces urbains et ainsi aller à l'encontre d'un développement urbain durable, les travaux se sont concentrés sur les moyens permettant de mieux polariser la croissance urbaine et de hiérarchiser les types de mobilité grâce à des politiques coordonnées d'organisation territoriale et de transport. La réflexion a également porté sur les façons d'utiliser les acquis et les enseignements de politiques d'urbanisme-transport plus coordonnées pour les mettre au service d'une politique de lutte contre le changement climatique.

La dimension stratégique de l'action foncière et des démarches intégrées urbanisme-transport des collectivités a donc été mise en avant, de même que la nécessité de nouvelles taxations sur la localisation et les déplacements incitant à la concentration du bâti tertiaire et résidentiel dans des pôles relais desservis par des transports collectifs.

Ce programme de recherche a aussi été l'occasion de revisiter des sujets déjà balisés, mais dont les problématiques et les réalités ont évolué. Par exemple, sur des sujets tels que « ville et efficacité énergétique » et « périurbain », objets de nombreuses publications ces dernières années, les choix et les contraintes exprimés par les ménages – tant dans les modes d'habiter qu'ils recherchent ou qu'ils subissent, que dans leurs pratiques de

mobilité-déplacement et de rénovation énergétique de leur logement –, restent peu abordés.

Sur les questions centrales des « inégalités écologiques », de la « précarité énergétique » et de l'« urbanité », un effort de conceptualisation, d'analyse comparative internationale des thèses et des représentations sous-tendant la recherche, et d'identification des modalités possibles d'intervention publique a été réalisé. Ces travaux se sont notamment appuyés sur des projets lauréats d'appels à propositions du PUCA tels que FUGES (Formes urbaines et GES), Précarité énergétique, Politiques territoriales et développement durable (axe 4 Inégalités écologiques) associant les équipes du CSTB et des collectivités territoriales. Leur qualité a été reconnue à travers des publications proposées aux chercheurs concernés, et leur intégration dans des groupes d'experts préparant des documents ministériels (Pacte de solidarité écologique, Liétard et Borloo).

Les recherches sur l'urbanité, les modes d'habiter et l'habitabilité des espaces urbains s'inscrivent pour leur part en miroir de la montée des préoccupations environnementales. Celles-ci conduisent souvent à promouvoir des conceptions architecturales et urbaines répondant à des exigences techniques d'efficacité énergétique et de gestion raisonnée des ressources. Toutefois, ces conceptions ne peuvent uniquement répondre à de tels enjeux environnementaux sans considérer des enjeux d'urbanité. Ce qui pose la question du réel enjeu de la construction de la ville durable, à savoir mettre la durabilité au service de la qualité urbaine et de l'habiter en milieu urbain.

Dans la mesure où la ville durable peut aussi accentuer la compétition entre territoires, les vulnérabilités et les formes d'exclusion qui l'accompagnent, le questionnement porte également sur les acquis de la politique de la ville et les formes d'actions plus collectives susceptibles de soutenir les modes de socialisation des jeunes, et ainsi promouvoir des politiques de développement urbain durable plus sociales et solidaires ? Dans ce cadre, les travaux centrés sur les *jeunes des banlieues* permettent de *réinterroger la crise urbaine*, en sortant de la problématique de l'insécurité et de la victimisation pour comprendre les *ressorts de socialisation de ces jeunes, en dépit de l'accroissement de leur vulnérabilité*. La dimension internationale de ces travaux, qui s'appuient notamment sur des comparaisons avec des travaux réalisés au Brésil, en Russie et en Israël, a été l'occasion de

développer des réseaux autour de ces problématiques (création du Collège doctoral Paris-Jérusalem associant cinq universités (françaises, palestinienne et israélienne), mise en place de séminaires annuels CSTB-UNB Brasilia, etc.).

3) La structuration d'un champ de recherche « villes durables »

Au moment du lancement du programme VTD, en 2006-2007, les connaissances au CSTB sur les villes durables étaient segmentées, disjointes et peu ouvertes à l'international. Le programme a permis *d'avancer dans la caractérisation de telles villes*, en considérant qu'il n'existe pas un modèle de ville durable, mais *des éléments significatifs qui peuvent jouer en faveur de trajectoires plus durables de développement urbain*. À partir de recherches comparatives menées dans plusieurs villes européennes (Barcelone, Manchester, Naples, Copenhague, Hanovre), les éléments significatifs déterminant ces trajectoires ont été analysés (évolution des structures de gouvernance, modes d'articulation urbanisme-transport, conceptions urbaines plus compactes et polycentriques, outils de maîtrise foncière mobilisés, mesures incitatives et dissuasives à la localisation et aux déplacements automobiles, etc.).

Les résultats ont été valorisés sous forme de colloques, d'articles et de rapports publics, dont l'un a été publié sous forme d'ouvrage en 2009 par le PUCA sous le titre « Vers des villes durables : les trajectoires de quatre agglomérations européennes », et sous forme de participation au « *groupe support national de mise en œuvre de la Charte européenne de Leipzig sur la ville durable* ». Le travail sur ce thème se poursuit aujourd'hui de manière appliquée à la mise en œuvre des « plans climat énergie territoriaux » à travers le projet ANR ville « ASPECT 2050 ».

4) Ouverture d'un nouveau domaine de recherche : l'économie de l'aménagement et l'économie territoriale

Des recherches sur des sujets encore peu traités en France tels que les coûts de la ville et l'économie de l'aménagement ont été initiées. Ces recherches visent, d'un côté, à bâtir un corpus d'analyse permettant d'identifier les principaux coûts à prendre en compte dans le développement et le fonctionnement de la ville sur le moyen et long terme, et, de l'autre, les formes de

contractualisation et les structures de gouvernance qui pourraient être mises en place.

Le premier axe a été l'occasion de travailler sur la régulation des dynamiques qui interviennent sur les coûts d'urbanisation et de gestion urbaine supportés par les collectivités et sous-tendent le développement et le fonctionnement des territoires.

Le second a permis d'étudier les relations entre acteurs (aménageurs, promoteurs et investisseurs). Dans un contexte où les risques et les incertitudes augmentent et où des configurations hybrides peuvent se développer, les questions suivantes ont été abordées :

- dans quels cas, ces acteurs peuvent-ils avoir intérêt à contractualiser et comment concevoir des structures de gouvernance ?
- quels sont la place et le rôle des opérateurs privés et quelle est la pertinence du recours au partenariat ?
- à quelle condition la maîtrise d'ouvrage urbaine peut-elle conduire des projets d'aménagement durable ?

Le réseau de recherche EDUD (Économie et Développement urbain et durable), créé sous l'impulsion de la direction R&D du CSTB en 2008 associe le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED), le laboratoire d'Économie de la production et de l'intégration internationale (LEPII), le laboratoire d'Économie des transports (LET), le laboratoire Ville, Mobilité, Transports (LVMT), l'École des mines ParisTech, le Département Économie et Sciences humaines du CSTB et la mission Climat de la Caisse des dépôts.

Il a pour ambition de contribuer au développement de la recherche économique dans le domaine du développement urbain durable en prenant en compte les préoccupations des acteurs socio-économiques (élus, entreprises, associations).

AXES ET ACTIONS DE RECHERCHE

Pour répondre aux enjeux préalablement décrits, le programme de recherche « Villes et territoires durables » s'articule autour de quatre axes :

- conception des villes et des territoires en évaluant les systèmes urbains ;
- démarches intégrées pour bâtir la ville durable ;
- urbanité et lien social : enjeux pour la ville durable ;
- analyse et instruments économiques pour la ville durable.

1. CONCEVOIR DES VILLES ET DES TERRITOIRES EN ÉVALUANT LES SYSTÈMES URBAINS

1.1. QUESTIONS POSÉES À LA RECHERCHE

Les exigences du développement durable impliquent des évolutions importantes en matière d'urbanisme et d'aménagement. La ville doit être repensée de manière systémique par des approches urbaines renouvelées intégrant les questions d'efficacité énergétique et d'impacts environnementaux, des formes urbaines et bâties, mais aussi des flux qu'elles sous-tendent. Or les méthodes d'évaluation existantes sont très sectorielles, prennent peu en compte les liens existant entre les formes urbaines et les flux de matières et d'énergie qu'elles génèrent, tant du point de vue des corrélations physiques à établir que des critères à considérer dans l'évolution des modes de vie (périurbanisation, modes de déplacement, etc.).

Ce premier axe de recherche vise à combler ces manques dans la connaissance et les méthodologies d'évaluation des systèmes urbains, dans l'objectif de renouveler les modes de conception et de renouvellement des villes qui prendraient plus en compte ces différents aspects de la durabilité.

Les différentes questions posées à la recherche sont les suivantes :

- quels sont les critères d'analyse et les systèmes d'indicateurs qui peuvent servir à orienter les choix d'aménagement et d'organisation urbaine selon des objectifs visés de réduction des atteintes environnementales ?

- comment traite-t-on à l'échelle de la ville, de la question de l'efficacité énergétique et de la réduction des émissions de GES (ville facteur 4) ?
- quels sont les outils de formalisation de l'écosystème urbain (« métabolisme urbain ») qui combinent une approche spatiale, fonctionnelle et systémique en termes de flux-matières-énergie ?

1.2. PRINCIPALES ACTIONS DE RECHERCHE

⇒ Vers une évaluation intégrée des systèmes urbains (2007-2010)

Pilote : Emmanuel JAYR

Intérêt de la thématique de recherche

Le développement de nos sociétés repose notamment sur l'utilisation de ressources naturelles qui se présentent sous forme de stock ou de flux. Cela sous-tend :

- l'extraction, à un coût économique le plus faible possible, de matières premières et d'énergie du sous-sol et leur transformation et accumulation dans la technosphère sous la forme d'un ensemble de constructions humaines (bâtiments, biens matériels, résidus, etc.) ;
- la production, la transformation et la consommation de matière organique issue de la biomasse d'origine végétale et animale.

La maîtrise des impacts environnementaux de ces activités humaines est aujourd'hui un enjeu majeur pour la poursuite du développement de nos sociétés, qui doivent faire face à une production massive de déchets, de rejets liquides et gazeux, et qui contribuent fortement au changement climatique.

La pression environnementale poussant à la maîtrise des impacts des activités humaines combinée à une hausse incontournable du prix des énergies fossiles et des matières premières interpellent aujourd'hui la communauté publique qui prend conscience à la fois du caractère non renouvelable de certaines ressources naturelles et du faible développement des actions de valorisation matière des matériaux secondaires (Grenelle de l'environnement et Règlement « Produits de construction »). La transition vers des territoires durables et une maîtrise de l'entropie territoriale supposent une réorganisation et une diminution des flux externes (les entrées et sorties du territoire) et des flux internes (en optimisant la

réutilisation de la matière, de l'énergie et de l'eau). Il s'agit de changer de paradigme en allant vers une approche systémique du territoire, probablement plus adaptée à la définition d'un modèle de développement cohérent.

Les territoires urbanisés – qui représentent près de 50 % de la population mondiale aujourd'hui, et plus de 75 % pour la France –, concentrent l'essentiel de cette activité dans un système à l'entropie sans cesse croissante. La ville puise des ressources dans « son environnement », les stocke, les transforme et rejette des déchets et des émissions. Les collectivités territoriales sont appelées à orienter leur politique vers une gestion optimisée des flux énergie / eau / matière première / déchets et expriment une forte demande pour des outils d'aide à la décision. Il s'agit de définir « l'environnement » de la ville, de s'interroger sur ce que l'on cherche à préserver et sur la méthode de mesure des dégâts (ou impacts) aux échelles de la ville et de son territoire.

À terme, l'objectif du travail réalisé dans le cadre de cette action de recherche est de mieux appréhender le métabolisme d'un territoire et de pouvoir disposer d'un outil d'aide à la décision destiné aux collectivités souhaitant maîtriser les impacts et hiérarchiser les actions à mettre en place dans le cadre de leur politique en matière d'énergie, d'eau et de gestion des déchets.

Principaux résultats

Une démarche méthodologique a été élaborée, permettant de comprendre et d'évaluer le métabolisme des flux liés au secteur du bâtiment et de mettre en place des actions autorisant une gestion optimisée de ces flux. Le travail réalisé a porté sur :

- la caractérisation du métabolisme et la schématisation des différents flux en s'appuyant sur l'analyse des échelles spatiales et temporelles du jeu d'acteurs impliqués ;
- la définition des critères de performance pour trier les paramètres d'influence de chacun des flux ;
- l'identification des contraintes et des variables régissant les différents flux par l'analyse des freins et du contexte réglementaire et une approche multidisciplinaire ;
- l'élaboration d'un système d'indicateurs, regroupés dans une grille d'évaluation structurée en plusieurs grands axes (technique, environnemental, sanitaire, social, économique), et rendant possible un suivi des critères de performance fixés ;

- la définition des actions permettant de répondre aux critères de performance et des outils pour leur mise en œuvre, la pertinence des actions étant jugée selon une évaluation multicritère fondée sur le système d'indicateur majeurs, permettant également leur hiérarchisation.

L'action de recherche s'est également attachée à identifier pour chacun des flux, les actions permettant leur maîtrise, notamment en termes de consommation et de gestion à l'échelle de l'ouvrage, de la parcelle ou plus largement à l'échelle du territoire, suivant le flux traité.

En ce qui concerne la caractérisation du métabolisme, elle a permis de définir la démarche opérationnelle à mettre en œuvre pour effectuer l'analyse des flux de matière (ressources et déchets) d'un territoire ciblé, pour le secteur de la construction et ce en fonction de la problématique à traiter, afin d'arriver à une description du système urbain permettant l'identification des échanges existants en son sein (flux entrants – stocks, accumulation et transformations – flux sortants).

Les travaux doivent maintenant se concentrer sur l'optimisation de l'utilisation des flux de matières mobilisées par les activités de construction et d'aménagement au sein de territoires. Pour être validés, les développements méthodologiques doivent être appliqués au niveau d'une politique générale mise en place par une agglomération et au niveau d'un programme de construction ou de réhabilitation d'un équipement collectif (collège).

⇒ Étude de la relation énergie / paramètres de formes urbaines

Pilote : Serge SALAT

Intérêt de la thématique de recherche

Alors que l'impact énergétique des morphologies urbaines est responsable d'un facteur 2 entre formes efficaces et inefficaces, la relation entre paramètres de formes urbaines et besoins énergétiques théoriques demeure mal connue. La manipulation des paramètres de formes urbaines apparaît pourtant comme un levier d'action puissant pour réaliser des économies d'énergie et des réductions des émissions de CO₂. Le travail réalisé, mené à partir de l'analyse de dizaines de tissus urbains, vise à identifier les relations entre paramètres de formes urbaines et besoins

énergétiques théoriques pour permettre, à terme, d'orienter l'action des décideurs publics.

Le travail inclut une réflexion sur les indicateurs de développement durable urbain. En effet, les systèmes existants (LEED, CASBEE, etc.) sont construits à partir de visions privilégiant un des facteurs en jeu, souvent la technologie constructive ou la nature de l'approvisionnement en énergie. La forme urbaine est rarement prise en compte.

Le problème posé par le cadre global d'analyse est celui de la descente d'échelle : comment construire un modèle énergétique qui relie entre elles les échelles du bâtiment, du groupe d'îlots urbains (200 m x 200 m en Europe, 400 m x 400 m aux États-Unis), du tissu urbain à l'échelle quartier (800 m x 800 m en Europe, 1 mile carré aux États-Unis), de la ville dense dans un rayon de 5 km ; de l'agglomération dans un rayon de 30 km avec dans le cas de Paris et de l'île de France une série d'agrandissements par homothéties successives. Comment construire non seulement une série de paramètres géométriques ayant un impact sur les besoins énergétiques à chaque échelle, mais aussi un cadre global d'analyse où inscrire ces paramètres liés aux échelles successives. Pour répondre à ces deux questions, il faut affronter une question plus fondamentale qui est celle de la répartition en taille et en fréquence des éléments d'échelles différentes, qui composent le système urbain.

La théorie de l'information, la maximisation de l'entropie et la distribution en loi de puissance conduisent à une hiérarchie fractale dans les échelles urbaines. L'étude de l'application des lois de la géométrie fractale dans la ville permet de comprendre, de modéliser et de pouvoir prédire des phénomènes urbains et des consommations énergétiques.

Principaux résultats

L'étude de la relation forme-énergie est innovante du fait de l'échelle à laquelle elle opère, quartier et ville. L'idée est donc d'obtenir une évaluation des besoins et des consommations à partir de facteurs géométriques euclidiens et fractals. Pour l'instant, l'évaluation des besoins de chauffage en climat froid est opérationnelle. L'évaluation de la connectivité est aussi bien avancée.

La consommation d'énergie de transport varie globalement au carré de la taille des métropoles, elle-même fonction de la densité construite et des surfaces par habitant (si l'on généralise les

résultats de Kenworthy et de Zahawi). Les besoins théoriques de chauffage en climat froid sont proportionnels au paramètre de compacité (d'après Depecker).

La lutte contre le changement climatique et les pénuries annoncées d'énergie imposent de manipuler simultanément tous les leviers d'économie d'énergie possibles pour diminuer la consommation et les émissions de CO₂ des villes. Or la seule manipulation de la forme urbaine permet de diviser les consommations d'énergie par 2, résultat à comparer à la technologie du bâtiment (facteur 2,5), à l'efficacité des systèmes de production et de distribution d'énergie (facteur 2) ou au comportement des usagers (facteur 2). Cette lacune dans les systèmes d'indicateurs est donc importante. De même, les outils de calcul de consommation énergétique ne différencient pas l'impact de chaque facteur. C'est pourquoi cette recherche essaye d'évaluer cet impact.

À partir de l'étude des indicateurs existants, le laboratoire a commencé à élaborer un système d'indicateurs spatiaux permettant de mesurer la performance de la forme urbaine en fonction de problèmes environnementaux, énergétiques et sociaux. Les principes mathématiques les plus prometteurs ont été identifiés, et le travail se concentre maintenant sur leur adaptation aux problématiques urbaines et sur la possibilité d'en faire des outils prédictifs, pour les problèmes énergétiques et de circulation des flux dans la ville.

À terme, l'objectif est de parvenir à un modèle multiéchelle et multitemporel de la relation forme/énergie urbaine, modèle mathématisé permettant à la fois des prédictions énergétiques et d'émissions de CO₂ à partir de facteurs de forme géométriques, de la construction de typologies énergétiques des structures et des tissus urbains, et de la construction d'indicateurs spatiaux utilisables par les politiques publiques. Même si une des hypothèses de travail est une relative autonomie des faits urbains incluant une grande part de social, le modèle énergétique devra s'inscrire dans le cadre des grandes lois de la physique – thermique, thermodynamique –, mais aussi de théories plus contemporaines de la complexité, des structures dissipatives loin de l'équilibre, et de l'analyse des fluctuations par la géométrie fractale.

⇒ **Prévoir et gérer les bruits émergents dans la ville durable de demain** (2009-2011)

Pilote : Jérôme DEFRANCE

Intérêt de la thématique de recherche

La présente action de recherche vise à développer les connaissances sur les nouvelles émergences sonores des villes (actuelles ou à venir d'ici 50 ans) et à mettre au point un outil d'aide à la gestion qui permette de prendre en compte ces nuisances dans l'aménagement urbain, notamment par l'écoute.

L'évolution à moyen et à long terme des émissions sonores en ville concerne tout d'abord les moyens de transport avec notamment l'introduction programmée de véhicules électriques dont l'impact acoustique est une diminution d'environ 5 dB(A) pour une vitesse située entre 30 et 50 km/h. Le bruit résiduel urbain (ou bruit de fond), issus des transports terrestres, aura certainement tendance à diminuer dans les décennies à venir. Parallèlement, la crise de l'énergie incitant à la mise en œuvre de technologies d'efficacité énergétique, des équipements du bâtiment, plus ou moins bruyants, vont se développer, tels que l'éolien urbain, les PAC (pompes à chaleur) et les systèmes de VMC (simples et doubles flux). Quel sera l'impact de ces nouveaux bruits émergents dans la ville durable de demain ? Peut-on dès à présent « faire écouter » cet environnement du futur ? Et déterminer les scénarios prévisionnels où la gêne sonore sera trop importante ?

Principaux résultats

Le travail initial a été d'ordre bibliographique. Ainsi, **le premier résultat obtenu est un important travail sur l'état de l'art** débutant par une classification de bruits urbains en typologies, en distinguant les bruits environnementaux (comme le bruit des transports terrestres) des bruits issus ou rattachés aux bâtiments (comme les systèmes de production d'énergie ou d'efficacité énergétique). Puis, pour chacun de ces bruits, les différents modes de fonctionnement et les données d'émission sonore ont été déterminés, avec l'aide des chercheurs intervenant chacun dans leur spécialité (véhicules électriques, véhicules à moteur à explosion, systèmes d'efficacité énergétique du bâtiment, petit éolien urbain, morphologie urbaine, quartier durable, ville durable). Une importante étude paramétrique a ainsi été menée sur un boulevard type et les résultats d'émergence acoustique ont été calculés en fonction :

- de la source sonore d'équipement du bâtiment (type, nombre et disposition) ;
- du scénario de trafic (limitation de vitesse, poids-lourds, véhicules électriques) ;
- de la période de la journée (petit matin/jour/soir/nuit) ;
- de l'emplacement du récepteur (piéton, façade boulevard, façade arrière-cour).

Parallèlement, une bibliographie sur la gêne sonore et sa relation avec la typologie du bruit, sa dose et son émergence par rapport au niveau de bruit résiduel, a été effectuée.

Concernant le constat *in situ*, une enquête sur le terrain, sur le bruit d'une PAC, a été menée auprès de 20 personnes dans un environnement bruyant et un environnement calme, à Grenoble et Paris, afin de caractériser la relation dose/gêne ressentie. Des tendances sur la gêne sonore liée à ce type d'équipement en fonction de l'environnement et des pratiques du quartier ont été obtenues.

Une ébauche de méthodologie de mesurage *in situ* de nouvelles sources du bâtiment a été élaborée. La difficulté a consisté à déterminer la puissance acoustique de la source sonore en s'affranchissant de l'effet de site (réflexions sur façades, diffractions sur arêtes, sources parasites). Cette méthodologie a été appliquée au cas de la PAC et de la VMC toiture, et a permis d'alimenter la base de données et l'outil de simulation pour ces types d'équipement.

L'outil de simulation permettant la restitution sonore 3D propre à un scénario possible de la ville de demain a été développé par adaptation de la technologie BANGA-OASIS. Les premières simulations de restitution d'ambiances sonores 3D, fondées sur les projections de futures villes durables, ont été menées pour la PAC et la VMC, au travers d'un démonstrateur.

Les travaux menés depuis deux ans ont été l'occasion de mettre en place d'étroites collaborations entre des équipes et des domaines très variés : urbanisme, développement durable, transports, énergie et bien sûr acoustique, avec des approches à la fois physiques et perceptives, concernant aussi bien la simulation que la mesure *in situ*.

Perspectives

L'achèvement prévu de cette recherche fin 2011 passe par l'approfondissement et la finalisation de certains points :

- l'application de la démarche de simulation physique à des topographies urbaines complémentaires à celle du grand boulevard (lotissements d'habitat individuel, ensembles de petits collectifs, boulevards urbains, etc.) ;
- l'application de la démarche de constat *in situ* à d'autres types de sources sonores, et notamment à l'éolien urbain ;
- la prévision dynamique du niveau sonore global (seconde par seconde), obtenue à partir de l'outil de simulation, et permettant de déterminer des indicateurs dynamiques de qualité sonore (tels que « rugosité » et « brusquerie » acoustique) ;
- la réalisation de séquences sonores virtuelles 3D pour un ensemble beaucoup plus large de scénarios urbains réalistes, notamment par l'introduction fine des bruits de deux-roues, de véhicules électriques, de tramways et d'éoliennes urbaines. ***In fine, il sera possible de restituer en 3D tout scénario acoustique projeté, notamment dans le cadre d'une étude d'impact détaillée à l'intention d'un client aménageur urbain*** (architecte, collectivité territoriale, bureau d'étude, etc.).

1.3. AUTRES PROJETS DE RECHERCHE

ASURET – Analyse Systémique de l'Utilisation de ressources renouvelables de la technosphère (2010-2012)

Emmanuel JAYR

Projet ANR ECOTECH financé par l'Ademe

Emmanuel JAYR, Nicoleta SCHIOPU

VegDUD – Rôle du végétal dans le développement urbain durable : une approche par les enjeux liés à la climatologie, l'hydrologie, la maîtrise de l'énergie et les ambiances (2010-2012)

Projet ANR

Maeva SABRE

ENERGIHAB – La consommation énergétique : de la résidence à la ville : aspects sociaux, techniques et économiques (2009-2011)

Projet ANR

Nadine ROUDIL

Incidences des formes urbaines et des dynamiques d'agglomération sur les émissions de gaz à effet de serre et l'efficacité énergétique liées aux bâtiments (2008-2009)

Projet cofinancé par le PUCA

Serge SALAT

Morphologie et durabilité des villes

Méditerranéennes (2010-2013)

Programme doctoral

Daphné VIALAN – École des hautes études en sciences sociales (EHESS)

2. DÉMARCHES INTÉGRÉES POUR BÂTIR LA VILLE DURABLE

2.1. QUESTIONS POSÉES À LA RECHERCHE

Les réformes législatives et réglementaires descendantes, les nouveaux outils de planification intégrée (documents d'urbanisme compatibles avec des plans climat, de déplacement et de protection environnementale, etc.) paraissent nécessaires mais insuffisants pour bâtir des villes et des territoires durables. En effet, les recherches menées à l'échelle des villes européennes montrent que les nouvelles orientations planificatrices dans les domaines de l'urbanisme, des transports et de la protection environnementale ne peuvent devenir effectives que si elles sont davantage conçues en interaction et procèdent d'une vision plus stratégique multiéchelle, faisant le lien entre stratégies territoriales et grands projets urbains et d'infrastructures. La planification ne peut trouver à se réaliser sans une gouvernance locale renforcée qui en négocie les finalités et le contenu en amont et en contractualise les modalités d'application sur le moyen terme. Ainsi, comment consolider des centralités urbaines accessibles en transport collectif et favoriser une transition urbaine postcarbone, sans envisager les interactions réciproques entre politiques d'aménagement et de transport ? De plus, la planification ne peut être suivie d'effets que si des mesures incitatives et coercitives infléchissant les logiques de localisation et de mobilité des ménages et des entreprises, sont envisagées.

En somme, la ville durable ne se décrète pas, mais se construit progressivement par des démarches innovantes de gouvernance urbaine et de sensibilisation citoyenne, d'innovation technique, d'apprentissage et de mutualisation des savoirs qui sont autant d'éléments participant à une trajectoire d'urbanisation plus durable.

Cet axe vise à identifier les éléments constitutifs de cette trajectoire, autant que les obstacles à lever et les démarches à promouvoir pour faire advenir des villes et des territoires plus durables : interaction entre échelles et domaines d'intervention, entre

politiques d'aménagement et de transport, entre vision stratégique et gouvernance locale, entre planification et contractualisation, entre conception urbaine et incitation à l'évolution des modes de vie.

Les différentes questions posées à la recherche sont les suivantes :

- dans quelle mesure la référence au développement durable renouvelle-t-elle les façons de concevoir et de faire la ville ? Quelles sont les adaptations possibles entre les conceptions urbaines durables et les manières de faire la ville durable ?
- quels sont les outils complémentaires (de gouvernance, de planification, de partenariat, de concertation, etc.) permettant de mettre en œuvre des démarches intégrées de « fabrique de la ville durable » adaptées aux différentes échelles, aux divers enjeux et contextes urbains ?
- peut-on faire un *benchmark* européen des méthodes et des outils de fabrique de la ville durable ? Quels sont les freins et les moteurs, les facteurs de succès et d'échec ?
- comment bâtir des trajectoires de ville durable ? Comment s'appuyer sur l'héritage urbain et en même temps répondre à des enjeux de développement territorial ?

2.2. PRINCIPALES ACTIONS DE RECHERCHE

⇒ **Démarches intégrées pour bâtir la ville durable : un panorama européen (2007-2008)**

Pilote : Lydie LAIGLE

Intérêt de la thématique de recherche

À l'heure où la ville qu'on dit durable est présentée comme une finalité, son avènement demeure incertain. Si la ville durable est avant tout une utopie, elle est également un vecteur de changement. Comment concevoir un développement « qui ne produit pas ce qui le détruit » ? Tel est le défi posé par le développement durable. En ce sens, le caractère durable d'une ville dépend moins de ses caractéristiques intrinsèques que de la capacité à orienter son développement et limiter les effets dommageables que celui-ci génère sur les populations, les ressources et les milieux de vie.

Les questions au fondement de cette action de recherche qui vise à identifier quels sont les facteurs significatifs et les démarches possibles

pour bâtir progressivement des villes plus durables sont nombreuses : dans quelle mesure cette utopie produit-elle à l'échelle des villes des confrontations et des arbitrages inédits entre développement économique, processus d'urbanisation, accès équitable aux aménités urbaines et environnementales ? Quels rôles peuvent jouer les collectivités territoriales pour concevoir des modèles d'organisation urbaine plus durables et comment peuvent-elles faire évoluer l'action publique locale afin d'orienter les trajectoires de durabilité des villes et des agglomérations d'Europe ?

Principaux résultats¹

Les réponses apportées à ces questions ne sont pas génériques. Le développement urbain durable des villes se construit sur un temps long à travers des ajustements entre les modes de développement économique et urbain, les dynamiques territoriales qui en résultent et les politiques qui les orientent. À partir de l'analyse de quatre agglomérations européennes – Barcelone, Hanovre, Naples et Copenhague –, cette recherche rend compte de la singularité des trajectoires suivies par chaque ville. La durabilité urbaine revêt des formes variées et les voies pour y parvenir sont différentes d'une ville à l'autre, mais, sous des conceptions plurielles, des axes de convergence structurants apparaissent, et notamment la capacité de « la » ville durable à :

- **orienter une trajectoire de développement à long terme** et à transcrire sa vision stratégique en principes d'aménagement appliqués de façon cohérente aux différentes échelles de territoire ;
- **surmonter les problèmes hérités du passé et à s'adapter aux enjeux présents et futurs** en envisageant des voies de développement qui, d'une part, préservent son identité et sa qualité, et, d'autre part, en limitent la vulnérabilité ;
- **définir des voies de développement moins génératrices d'atteintes environnementales et de vulnérabilité sociale** (logiques de ségrégation socio-spatiale) en considérant les mutations urbaines à l'aune des dynamiques territoriales qu'elles engendrent (mobilité résidentielle, logiques de localisation, pratiques de déplacement, etc.) et des effets en chaîne plus globaux qu'elles induisent sur la consommation

¹ Les résultats de cette action de recherche ont fait l'objet d'un ouvrage intitulé « *Vers des villes durables, les trajectoires de quatre agglomérations européennes* » et édité dans la collection Recherche du PUCA en 2009.

des ressources, les flux de matière et d'énergie, les pollutions, etc. ;

- **définir une approche intégrée urbanisme-transport à l'échelle de l'agglomération** par la planification des changements dans l'occupation du sol et l'adaptation corrélative de l'organisation et de l'offre du système de transport collectif. Compte tenu du faible transfert de l'usage de l'automobile vers les transports collectifs, la modification des pratiques de déplacement requiert des mesures incitatives particulières en complément de la stratégie de planification ;
- **agir sur la maîtrise foncière et la localisation des ménages et des entreprises** par des mécanismes d'incitation foncière et de taxation infléchissant la localisation et allant dans le sens des objectifs poursuivis par la planification, afin de contrecarrer la tendance à la déconnexion des zones d'emploi, d'équipement et d'habitat.

Par ailleurs, **les méthodes et les outils** utilisés pour faire la ville durable prennent place dans des réformes institutionnelles et des démarches locales. Les progrès réalisés comme les obstacles rencontrés ont pour origine la difficulté à articuler l'action publique planificatrice avec la participation citoyenne, les approches stratégiques et prospectives à l'échelle des territoires avec des approches territorialisées intégrées, ou encore les démarches réglementairement codifiées avec des démarches partenariales. La recherche d'une complémentarité et d'un « bon usage » de ces démarches et outils reste à faire.

Enfin, l'idée couramment admise qu'une ville compacte est *a priori* plus durable qu'une ville étalée et diffuse, a donné lieu à de nombreuses controverses scientifiques. La principale d'entre elles consiste à remettre en cause l'association faite entre **densité, compacité et durabilité**, puisque la densité ne peut être considérée comme l'unique critère de la compacité et que cette dernière n'est pas forcément un gage de durabilité². Cela pousse certains experts à envisager que des agglomérations très compactes et concentriques entourées d'une aire périurbaine désagrégée (telle celle de Barcelone) peuvent être moins durables en raison des coûts sociaux et environnementaux qu'elles comportent, que des agglomérations polycentriques structurées autour d'une ville-centre. Dans tous les cas de figure, il paraît difficile de « gagner sur tous les tableaux » : celui de la ville économe et postcarbone, celui de la durabilité

sociale, celui de la minimisation des coûts environnementaux, et enfin de l'amélioration de la qualité du cadre de vie. La ville durable apparaît ainsi comme un dilemme social³ : elle ne peut être bâtie que sur un ensemble de compromis visant à dépasser les contradictions inhérentes à son avènement⁴.

Les défis que doivent aujourd'hui relever les villes durables concernent quatre domaines d'action prioritaire : l'organisation polycentrique de la croissance urbaine à partir d'une meilleure articulation urbanisme-transport, la régulation économique du développement durable, l'équité sociale et la justice environnementale, et enfin le changement climatique. Elles doivent aussi s'ouvrir sur une nouvelle génération de politiques de développement urbain durable couplant la problématique de l'énergie aux acquis obtenus par l'articulation entre urbanisme, aménagement du territoire et transports, points qui constituent les perspectives des recherches menées en 2009 et 2010.

⇒ **Démarches intégrées pour bâtir la ville durable : quelle cohérence urbanisme-transport et quel enjeu pour lutter contre le changement climatique ? (2009-2010)**

Pilote : Lydie LAIGLE

Intérêt de la thématique de recherche

Pendant que la loi Grenelle incite les collectivités territoriales à s'appuyer sur une meilleure **articulation « urbanisme-transport »** pour assurer, *à moyen et à long terme, une transition urbaine vers des villes post-carbone*, la loi Grenelle II souligne la nécessité d'introduire des objectifs de lutte contre le changement climatique dans l'aménagement du territoire.

Toutefois plusieurs **difficultés** se présentent, particulièrement en France, pour s'engager dans cette voie. On constate une *insuffisante réflexion sur les agencements possibles entre reconfiguration urbaine et réseaux de transports aux échelles pertinentes*, celles des villes et *agglomérations*. Les reconfigurations envisagées, telles que la « densification autour des gares » ou

² Neuman M. The Compact City Fallacy, *Journal of Planning Education and Research*, 25, 2005, p. 11-26

³ Nijkamp P., Perrels A. *Sustainable Cities in Europe*, Earthscan, 1994

⁴ Emelianoff C., Theys J. Les contradictions de la ville durable in *Développement Durable, villes et Territoires*, Notes du centre de prospective et de veille scientifique, 13, 2000, p. 53-63

« les étoiles ferroviaires », sont souvent invoquées sans qu'une **réflexion plus approfondie** soit engagée concernant :

- la **hiérarchie et le maillage des pôles urbains** en réseaux de villes et leur ramification **par des réseaux de transports différenciés** permettant de développer des modes de déplacement « moins carbonés » et mieux adaptés aux différents types de mobilité (de proximité, métropolitaine et interurbaine) ;
- la pertinence et la portée des reconfigurations urbaines proposées au regard des **dynamiques réelles de localisation et de mobilité** (des entreprises et des ménages) qui agissent sur les émissions de gaz à effet de serre ;
- les **obstacles à lever** pour mettre en œuvre ces stratégies de développement.

Partant de ce constat, l'objectif de cette action est de tirer des enseignements sur les voies possibles pour mieux **articuler** en France « **urbanisme-transport** » dans l'**objectif de limiter l'impact des villes sur le changement climatique**.

Principaux résultats

Depuis trois décennies, sous l'influence de la métropolisation et de la mobilité facilitée, les formes urbaines des grandes agglomérations ont tendance à se disperser, laissant place à une forte périurbanisation. Conscients des conséquences dommageables de ce phénomène sur la durabilité des territoires, les collectivités locales tentent de mieux articuler leurs politiques urbaines et d'améliorer des conditions de mobilité. Toutefois, les interactions entre formes urbaines et mobilité sont plus complexes qu'il n'y paraît et peu de politiques visant à mieux articuler urbanisme et transport ont montré leur efficacité dans ce domaine. C'est pourquoi cette recherche a, dans un premier temps, recensé les **connaissances scientifiques** sur le sujet, pour ensuite rendre compte des politiques novatrices menées en Europe et des obstacles rencontrés.

La revue de la littérature montre qu'il est important de **prendre en compte d'autres critères que la densité, tels que la mixité des fonctions urbaines et les distances entre les pôles de l'agglomération**, pour comprendre l'influence des formes urbaines sur la longueur et les modes de déplacement utilisés (automobile ou transport collectif). Ainsi, certaines formes urbaines s'avèrent plus favorables à l'utilisation des transports collectifs. L'accroissement des infrastructures de transport (contournement routier, extension des lignes de transport collectif,

etc.) peut aussi parfois produire des effets contraires à ceux escomptés.

Dans tous les cas, l'évolution des formes urbaines affecte les modes de déplacement et en retour les transports affectent l'usage du sol, d'où l'importance de coordonner les décisions liées aux transports et à l'aménagement. Ainsi, certaines politiques d'articulation urbanisme-transport, fondées sur la ville des courtes distances et sur des quartiers intégrés au centre-ville par des transports collectifs, sont des succès, notamment en Allemagne.

L'étude des apports et des limites de la modélisation du lien urbanisme-transport montre que la **performance attendue des politiques menées dans ce domaine dépend de la combinaison de différents instruments agissant sur la structuration spatiale**, mais qu'aucun instrument pris isolément n'est supérieur à l'autre. Ainsi, des initiatives prises dans la planification spatiale ne peuvent être efficaces que si elles sont complétées par des incitations réglementaires et fiscales (taxes, péages, etc.).

L'analyse des opérations de densification autour des gares en Île-de-France montre **que, pour arriver à densifier, il faut tout d'abord générer de la valeur pour le territoire**. Ainsi, la densification ne se produit que lorsque que le quartier est attractif (en termes d'accessibilité, d'aménités ou d'aménagement). De plus, **la densification bute sur certains obstacles, d'ordre institutionnel** – les communes gardant dans la pratique la maîtrise de l'usage du sol soumis à des controverses selon les échelles de décision (État, intercommunalités, établissement public d'aménagement et communes) –, ou autres comme les limites d'acceptation sociale et le financement des opérations de renouvellement urbain.

C'est le cas dans la région de Barcelone où l'application récente de la loi de mobilité durable dépend de la volonté politique des communes et est sujette à différentes interprétations – voire à des conflits d'intérêts –, entre les services urbanisme et mobilité des communes, les aménageurs et les opérateurs de transports.

L'exemple de l'agglomération de Stockholm illustre également cette problématique. Après avoir bâti, dans les années 1970-1980, un système de planification intégrée « urbanisme-transport », elle est soumise depuis sa métropolisation à une forte périurbanisation et déconnexion entre les zones d'emplois et d'habitats. Pour contrecarrer cette tendance, la région tente de mettre en place une organisation polycentrique de l'agglomération. Toutefois ses prérogatives ne sont pas assez fortes

et même si des initiatives intéressantes ont été mises en place, telles que la taxe de congestion et le péage urbain, on peut toutefois s'interroger sur la durabilité du développement polycentrique.

Perspectives

Cette recherche démontre que les interactions entre formes urbaines et mobilité sont au cœur du débat sur la ville durable. Toutefois, les initiatives prises dans ce sens rencontrent de multiples difficultés qu'il conviendrait à l'avenir de pouvoir mieux analyser. Ces résultats nous conduisent à poursuivre cette action de recherche en étudiant dans quelle mesure le renforcement des politiques de protection du climat peut jouer en faveur d'une approche plus systémique entre les politiques d'urbanisme et des transports.

L'action de recherche se poursuit actuellement à travers le projet ANR, ASPECT 2050 (Approche systémique des plans énergie climat territoriaux à l'horizon 2050), lauréat du programme « ville durable » qui cherche à analyser dans quelle mesure la loi Grenelle II, qui rend obligatoire les plans climat pour les communes de plus de 50 000 habitants, peut constituer une opportunité pour enrichir les politiques de lutte contre le changement climatique.

⇒ **Ville et efficacité énergétique : l'habiter périurbain face à l'enjeu énergétique (2008-2009)**

Pilote : Xavier DESJARDINS

Intérêt de la thématique de recherche

La diffusion de résidences et d'activités dans un périmètre de plus en plus large autour des agglomérations apparaît comme un mode de développement territorial fragilisé par le retour de la question énergétique. De nombreuses recherches ont montré que les habitants des espaces périurbains avaient une consommation énergétique supérieure à celle des habitants des autres espaces, tant pour la mobilité quotidienne que pour le logement. L'essentiel de la différence de consommation énergétique s'explique par des déplacements quotidiens plus longs et plus souvent effectués en automobile. Un meilleur aménagement des extensions urbaines semble ainsi être une piste importante pour réduire les consommations énergétiques. En France comme dans d'autres pays, les législations d'urbanisme lient ainsi explicitement les objectifs de lutte contre l'étalement urbain et de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le prix du carburant étant finalement resté assez stable dans les trois décennies suivant les chocs pétroliers, le retour de tendance en faveur de développements urbains plus compacts et mieux connectés au réseau de transport collectif prévu à l'époque par certains n'a pas eu lieu.

Aujourd'hui, dans un contexte marqué par une fluctuation du prix de l'énergie, qui semble à long terme devoir être de plus en plus élevé, et les préoccupations de lutte contre le changement climatique, cette recherche s'intéresse aux effets de la question énergétique sur les espaces périurbains : comment les ménages réagissent-ils à cette question énergétique, et à ses dimensions tant économiques qu'écologiques ? Alors que les budgets de certains sont particulièrement contraints, quels arbitrages sont-ils conduits à opérer ? Observe-t-on une diminution des déplacements, des projets plus nombreux de travaux dans la maison pour en améliorer l'efficacité thermique, ou encore des souhaits de déménager vers des zones plus denses ou mieux équipées en services et équipement ? Le questionnement part de la manière dont les gens « habitent » leur logement et leur territoire, donnent sens à leur mode de vie, afin de comprendre de quelle façon cet habiter peut être perturbé, transformé, voire remis en cause, par la question énergétique.

Principaux résultats

Les résultats de l'enquête menée sur le terrain montrent que l'habiter périurbain ne semble pas remis en cause de manière nette par ces enjeux énergétiques. Certes, l'impact économique d'une hausse durable des coûts du pétrole peut conduire les ménages les plus modestes à repenser leurs stratégies résidentielles, mais, au-delà de ces cas de contraintes fortes, l'effet semble relativement réduit.

La première raison est liée au fait que c'est dans le logement lui-même que les changements de comportements sont déjà les plus importants, et c'est dans ce domaine que les ménages entrevoient les changements les plus faciles à opérer pour réduire leurs consommations énergétiques. La nature des actions à mener, en termes de travaux ou de changements de comportements, est relativement bien connue, même si, en matière de travaux, la fiabilité des conseils paraît souvent faible aux ménages interrogés. De plus, si ces changements peuvent être parfois coûteux, ils ne modifient qu'à la marge le mode de vie et sont donc plus aisés à mettre en œuvre que des changements dans la mobilité, qui induisent des bouleversements complets dans

leurs programmes d'activités. Cette conviction partagée que le logement est le lieu principal d'ajustement des pratiques en matière énergétique a deux conséquences : elle renforce l'ancrage local (l'attachement à une maison patiemment rénovée ne peut qu'être accru) et les économies d'énergie ainsi réalisées peuvent compenser le coût de l'incompressible mobilité.

Par ailleurs, au-delà du logement lui-même, les espaces à faible densité, que l'on oppose souvent à l'idéal de la ville durable, sont considérés par de nombreux ménages comme des lieux où les pratiques qui rentrent en adéquation avec un mode de vie plus « écologiquement responsable » peuvent potentiellement se développer. Ces zones peu denses semblent offrir une vie communautaire plus solidaire, rendre possibles la consommation d'aliments produits localement ou la récupération de l'eau de pluie, etc. Alors qu'il s'agit d'un modèle stigmatisé pour son coût environnemental, ces zones d'imbrication spatiale d'espaces naturels, agricoles et urbains, sont considérées comme des lieux de développements potentiels de pratiques en phase avec les préoccupations énergétiques, climatiques et environnementales.

Enfin, en matière de mobilité, les ménages sont conscients de l'importance indéniable de l'automobile dans leur mode de vie (le jardin comme l'automobile sont considérés comme des éléments consubstantiels aux choix d'un mode de vie périurbain en maison individuelle). Même si certains regrettent parfois le poids des dépenses et la fatigue engendrés par la conduite, ces éléments n'apparaissent pas comme réhibitoires pour une installation de long terme dans un espace peu dense.

Concernant la manière dont les ménages envisagent leur avenir résidentiel, ils tablent sur deux solutions pour conserver leur mode de vie, tout en réduisant leurs impacts environnementaux : l'amélioration des technologies et la puissance publique. Il leur semble en effet qu'en cas de hausses durables des coûts de l'énergie, cette dernière ne pourra les laisser « tomber ». La présence d'une offre alternative, même insuffisante ou malcommode, pour les personnes qui, de manière intermittente ou durable, ne peuvent avoir recours à l'automobile, est le signe que « quoi qu'il arrive », une solution collective sera proposée.

Au final, la cherté de l'énergie n'apparaît que comme un inconvénient supplémentaire à la localisation résidentielle dans les lointaines

périphéries urbaines. Loin d'entraîner une revalorisation de l'agglomération dense aux yeux des ménages périurbains, l'augmentation du coût de l'énergie conduira principalement ceux qui ne peuvent le surmonter à des déménagements de courtes distances vers des nœuds périurbains mieux desservis.

Les enjeux énergétiques pourront – éventuellement et de façon contrariée – entraîner un changement dans la « granulométrie » des espaces résidentiels périurbains, en faveur des regroupements plus importants et desservis, plus ou moins efficacement, par les transports collectifs, mais ne semblent

pas, au regard des perspectives exprimées par les ménages, être en eux-mêmes suffisants pour inverser la dynamique périurbaine. Les qualités profondes de l'habiter périurbain, aux yeux de ceux qui y sont attachés, ne sont pas remises en cause par la question énergétique et climatique.

⇒ **Apports et limites des démarches intercommunales en France (2007-2008)**

Pilote : Xavier DESJARDINS

Intérêt de la problématique de recherche

La critique de l'inadaptation à la réalité territoriale et de la multiplication des découpages administratifs est une antienne récurrente dans les écrits des réformateurs de l'action publique. Cette inadaptation est considérée comme un des freins majeurs à une action publique au service d'un développement structuré des territoires. Dans la loi Chevènement de 1999, socle d'un véritable déploiement de l'intercommunalité, il est spécifié que les communautés de communes, forme la plus légère des établissements publics de coopération intercommunale, ont deux compétences obligatoires : le développement économique et l'aménagement de l'espace. L'intention du législateur est claire : l'intercommunalité jusqu'alors surtout utilisée pour favoriser la gestion de réseaux, doit maintenant être au service d'un réel projet territorial. Le Grenelle de l'environnement a rappelé l'importance des questions de « *gouvernance* » et, à nouveau, a milité pour un renforcement de l'intercommunalité, notamment pour mieux réguler le développement urbain.

Dans ce contexte, le CSTB s'est posé la question de la réalité substantielle de l'action intercommunale aux franges de la ville, dans les territoires sous influence urbaine qui ceignent les agglomérations. Quels moyens humains,

juridiques, financiers et politiques, les élus des communes périurbaines mettent-ils à disposition des intercommunalités ? Quelle est la réalité du pouvoir d'orientation des établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) sur le développement des territoires ? Au service de quel projet territorial ? L'intercommunalité dans le périurbain est-elle une structuration « de façade », « de papier », avec une simple **mutualisation** de ressources techniques (équipements, réseaux) ou permet-elle l'émergence d'une nouvelle échelle de gouvernement davantage en phase avec les attentes en termes de « développement urbain durable » ? Pour commencer à répondre à ces questions, une étude de terrain a été menée dans différentes communes des périphéries de Strasbourg.

Principaux résultats

Les conclusions mettent en avant **le refus des politiques territoriales, considérées comme des « contraintes molles » par opposition aux lois**. L'exemple du rapport au schéma de cohérence territoriale des élus communaux du périurbain strasbourgeois est, à ce titre, illustratif. Ce document, long et technique leur est peu accessible. Pour la plupart, ils ne le connaissent pas et/ou ne s'y intéressent pas. Les élus communaux utilisent l'intercommunalité pour déléguer son suivi à un élu plus introduit, qui cumule les mandats, et sera à même de peser politiquement sur son élaboration pour en évacuer les éventuelles contraintes pour le territoire. Par exemple, qu'un ancien ministre participe aux travaux d'élaboration du SCOT garantit que celui-ci comportera seulement des contraintes mineures. Les documents de planification supracommunaux et autres documents de politiques territoriales sont en effet avant tout considérés comme une potentielle limitation à l'exercice des prérogatives du maire.

Une forte inadéquation entre les représentations des acteurs de l'aménagement et la réalité territoriale est également notable. Il s'agit d'un élément tout à fait symptomatique dans le cas de la lutte contre l'étalement urbain, dont la pertinence diffère selon les territoires. Dans la région urbaine de Strasbourg, l'urbanisation respecte le modèle de développement historique de ce pays de villages groupés. Il n'y a pas à proprement parler d'urbanisation diffuse et la consommation d'espace par l'urbanisation, pour être réelle, est assez faible. De plus, les élus des communes périurbaines ne souhaitent pas se développer. Cependant, l'absence de politique foncière ambitieuse en ville-centre et la posture

malthusienne de ces communes périurbaines de la première couronne reportent la croissance démographique au-delà. Ainsi, la récupération de la lutte contre l'étalement urbain par ces communes de première couronne qui souhaitent en réalité préserver leur identité rurale, contribue-t-elle largement à l'urbanisation dans des zones très éloignées de la ville-centre.

L'étude a également mis en relief **l'absence de concordance entre les impératifs de l'aménagement et les contraintes propres au champ politique**. Cette absence est liée, d'une part, aux différences de temporalité entre aménagement et politique et à la spécificité de la relation élus-administrés. En effet, la vision du développement territorial à l'échelle locale est fortement liée au temps, au rythme du mandat, et aux engagements pris par l'élu auprès de ses administrés. À l'échéance électorale à six ans s'oppose le temps des politiques territoriales s'échelonnant sur une période de dix à quinze ans. De plus, la différence d'échelle d'intervention et de représentation du bien commun génère des dissonances. Pour l'élu local, satisfaire le bien commun, c'est avant tout défendre les intérêts de ses administrés, qui peuvent s'opposer au bien commun défini à l'échelle intercommunale. L'absence d'une véritable démocratie « métropolitaine », à l'échelle de l'aire urbaine, empêche ainsi l'émergence d'une vision réellement partagée du développement territorial. Les aménageurs ne peuvent que déplorer l'absence de prise en compte de leurs visions métropolitaines : pour cela, il aurait fallu faire émerger une véritable démocratie métropolitaine, seule à même de porter un bien commun qui ait du sens pour les habitants et leurs représentants.

La recherche se poursuit aujourd'hui à travers un projet « Aménager la métropole parisienne : comment les intercommunalités franciliennes se saisissent des politiques d'habitat pour construire une solidarité territoriale ? », cofinancé par le PUCA dans le cadre de l'appel d'offres 2009 sur « l'intercommunalité à l'épreuve des faits ».

2.3. AUTRES PROJETS DE RECHERCHE

ASPECT 2050 – Approche systémique des plans énergie climat territoriaux à l'horizon 2050 (2010-2011)

Projet ANR

Lydie LAIGLE

ALPNAP – *Monitoring and Minimisation of Traffic-Induced Noise and Air Pollution Along Major Alpine Transport Routes* (2005-2008)

Projet cofinancé par l'Union européenne

Jérôme DEFRANCE

PEREBAT – Les politiques énergétiques développées par les régions dans le cadre du bâti (2007-2008)

Projet ANR cofinancé par le PUCA

Nadine ROUDIL

Le développement durable des métropoles : quelles politiques et quels outils de gouvernance ? (2008-2011)

Programme doctoral

Sophie GRILLIAT – École des Ponts ParisTech, Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés (LATTS)

3. URBANITÉ ET LIEN SOCIAL : ENJEUX POUR LA VILLE DURABLE

3.1. QUESTIONS POSÉES À LA RECHERCHE

La ville durable est souvent appréhendée sous le prisme de la question environnementale sans considérer que la prise en compte de cette question peut renforcer la compétition entre territoires et activer des formes d'exclusion et d'inégalités qui vont à l'encontre de la durabilité sociale. De plus, la montée des préoccupations environnementales conduit à promouvoir des conceptions architecturales et urbaines qui répondent à des exigences d'efficacité énergétique et de gestion raisonnée des ressources, mais qui, sous certaines conditions, omettent de considérer ce qui fonde la sauvegarde de l'urbanité et donc la qualité du lien social pourtant aux fondements de l'urbain et de son rôle d'interaction et d'intégration sociale.

Les recherches regroupées sous cet axe visent à étudier **les ressorts sociaux et urbains du développement durable**.

Comment se réapproprier la question de l'environnement urbain, afin :

- d'en limiter les incidences dommageables sur la qualité de vie et l'exposition des populations aux nuisances urbaines ou vulnérabilités environnementales (inégalités écologiques, précarité énergétique, etc.) ?
- d'envisager ce qui, dans le rapport aux lieux et la qualité des espaces urbains et périurbains,

structurent les modes d'habiter et conditionnent des urbanités favorables au lien social et à l'habitabilité des villes de demain ?

3.2. PRINCIPALES ACTIONS DE RECHERCHE

⇒ **Inégalités écologiques : caractérisation des situations et de l'action publique** (2007)

Pilote : Lydie LAIGLE

Intérêt de la problématique

L'entrecroisement des préoccupations sociétales et environnementales conduit à ne plus focaliser alternativement l'attention sur les manifestations sociales ou sur les incidences environnementales du développement urbain mais à analyser comment ces deux dimensions sont liées, ce qui conduit au thème des « inégalités écologiques ». Cette notion, qui reste à définir précisément, peut être traitée sous l'angle du cumul des inégalités sociales et des inégalités environnementales ou sous celui du développement qui apparaissent comme complémentaires. La perspective du « cumul » ouvre la réflexion sur la caractérisation des situations d'inégalités écologiques, particulièrement celles d'exposition et de vulnérabilité environnementale qui touchent des populations socialement précarisées. L'approche par le « développement » permet pour sa part de mettre l'accent sur la fragilisation des territoires et les dégradations de leurs ressources engendrées par ce développement.

La recherche a d'abord porté sur la façon de prendre en compte et de caractériser les situations d'inégalités écologiques au regard de l'entrecroisement entre des mécanismes sociaux de ségrégation à l'origine des inégalités et les atteintes portées à l'environnement qui peuvent aussi constituer un facteur supplémentaire de discrimination. Différentes approches de ces inégalités écologiques, les manières distinctives de les traiter selon les conceptions de la justice (sociale/environnementale) et du rôle de l'action publique ont aussi été investiguées. Enfin, l'attention s'est portée sur la façon dont les collectivités territoriales en charge des politiques d'habitat, d'urbanisme et de transport-mobilité peuvent agir pour les réduire, leur marge d'action, les obstacles qu'elles rencontrent et les initiatives originales menées pour les traiter.

Résultats

Les travaux menés confirment qu'il existe des **effets de cumul entre inégalités sociales d'accès au cadre de vie et inégalités d'exposition aux risques environnementaux**. Les populations socialement défavorisées sont ainsi plus exposées que les autres aux nuisances urbaines (pollutions, etc.) et aux risques environnementaux. Les arbitrages entre types d'habitat, localisation et accès aux aménités urbaines ne sont pas les mêmes selon les catégories de population, ce qui conduit à des situations d'exposition aux risques subies pour les unes, arbitrées selon les dommages supportés et les bénéfices escomptés pour les autres.

Il en ressort qu'on peut **définir les inégalités écologiques** comme des **inégalités de situation face aux risques ou opportunités résultant des variations qualitatives de l'environnement urbain**.

L'analyse de la littérature internationale permet de préciser **plusieurs définitions ou acceptions possibles de la notion selon l'entrecroisement des dimensions sociales et environnementales** : inégalités de situations « subies » résultant de la discrimination sociale ou ethnique dont font l'objet certains groupes de populations ; différences de vulnérabilité sociale face aux risques d'exposition environnementale ; inégalités de situations résultant des variations qualitatives de l'environnement urbain ; inégalités liées à l'impact social des politiques environnementales et à l'impact environnemental des politiques urbaines.

Pour passer de la définition de la notion à l'analyse de l'action publique, il est nécessaire de faire appel à trois couples de concepts clés (situation d'inégalités → action publique) qui s'avèrent plus ou moins dominants selon les continents et les traditions philosophiques :

Situation d'inégalités	Action publique
Discrimination environnementale des minorités ethniques (afro-américaines) <i>Monde anglo-saxon</i> Les pays d'inspiration anglo-saxonne mettent l'accent sur des situations subies de discrimination sociale et ethnique qui relèvent d'une injustice environnementale. L'injustice provient du fait que les minorités ethniques sont plus exposées que les autres catégories de populations aux nuisances urbaines et à leurs conséquences sur la santé. Dans ce cas, l'idée de justice au fondement de l'action publique renvoie à la défense des droits de tout individu d'accéder à des conditions de vie et à des ressources vitales qui ne mettent pas en péril son intégrité humaine.	→ Justice environnementale
« Inéquité » (<i>Inequity</i>) dans la répartition des bénéfiques et des dommages subis <i>Monde germanique</i> L'approche d'inspiration germanique focalise plus l'attention sur des inégalités qui se cristallisent dans l'accès aux ressources et la répartition des dommages subis. Ainsi, tout projet d'aménagement procure des avantages pour certains territoires et populations, mais peut aussi ponctionner des ressources pour d'autres. Dans ce cas, l'action publique s'inscrit davantage dans une logique de compensation en vue de préserver une équité générationnelle et une solidarité territoriale.	→ Équité générationnelle et territoriale par mesures de compensation
Inégalité sociale d'accès au cadre de vie renforcée par la dimension environnementale <i>Monde latin-méditerranéen</i> En France où traditionnellement les inégalités sont analysées sous l'angle de l'appartenance et de la reproduction sociales, l'action publique s'inscrit davantage dans une logique de correction et de prévention des inégalités par une intervention prioritaire sur les quartiers en difficulté et les populations défavorisées, mais aussi par une action législative sur la protection contre les risques et la régulation des marchés.	→ Prévention des inégalités les plus criantes ou des situations d'exposition aux risques

Enfin, la recherche a analysé les **obstacles** et de la marge d'action publique visant la **résorption des inégalités écologiques** montre que les difficultés de l'intervention publique résident notamment dans le fait **d'impliquer la chaîne d'acteurs publics-privés** dans la réalisation d'objectifs de production

urbaine durable, et **d'impulser des approches transversales** entre les professionnels du social, de l'urbain et de l'environnement, afin de traiter les problèmes humains complexes qu'engendrent des situations corrélées de fragilisation sociale et de vulnérabilité environnementale.

Ainsi, la structuration des politiques de développement urbain durable par les professions de l'ingénierie, d'une part, de l'urbanisme et de la politique de la ville, d'autre part, ne favorise guère la transversalité nécessaire à la résorption des situations d'inégalités écologiques.

Le CSTB a notamment valorisé les résultats de ces travaux à travers sa participation au groupe de travail « Amélioration de la qualité de vie dans les territoires » du Pacte de solidarité écologique faisant suite au Grenelle dont le rapport a été remis à Valérie Létard et Jean-Louis Borloo en février 2010.

⇒ **Caractériser le phénomène de la précarité énergétique pour mieux le prévenir (2007-2008)**

Pilote : Isolde DEVALIERE

La précarité énergétique est un phénomène qui peut se caractériser comme la combinaison de deux facteurs principaux : une baisse des ressources (précarité sociale) et une mauvaise qualité thermique des logements qui paupérise davantage les ménages et les contraignent à ne plus pouvoir se chauffer correctement. La précarité peut aussi s'appréhender comme une situation évolutive de fragilité dans le temps concernant l'accès et le maintien aux ressources et à l'énergie.

Après avoir recensé les différentes définitions de la précarité énergétique, fondées sur des critères de performance énergétique et de taux d'effort des ménages, les études menées sur quatre pays européens (Royaume-Uni, Irlande, République tchèque, Macédoine) ont mis en évidence des critères partagés (âge des occupants, inactivité, temps de présence, statut d'occupation, conditions d'habitat dégradées), mais aussi distincts (poids culturel, coût de l'énergie, qualité du parc de logement, besoins de certains types de ménages, climat et accompagnement social).

Les ménages les plus touchés sont ceux qui ont des besoins énergétiques supérieurs à la moyenne du fait de la présence au foyer de plusieurs enfants en bas âge ou de personnes âgées, situation couplée à de faibles revenus et à la vétusté des logements occupés. Ces trois facteurs prépondérants (besoins énergétiques, revenus, types de logement) permettent de définir des profils types de ménages en précarité énergétique, en fonction de l'acuité du problème : vulnérabilité, précarité et pauvreté énergétique.

La recherche a aussi porté sur les réponses et les leviers d'action publique déployés pour prévenir la précarité énergétique. La comparaison des outils mis en place en France et au Royaume-Uni met en avant des politiques très différenciées. La France utilise des dispositifs dispersés visant pour les uns l'aide à la personne (FSL), pour d'autres l'aide à la pierre (écoprimes, prêts pour travaux). Le Royaume-Uni mène une politique territorialisée fondée sur des zones et des populations prioritaires (à l'image de la politique de la ville en France) repérées et informées individuellement, accompagnée d'une standardisation des travaux de réhabilitation énergétique et d'un effort de formation de la filière. Ce dispositif, financé par une taxe sur les revenus des entreprises de distribution d'énergie (sans contribution des ménages), présente des résultats encourageants. L'analyse des conditions de transposition en France, notamment en ce qui concerne la délicate question des copropriétés reste à faire.

⇒ **Habiter les « périurbains », des territoires au crible du développement durable (2009-2010)**

Pilote : Hervé DURET

Intérêt de la thématique de recherche

Les territoires périurbanisés ont connu en France, à l'instar des autres nations occidentales, un développement conséquent ces quarante dernières années et abritent aujourd'hui environ 20 % de la population sur un tiers du territoire. Ce phénomène s'accompagne de fortes tensions sociales, écologiques ou économiques, accentuées par la récente crise économique mondiale. Les grandes agglomérations françaises réfléchissent aujourd'hui à l'organisation et à l'aménagement de leurs territoires à travers des politiques d'intercommunalité et les outils réglementaires tels que les schémas de cohérence territoriale qui se développent.

Les nombreux travaux sur le périurbain portent massivement sur la mobilité, les pratiques liées aux consommations énergétiques et l'analyse des raisons de ce choix résidentiel. Par contre, peu d'études ont été conduites sur l'« habiter » dans le périurbain, par exemple des analyses qui mettraient en rapport des dimensions factuelles et fonctionnelles (services, équipements, transports, mobilité habitat-travail, etc.), les formes urbaines et la manière dont le lieu habité offre aux personnes qui y résident des dimensions fondamentales de l'habiter (le

pouvoir d'investir un lieu d'un sens favorable, de s'y situer par rapport au passé et à l'avenir, de disposer d'un lieu d'intimité et de relation aux autres, etc.).

Cette recherche repose sur les hypothèses suivantes :

- le type de rapport noué à l'habitat (habiter) influe sur les pratiques de mobilité des ménages, ce qui expliquerait qu'à densité comparable, les consommations énergétiques soient très différenciées à l'intérieur de mêmes aires urbaines (comme le montrent, par exemple, les analyses sur la métropole lilloise) ;
- pour trouver un écho favorable à court et moyen termes, les politiques d'aménagement orientées par des objectifs de développement durable (créer de nouvelles centralités, densifier les réseaux de transports, etc.) doivent s'appuyer sur une compréhension de ce qu'est le fait d'habiter le périurbain ;
- qu'il faut très probablement distinguer différents types de périurbain (multipolaire ou pas, types de tissu urbain, formes urbaines différenciées, réseaux de transports, rapport à une ou des centralités, rapport à l'historicité, rapport à la nature etc.).

L'approche retenue consiste à élaborer une typologie fine des différents types de périurbain afin de pouvoir qualifier des tendances en matière d'habiter au regard de cette typologie et ainsi contribuer à éclairer le processus de décision sur les orientations en termes d'aménagement. Elle s'appuie sur les acquis :

- des travaux sur l'habiter conduits depuis de nombreuses années au CSTB qui permettent de disposer d'une problématique, d'une méthode et d'une base comparative conséquentes ;
- de deux actions de recherche, « Ville et efficacité énergétique » conduite en 2008-2009 et « Formes urbaines et gaz à effet de serre » réalisée pour le PUCA.

Principaux résultats

Associé à l'habitat pavillonnaire diffus dont il est le représentant le plus emblématique, le phénomène périurbain a été, en France, l'objet d'une controverse dès les années 1970. Forme nouvelle d'urbanisation, s'inscrivant dans un contexte d'expansion continue des villes du centre vers la périphérie, associée à des modes de vie différenciés se déployant dans un nouveau cadre de vie et générant de nouveaux types de rapports sociaux, pour les uns, la périurbanisation nécessite l'adaptation de nos modes de

planification. Pour les autres, elle est synonyme de gâchis spatial et social tant en termes de surconsommation du territoire par le mitage inconsidéré d'espaces ruraux et naturels qu'elle provoque, qu'en termes de surconsommation énergétique engendrée par l'accroissement des déplacements automobiles, de pollution des paysages, voire de surprotection individuelle dans une nouvelle forme d'entre-soi et un mode de vie antinomique de lien social.

S'il représente donc pour ses détracteurs un espace en creux, ni urbain ni rural, au caractère diffus, consommateur et coûteux, monofonctionnel et égoïste, le périurbain ne cesse d'attirer de nouvelles populations et semble vouloir croître indéfiniment depuis quarante ans, malgré les injonctions pressantes à la densification et à la centralisation.

L'analyse montre que les espaces périurbains constituent, en réalité, des univers très variés tant dans leurs formes que dans les modes de vie associés, et qu'ils sont l'objet d'évolutions profondes, voire de recomposition qui les font totalement participer à la fabrique de la ville contemporaine, notamment par l'émergence et le développement de centralités secondaires et la revivification de territoires anciennement en déprise. Toutefois, de nouvelles inquiétudes apparaissent avec le rejet toujours plus lointain de nouvelles formes de précarisation.

Ainsi, pour aborder la complexité du phénomène périurbain, plusieurs approches sont nécessaires, et tous les chercheurs aujourd'hui s'accordent sur la nécessité de poursuivre les travaux afin d'en comprendre les mécanismes et d'en identifier les enjeux, y compris dans l'objectif du développement durable.

La première année de recherche s'est centrée sur une revue de la littérature permettant d'appréhender les questionnements relatifs au périurbain, d'explorer différentes approches complémentaires pour appréhender la variété des types de périurbanisation et prendre ainsi la mesure des difficultés à définir des critères de différenciation des espaces périurbanisés.

Il en est ainsi des approches morphologiques (formes de développement de la ville) ou structuro-fonctionnelles (territoires vécus) qui peinent à stabiliser les définitions d'un phénomène qui échappe à toute tentative de typologie statistique. De la même manière, l'approche sociétale, fondée sur l'analyse des ménages, de leurs conditions et modes de vie, permet d'approcher une complexité de situations

très éloignées de l'image traditionnelle de l'espace ségrégué pour les classes moyennes. Les motivations et les aspirations des ménages périurbains, leur capacité de choix – souvent dictée par leurs ressources financières – mais aussi leurs pratiques de consommation et de mobilité, constituent autant de critères qui se combinent entre eux et créent des espaces sociaux très différenciés. Même dans le cadre d'une forme urbaine spécifique, comme l'habitat pavillonnaire diffus, la diversité des situations semble remarquable.

On est donc très loin de la réalité univoque que certains souhaiteraient promouvoir afin de mieux la dénoncer. Les diverses situations rencontrées résultent de la composition de facteurs multiples dont l'exploration, si elle est possible, nécessiterait des moyens considérables sur plusieurs années. Dès lors, toute tentative de typologie et de classification sur la base de critères de différenciation des espaces périurbains préalable au déploiement d'une analyse des modes d'habiter semble inaccessible.

Perspectives

L'objectif final défini pour cette recherche est le développement d'une capacité de conseil, voire d'un outil opérationnel pour les collectivités et aménageurs afin de se prémunir contre des orientations d'aménagement univoques (par exemple, la création de pôles de centralité autour des gares, pertinente dans certains contextes mais pas dans d'autres).

Grâce au travail de recension et d'analyse réalisé, le CSTB dispose d'une acculturation et d'un point de vue dont peuvent bénéficier certaines missions en cours (aménagement de l'arc nord-Est de Reims, OREVAD par exemple). Il a également permis d'enrichir la connaissance des processus de fabrication de la ville et des territoires qui l'environnent, utile dans le cadre d'autres recherches en cours (sur l'urbanité notamment).

Des projets collaboratifs restent nécessaires pour construire de manière plus pragmatique et progressive une compétence opérationnelle.

⇒ Lien social et urbanité : un enjeu pour la ville durable (2008-2010)

Pilote : Joëlle BORDET

Dans la continuité des travaux menés par Joëlle BORDET ces dernières années, cette recherche vise à mieux analyser les modes de vulnérabilité du lien social au sein des quartiers populaires ; au-delà de la grave crise relative au chômage, les habitants doivent aujourd'hui faire face à des difficultés objectives économiques et de survie quotidienne, mais aussi à des modes de rupture ou d'altérité aux relations sociales : stigmatisation des populations, difficultés éducatives par rapport aux jeunes, difficultés d'accompagnement des personnes âgées. L'analyse des conditions de vie sociale et psychosociale, et les modes de réponses tenues par les collectivités publiques ont conduit à analyser encore plus finement ces vulnérabilités et leurs rapports avec une approche anthropologique.

Dans cette perspective, plusieurs types de travaux de recherche, en partie fonction des commanditaires (collectivités territoriales et associations) ont été menés :

- des recherches-actions sur la définition des enjeux des politiques pour les jeunes entre 16 et 25 ans et leurs conditions de mise en œuvre ont été conduites dans plusieurs municipalités : Stains (2008), Grenoble (2009-2010), Angers (2009-2010), Échirolles (2010-2011) ;
- un réseau national associant dix municipalités a permis de développer de nouvelles modalités de recherche, à propos des politiques pour la jeunesse, et de dégager de nouvelles problématiques mises en débat public ;
- une recherche-action nationale sur les ressources des jeunes et des familles des quartiers populaires, en termes psychosocial et anthropologique, menée avec le CNLAPS (Comité national de liaison des équipes de prévention spécialisée) a conduit, en référence aux travaux de J. Dubost, professeur émérite à Paris-X, à identifier comment des rapports entre communauté et société peuvent contribuer à transformer les ruptures entre les habitants et les institutions ;
- les travaux de recherche sur la lutte contre le racisme et les discriminations ont été poursuivis, sous l'angle des stéréotypes, des préjugés et des fonctions de victimisation, figures centrales actuelles du racisme et de ses

effets. La publication⁵ de ces recherches a permis de réaliser des journées d'études et de participer aux débats publics.

Les travaux menés dans ce cadre ont permis de mettre en avant les éléments suivants :

- la vulnérabilité économique, sociale, psychosociale des habitants des quartiers populaires s'intensifie. Les données statistiques et quantitatives le montrent. Les enquêtes qualitatives montrent les rapports complexes entre des difficultés objectives (rapport à l'emploi, au coût de la vie, à l'habitat) et les inquiétudes pour l'avenir, en particulier celui des enfants ;
- les analyses sur plusieurs villes montrent des écarts entre les modes de socialisation des jeunes des quartiers populaires : certains s'enferment au plus près de chez eux, en situation de survie ; d'autres fuient les institutions et l'espace public ; d'autres établissent des liens dialectiques satisfaisants entre leur quartier, la ville et les institutions. Prendre en compte ces évolutions est difficile et est nécessaire pour créer des politiques publiques de droit commun ;
- le collège constitue un enjeu nodal pour l'avenir des jeunes. Lieu de protection, de socialisation, d'enseignement, il représente un enjeu important. Une sortie trop tôt du collège, en rupture avec les études, s'avère très grave pour l'avenir de nombreux jeunes. Les travaux menés contre ces ruptures constituent un acquis important pour lutter contre les vulnérabilités ;
- la mobilisation et les modes d'action mis en place au niveau social, en lien avec les responsables politiques et techniques constituent un acquis important pour lutter contre ces modes de vulnérabilité. Les travaux d'analyse et de mutualisation du CSTB permettent de les identifier et de renforcer les capacités collectives d'intervention.

S'appuyant sur les échanges avec des chercheurs de plusieurs pays, autour des vulnérabilités psychosociales, un réseau de recherche sur le thème « Jeunes, inégalités sociales, vulnérabilités et périphéries » a été développé. La réflexion sur cette notion de périphérie et de vulnérabilité s'est avérée très intéressante pour mettre en résonance les enjeux des différents contextes. Aujourd'hui,

des films-entretiens sont en cours de réalisation, des rencontres internationales ont lieu. Les pays associés à la France sont Israël-Palestine, Liban, Russie, Sénégal, Brésil, Mexique, Italie (Sicile).

Le travail mené au sein de ce réseau a permis l'identification d'acquis de recherche dans d'autres contextes, ouvrant ainsi des perspectives pour la France. Le travail réalisé au sein des communautés en lien avec les institutions au Brésil a beaucoup enrichi les approches. De même, le travail effectué en Israël-Palestine permet d'enrichir les travaux sur les affirmations identitaires et religieuses, et sur les rapports à la laïcité. La prise en compte multiculturelle dans ce contexte de grandes tensions donne à réfléchir pour notre contexte. Sur le plan méthodologique, ces travaux ont également été l'occasion d'approfondir le positionnement psychosociologique de la réflexion et de l'enrichir au niveau des rapports entre problématisation et modélisation.

Le travail mené depuis plusieurs années sur ces notions de vulnérabilités psychosociales et anthropologiques peut contribuer fortement aux recherches sur cette visée nommée « développement durable » dans la mesure où cette façon d'aborder la question permet de mieux analyser les transformations actuelles vécues par les populations les plus fragilisées sur le plan économique et sociétal.

⇒ « Urbanité », un concept pertinent pour penser l'aménagement de la ville durable ? (2009-2010)

Responsable : Barbara ALLEN

Intérêt de la problématique de recherche

Cette recherche vise à permettre au laboratoire de Sociologie urbaine générative d'élaborer de nouvelles problématiques fondant ses méthodes d'intervention (études, conseil, assistance à la maîtrise d'ouvrage, conception et conduite de projet, formation, expertise) auprès des partenaires engagés dans la production, l'aménagement et la gestion de la ville (collectivités locales et territoriales, organismes de logements sociaux, opérateurs, agences d'urbanisme...).

Le contexte actuel est en effet marqué par la multiplication des démarches (écoquartiers, écocités) qui voient actuellement le jour pour répondre à l'enjeu majeur du renouvellement de la ville sur elle-même. Ces démarches visent à

⁵ Bernard Bier, Joëlle Bordet. *Jeunes, racisme et construction identitaire*, INJEP, Cahiers de l'action n° 22, 2009

tester des innovations aptes à répondre aux exigences du développement durable (notamment en termes d'énergie, de gestion des flux, des déchets, etc.), et à expérimenter des hypothèses d'organisation, de conception, d'aménagement novateurs. Des réflexions importantes sont également engagées sur les transports et leur rôle à l'échelle des villes et des agglomérations, ainsi que sur la densification des villes et l'organisation du périurbain qui constituent des pistes majeures. Enfin, dans le contexte de la mondialisation, la prise en compte des inégalités socio-spatiales apparaît aussi comme un enjeu de tout premier plan.

Toutes ces démarches ainsi que les politiques à venir vont avoir un impact sur les villes dans un contexte où les thèses les plus opposées s'affrontent sur son devenir. Aborder ces évolutions en tenant compte des enseignements du passé (grands ensembles, villes nouvelles, développement de l'habitat individuel et émiettement périurbain) et en cherchant à identifier à quelles conditions elles généreront des environnements favorables pour les usagers futurs de la ville, constitue une dimension fondamentale du développement durable. En effet, la « durabilité » de ces démarches innovantes et des évolutions attendues de nouvelles manières de penser la production de la ville et de l'habitat dépendent également de leur capacité à rencontrer les dimensions fondamentales, constitutives de la vie de tout un chacun et de la vie des hommes, ensemble dans la cité. Il ne s'agit pas de présager des préférences des générations futures, mais de préserver la possibilité (« capacité ») pour ces générations d'exercer leurs propres préférences.

L'urbanité est ainsi apparue comme une « qualité de la ville » qui pourrait servir de fil conducteur pour interroger ces évolutions. Il s'agissait de tester la pertinence de ce concept pour étudier les conditions dans lesquelles les préoccupations introduites par le développement durable peuvent constituer une *opportunité de changement au bénéfice des usagers actuels et à venir de la ville qui implique des évolutions dans les modes de production, d'aménagement de la ville et des paradigmes qui les sous-tendent.*

Principaux résultats

Une difficulté inattendue a été rencontrée lors de l'engagement de cette recherche. Fréquemment évoquée comme une caractéristique propre à la ville, une « qualité » constatée de certains espaces urbains ou une « qualité à venir » des

lieux, des espaces concernés par des projets urbains (par exemple les projets du « Grand Paris »), l'urbanité n'est pas réellement une notion construite, un concept. L'examen d'un certain nombre de textes montre qu'il s'agit d'une notion très polysémique. Le seul point commun repéré dans l'usage de la notion, sa caractéristique récurrente réside dans les significations toujours favorables qui lui sont associées. D'une évaluation de la pertinence du concept, la recherche s'est donc engagée dans un processus visant à recueillir les différentes acceptations de l'usage de la notion pour pouvoir la construire.

Le premier travail a été consacré à un retour aux textes fondamentaux dans lesquels la notion apparaît (notamment Quintilien), à l'analyse de quelques ouvrages incontournables (M. Weber, H. Lefebvre, M. Roncayollo...), à une reconstitution de l'histoire de la pensée urbanistique et des paradigmes qui la sous-tendent à partir d'un certain nombre d'auteurs (F. Choay, J. Jacobs, C. Sitte...).

Schématiquement, il apparaît que, jusqu'à la création de l'urbanisme comme discipline au début du xx^e siècle, les travaux sur la ville sont des élaborations théorico-politiques sur le lien entre ordre social, type de société, fonctionnement, développement de l'homme et organisation spatiale. À la renaissance, l'organisation et le traitement de l'espace deviennent explicitement des moyens au service d'une certaine conception de la société, de l'ordre social, mais aussi d'un projet politique à promouvoir.

Avec l'urbanisme – ou ce qu'il est convenu d'appeler « l'urbanisme moderne » –, la ville comme « production de formes » se substitue ou bien devient très largement prééminente par rapport à toutes les autres composantes de la ville et leurs articulations complexes. On voit apparaître une conception qui s'appuie sur une vision fonctionnaliste de l'individu et de ses besoins, mais aussi une conception organiciste de la ville. De manière concomitante apparaît la notion de « modélisation », c'est-à-dire l'idée que l'on peut, par certains types d'organisation spatiale, favoriser, soutenir, un mode d'organisation social et encourager certains comportements.

Le développement des conceptions de Le Corbusier et des urbanistes progressistes fonctionnalistes, l'emprise qu'elles vont exercer, modelant directement le paysage urbain et les conditions de vie pour des décennies vont être produits par la conjonction entre plusieurs

facteurs (la mobilisation, la qualification et le statut du contexte, le statut de la science, l'urgence et son mode de mobilisation, la place de la technique, le rôle de la rationalisation et le besoin de maîtrise, les rapports entre politique, administration et technique).

La récurrence de ces facteurs, parfois déclinés autrement, et certaines équivalences dans le discours et les pratiques actuelles sur le développement durable ont été mises en évidence.

La combinaison de ces facteurs pourrait aboutir aux mêmes effets dans la mesure où la ville n'est pas qu'une forme ou un cadre, mais bien aussi le « lieu » de la vie des hommes, le support de médiation de leurs interactions, l'expression de la société dans laquelle ils vivent, un lieu de cohabitation nécessairement partagé par des usagers ayant des pratiques et des attentes différentes.

Deux concepts ont ainsi semblé intéressants à mobiliser par rapport à ces évolutions. Celui d'*auto-référencement*, lié à l'importance et parfois à l'emprise conférée à des approches techniques fondées sur une rationalisation liée à l'objet circonscrit de leur approche, et celui d'*autonomisation* par rapport à un système symbolique porté par le politique, conséquence logique de l'auto-référencement. Par autonomisation, il est entendu que les liens entre organisation des villes, aménagements urbains, formes urbaines, nouvelles technologies et modes d'organisation de la vie en société ou de coexistence au sein de la cité ne sont pas nécessairement posés. Sont évacués également le lien entre ces différents aspects et l'expression d'un projet politique, un mode de gouvernement, le rôle des institutions garantes du « bien public ».

À ce stade, la recherche a abouti au résultat suivant : l'urbanité ne qualifierait pas des lieux de manière intrinsèque. *Il serait donc hasardeux de poser la production d'urbanité comme résultante d'un seul projet urbain.* L'urbanité résulterait de la rencontre entre des lieux et des individus, de la manière dont des espaces vont pouvoir revêtir un (des) sens qui les constitueront en lieux exprimant certaines modalités de coexistence dans la cité et d'appartenance à l'espace plus vaste de la vie en société (ce qui renverrait à la notion préalable de civilité). Tout au plus, peut-on s'attacher à créer des lieux *potentiellement porteurs d'urbanité*, ce qui implique d'avoir identifié les composantes sans lesquelles il ne pourrait y avoir d'urbanité ainsi que leur

articulation. Après avoir établi que l'urbanité a trait à la ville, qu'elle concerne le rapport des hommes à la ville comme lieu de spatialisation et d'expression des relations qu'ils entretiennent, et qu'elle médiatise le passage d'un collectif d'individus à une société d'individus, un certain nombre de dimensions mobilisées par l'urbanité ont commencé à être explorées autour :

- des relations entre formes urbaines, expression et nature d'un projet politique et conditions de coexistence dans la ville à partir d'une analyse historique plus systématique ;
- de la définition et du rôle des espaces publics dans le fonctionnement de la ville et de ses évolutions ;
- du lien institution urbanité, au sens où l'urbanité ne peut être appréhendée en soi, de manière isolée en dehors des processus qui l'instituent et ne paraît pas dissociable de la question des valeurs ;
- de « l'habitabilité de la ville » en partant des travaux antérieurs sur l'habiter et en explorant l'hypothèse de « l'urbanité comme processus d'appropriation par l'habiter des territoires urbains ».

Un travail important d'analyse des caractéristiques conférant aux espaces d'être potentiellement porteurs d'urbanité et à leur articulation avec des espaces résidentiels a également été engagé.

La fin de l'année 2010 doit voir la stabilisation d'une trame argumentée mais toujours provisoire des composantes fondamentales de l'urbanité, celles-ci renvoyant *a minima* :

- à la question de la « qualité urbaine », et, de manière plus ciblée, à la question des espaces publics ;
- aux valeurs fondatrices mises en œuvre et en scène dans l'espace urbain qui médiatisent la perception d'un rôle des institutions en tant que garantes d'un espace partagé et des conditions de coexistence et de faire société dans cet espace ;
- à la manière dont est appréhendée la question de l'urbanité dans l'habiter et à l'articulation de ces notions.

Afin de pouvoir avancer de manière plus significative, il a été décidé de se concentrer sur la qualité urbaine et les espaces publics. En effet, des missions d'analyse et d'assistance à la maîtrise d'ouvrage sont engagées dans lesquelles certaines hypothèses issues de cette recherche sont testées. Ces missions permettront, en

retour, d'avancer sur une objectivation de ce que l'on appelle la qualité urbaine dans un certain nombre de contextes (PNRU, écoquartiers, etc.), de la place et des conceptions mises en œuvre dans la production d'espaces publics et de leurs relations avec des espaces résidentiels, collectifs, privés, semi-privés, semi-publics.

3.3. AUTRES PROJETS DE RECHERCHE

L'intercommunalité à l'épreuve des faits (2009-2010)

PUCA

Xavier DESJARDINS

Gestion urbaine et analyse de l'avant-projet de Grigny-la-Grande-Borne (2007-2009)

Projet cofinancé par le Groupement d'intérêt public (GIP) de Grigny/Viry-Chatillon

Michel BONETTI

Démarche qualité « Gestion urbaine » (2007-2010)

Projet cofinancé par la ville de Garges-lès-Gonesse

Michel BONETTI

Mixité des statuts d'occupation, modes d'habiter des résidents et fonctionnement des "résidences" mixtes (2007-2008)

Projet cofinancé par Coopération et Famille

Barbara ALLEN

SHE - Sustainable Housing in Europe (2003-2008)

Projet cofinancé par l'Union européenne

Daniela BELZITI, Mélanie TUAL

Habitat pluriel : densité, urbanité, intimité (2007-2008)

Projet cofinancé par le PUCA

Barbara ALLEN

4. ANALYSE ET INSTRUMENTS ÉCONOMIQUES POUR LA VILLE DURABLE

4.1. QUESTIONS POSÉES À LA RECHERCHE

En France, la recherche en économie urbaine est peu développée d'où un manque patent de travaux d'analyse économique sur les coûts de la ville et les conditions de contractualisation qui pourraient favoriser un développement urbain plus durable. Cet axe vise à établir un état des connaissances existantes sur ces deux sujets – l'analyse des coûts de la ville et l'économie de l'aménagement –, afin d'analyser les facteurs clés à prendre en compte et de proposer des outils d'analyse qui pourraient être utilisés par les collectivités territoriales et les acteurs concernés.

La recherche sur les coûts de la ville et les avantages comparatifs des différentes formes urbaines étalées et compactes est encore peu avancée. C'est pourquoi il est important de caractériser pour chaque forme urbaine des ordres de grandeur concernant les coûts d'urbanisation, de construction et de services en réseau. Toutefois, peu d'analyses prennent en compte la dimension temporelle à travers une comparaison entre coût d'urbanisation et coût de fonctionnement. Comment alors appréhender les coûts d'urbanisation dans le temps long, c'est-à-dire non pas ceux uniquement liés à l'investissement en infrastructure et cadre bâti, mais ceux liés à la gestion urbaine, à son fonctionnement et à l'entretien ?

L'économie de l'aménagement a privilégié jusque là une analyse fondée sur une configuration classique et linéaire de la chaîne de la maîtrise d'ouvrage urbaine ville / aménageur / promoteur / investisseur / utilisateur final. Or cette configuration n'est pas forcément appropriée quand les risques et les incertitudes augmentent. Dans ces conditions, des configurations hybrides, où l'aménageur, le promoteur et l'investisseur contractualisent, pourraient être souhaitables. Dans quels cas ont-ils intérêt à contractualiser et comment concevoir des structures de gouvernance qui regroupent ces acteurs sur le cycle de vie du projet ? Quels sont la place et le rôle des opérateurs privés et quelle est la pertinence du recours au partenariat ? À quelle condition la maîtrise d'ouvrage urbaine peut-elle conduire des projets d'aménagement qui se saisissent des enjeux de long terme de développement durable ?

4.2. PRINCIPALES ACTIONS DE RECHERCHE

⇒ Les coûts de la ville (2009-2012)

Responsable : Marie LLORENTE

Dans le débat qui oppose la ville dense à la ville étalée, cette action de recherche s'interroge sur la façon dont l'économie se saisit de cette question et propose des éléments d'arbitrage en termes de coûts/bénéfices des formes urbaines, susceptibles d'orienter des choix en matière d'urbanisme.

Le premier axe d'investigation est donc celui de l'existence ou non d'une relation entre les coûts/bénéfices de la ville et sa morphologie, à travers un recensement bibliographique. Dans un contexte de politique publique qui préconise la densification des villes, des études empiriques qui étayent ou non l'existence d'un avantage comparatif d'une forme urbaine compacte par rapport à une forme urbaine diffuse ont notamment été cherchées.

Ce travail a permis de dégager une absence de consensus sur la relation entre coût et forme urbaine (souvent appréhendée sous le seul prisme de la densité de population). La plupart des résultats sont sectoriels (coûts de la construction, des services collectifs, etc.), mais des ordres de grandeur sur les coûts d'urbanisation, les coûts de construction et les coûts des services en réseau ont pu être extraits. En revanche, il n'existe quasiment pas d'études qui s'intéressent à la fois aux coûts d'urbanisation et aux coûts de fonctionnement. L'effet du temps, et notamment les charges récurrentes induites par les processus d'urbanisation, sont négligés alors qu'il s'agit d'un enjeu essentiel du développement urbain durable. Sur la base de ce constat, une matrice « coût global urbain », visant à appréhender les interdépendances entre les coûts d'aujourd'hui et les coûts différés, a été élaborée. Il s'agit d'un outil destiné à être utilisé dans le cadre d'interventions auprès de collectivités, pour montrer l'écart entre coûts à court terme et coûts sociaux réellement générés, à travers la mise en évidence des externalités. L'enjeu se reporte sur une approche patrimoniale de la ville, en insistant sur la notion de dépenses par anticipation, visant à générer des économies demain.

Le deuxième axe d'investigation de la recherche a porté sur un segment particulier des coûts de la ville, liés à la qualité de la gestion urbaine, dont le rôle critique sur la pérennisation des investissements est sous-évalué. L'hypothèse sous-

jacente est que la densité n'est pas la seule variable explicative des coûts de la ville : l'organisation des services communaux et intercommunaux, ainsi que la répartition de leurs compétences, influent aussi sur les coûts/bénéfices urbains.

Un travail de collecte des coûts de la gestion urbaine a été engagé auprès de trois collectivités, en lien avec une analyse de leur organisation. La petite taille de l'échantillon ne permet pas d'extraire des données significatives, mais a mis en avant plusieurs enseignements quant aux modalités d'intervention sur ces questions de coûts auprès de collectivités, qui d'une part invitent à reconsidérer la méthodologie, et d'autre part révèlent des pistes d'intervention prometteuses dans le contexte de réformes des collectivités locales.

Cette recherche doit maintenant déboucher sur une mise à l'épreuve opérationnelle. Ainsi, il est envisagé de déployer et d'améliorer la matrice coûts/bénéfices urbains auprès de collectivités ayant déjà manifesté leur intérêt (Rennes par exemple). Afin de constituer une base de données plus consistante permettant de réaliser des comparaisons, la collecte des coûts de gestion se poursuit dans le cadre de missions d'appui au renouvellement urbain dans les zones ANRU.

⇒ Économie de l'aménagement (2010-2012)

Responsable : Marie LLORENTE

Intérêt et problématique de la recherche

L'aménagement urbain est au cœur de la fabrique urbaine. Pour autant, les études urbaines lui consacrent une place très marginale ou alors l'appréhendent de manière très sectorielle, sous l'angle juridique notamment, ou par le biais d'études de cas. L'aménagement urbain semble avant tout être une affaire de praticiens. Pourtant, régulièrement ceux-ci expriment leurs attentes vis-à-vis du monde de la recherche, pour les aider à mieux répondre aux demandes des habitants de la ville d'aujourd'hui et de demain. Éclairer les *modes de fabrication de la ville* est un sujet qui dans les faits est loin d'être épuisé. L'absence d'analyse économique paraît particulièrement surprenante dans un contexte où les outils de l'aménagement urbain, créés pour la plupart dans les années 1950, semblent aujourd'hui dépassés pour répondre aux exigences nouvelles, en particulier dans des tissus déjà urbanisés.

La recherche vise à précisément comprendre les ressorts de la production urbaine actuelle, pour avancer des propositions en termes de montage. Historiquement, c'est la configuration classique de la chaîne de la maîtrise d'ouvrage urbaine qui s'est imposée (ville > aménageur > promoteur > investisseur > utilisateur final), où l'aménageur transmet au promoteur trois types de valeur ajoutée : une unité foncière restructurée, viabilisée et juridiquement constructible. Cette configuration est particulièrement appropriée quand les risques et les incertitudes sont faibles, ce que corroborent les enseignements de l'économie des contrats et des coûts de transaction, mobilisée pour cette recherche. En revanche, une configuration hybride, où l'aménageur, le promoteur, voire l'investisseur contractualisent, peut être souhaitable en cas de risques et d'incertitudes plus élevés. Concrètement, les acteurs (en particulier les aménageurs publics) ont aujourd'hui du mal à savoir s'ils ont intérêt à contractualiser et comment répartir les risques.

Principaux résultats

La première année de recherche, en collaboration avec un partenaire praticien (Thierry Vilmin), a permis d'élaborer une grille d'analyse néo-institutionnelle, visant à analyser les différents modes de production urbaine. De cette grille, il ressort que l'analyse par filière (comme combinaison d'un cadre institutionnel et d'une configuration d'acteurs) est la plus pertinente dans la mesure où elle permet d'analyser le diffus, l'incitation réglementaire, l'aménagement négocié, l'aménagement public.

L'analyse néo-institutionnelle permet aussi d'expliquer les différentes configurations de la maîtrise d'ouvrage urbaine, en particulier le niveau d'intégration/de dispersion des acteurs. Conformément aux enseignements de l'économie de coûts de transaction, le niveau de spécificité des actifs et le niveau d'incertitude qui entourent les transactions sont assez robustes pour expliquer ces différentes structures de gouvernance.

Par exemple, le diffus se caractérise par une faible spécificité des actifs (type de produit immobilier relativement simple, foncier simple, peu d'études préalables) et des coûts de transactions faibles, ce qui explique un mode de coordination plutôt par le marché. À l'inverse, l'aménagement public se déploie lorsque la spécificité des actifs est très forte (programme immobilier complexe, actif non redéployable, foncier complexe, etc.) et que les coûts de transactions sont élevés. Cela est de surcroît renforcé par un niveau d'incertitude

important qui entoure les transactions, du fait de la durée des opérations. C'est la combinaison de ces paramètres qui explique que le mode de coordination soit plus interventionniste, avec une régulation publique, ce qui renvoie à une structure organisationnelle hiérarchique. Entre ces deux cas polaires, on trouve de nombreuses situations intermédiaires. Ce travail permet au passage d'éclairer pourquoi l'urbanisation diffuse est aussi importante en France, résultat de l'interaction entre arrangements institutionnels et environnement institutionnel, à la fois mouvant mais aussi très rigide et s'avérant défavorable aux grandes opérations.

La robustesse du cadre d'analyse établie, la recherche se poursuit par la mise à l'épreuve de la grille sur des opérations réelles, afin d'objectiver ces différents paramètres et d'avancer des recommandations en matière d'intégration des acteurs de la maîtrise d'ouvrage urbaine, dans la mesure où l'enjeu de la production de la ville réside très probablement dans une meilleure articulation public-privé et dans la prise en compte de l'aval dès l'amont. Des questions plus spécifiques seront ainsi traitées, comme l'ajustement des temporalités, l'emboîtement des bilans financiers, la répartition des risques, la répartition des plus-values ou moins-values, les modalités de contrôle et de suivi, etc. Une importance particulière est accordée à la façon dont sont pris en compte les enjeux de développement durable dans les projets sélectionnés.

L'objectif à terme est aussi de construire un outil de simulation permettant de tester différents scénarios : l'idée est de voir comment se modifie la chaîne de la maîtrise d'ouvrage urbaine si une perturbation exogène ou endogène intervient. Cet outil à vocation pédagogique sera utile tant pour les collectivités que pour les étudiants en master d'urbanisme et aménagement et pourra être utilisé pour des comparaisons internationales.

Enfin, certains institutionnels et praticiens ont déjà manifesté leur intérêt pour l'étude : l'ADEF (Association des études foncières), le Club ville aménagement, la DREIA (ex-DREIF), ainsi que certains EPF, comme celui du Nord – Pas-de-Calais).

4.3. AUTRES ACTIONS DE RECHERCHE

Efficacité et efficience des politiques publiques de développement urbain durable des collectivités territoriales (2008)

Sylviane Nibel

AETIC - Approche économique territoriale intégrée pour le climat (2010-2011)

Projet ANR

Haitham JOUMNI

CONTRIBUTEURS

*Nota : les noms suivis d'une *
sont ceux des personnes ayant
quitté le CSTB*

Doctorants

GRILLIAT Sophie (2008-2011)
KOUSSA Faouzi (2009-2012)
VIALAN Daphné (2010-2013)

Responsables des actions de recherche

ALLEN Barbara
BELZITI Daniela
BONETTI Michel
BORDET Joëlle
DEFRANCE Jérôme
DESJARDINS Xavier *
DEVALIERE Isolde
DURET Hervé
JAYR Emmanuel
JOURNI Haitham
LAIGLE Lydie
LLORENTE Marie
NIBEL Sylviane
ROUDIL Nadine
SABRE Maeva
SALAT Serge
TUAL Mélanie

Chercheurs associés

ALESSANDRINI Jean-Marie
AULAGNIER Simon *
AXES Jean-Michel
BAULAC Marine *
BOUVIER Jean
BULTEAU Gaëlle
CHEVALIER Jean-Luc
DE GOUVELLO Bernard
GUIGOU-CARTER Catherine
HUMEAU Philippe
JEAN Philippe
MAILLARD Julien
MARCHAND Dorothée
QUENARD Daniel
SALAGNAC Jean-Luc
SCHIOPU Nicoleta
VAN MAERCKE Dirk
VILLOT Michel
WOUTS Claire *

BILAN QUANTITATIF

PRODUCTION DE
CONNAISSANCES

PUBLICATIONS

Articles

∞ *Publiés dans une revue scientifique à comité de lecture*

L'amitié est rare dans la cité

BORDET J.

Adolescence, 61/3, automne 2007, p. 677-680

Ne pas être reconnu, ne pas se reconnaître comme citoyen français

BORDET J.

Adolescence, 65, 2008, p. 741-748

La jeunesse, une dynamique sociopolitique en grande transformation

BORDET J.

Adolescence, 68, mars 2009, 4 p.

Les villes durables en Europe : conceptions, enjeux et mise en oeuvre

LAIGLE L.

Annales des Mines - Responsabilité & Environnement, n° 52 « La ville durable, entre pouvoirs publics et initiatives locales », octobre 2008, p. 7-14

Représentation sociales du confort dans le train : vers une conceptualisation de la notion de confort social

MARCHAND D., WEISS K.

Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale, 84, décembre 2009, p. 107-124

Conceptions des inégalités écologiques dans cinq pays européens : quelle place dans les politiques de développement urbain durable ?

LAIGLE L., TUAL M.

Développement durable et territoires, Dossier 9, septembre 2007, 20 p.

Créer les conditions d'accueil de la jeunesse, une responsabilité des adultes et des institutions

BORDET J.

Empan, 67, septembre 2007, p. 82-86 [doi: 10.3917/empa.067.0082]

Processes of place Identification and residential satisfaction

FLEURY-BAHI G., MARCHAND D.

Environment and Behavior, 40/5, September 2008, p. 669-682 [doi:10.1177/0013916507307461]

Au-delà des impayés d'énergie, comment appréhender la précarité énergétique ?

DEVALIERE I.

Espace populations sociétés, 1, 2008, p. 191-201

De l'indifférence à la différence : la relation entre le centre social de la Castellane et la population d'origine étrangère dans les quartiers nord de Marseille

ROUDIL N.

ethnographique.org, 12, février 2007, 15 p.

Les schémas de cohérence territoriale : des recettes du développement durable au bricolage territorial

DESJARDINS M., LEROUX B.

Flux, 69, juillet-septembre 2007, p. 6-20

Un dispositif de recherche et d'expérimentation international intitulé "Jeunes, inégalités sociales et périphéries"

BORDET J.

Journal des psychologues, 275, mars 2010, p. 72-75

Sans sol, sous les pieds des enfants

BORDET J.

La Lettre de l'enfance et de l'adolescence - revue du Grape, 70, décembre 2007, 4 p.

Le recours au marché dans les politiques de lutte contre les changements climatiques

JOURNI H., BORDE A.

La revue internationale et stratégique, 67, automne 2007, p. 52-64

Comment prévenir la précarité énergétique ? Situation actuelle et risques inhérents à la libéralisation du service de l'énergie

DEVALIERE I.

Les annales de la recherche urbaine, 103, septembre 2007, p. 137-143

De l'importance de la morphologie dans l'efficacité énergétique des villes

SALAT S., NOWASKI C.

Liaison énergie francophonie, 86, janvier 2010, p. 141-146

The effects of railway noise on sleep medication intake: Results from the ALPNAP-study

LERCHER P., BRINK M., RUDISSER J., VAN RENTERGHEM T.,

BOTTELDOOREN D., BAULAC M., DEFRANCE J.

Noise & Health, 12/47, April-June 2010, p. 110-119

[doi:10.4103/1463-1741.63211]

Régulation sociale et transformation des violences quotidiennes dans les quartiers d'habitat social

BORDET J., CHAMPAGNE B., KATTAR A.

Nouvelle revue de psychosociologie, 5, 2008, p. 119-134

Les paradoxes de l'attractivité urbaine

LAIGLE L.

Problèmes politiques et sociaux, 933, La ville durable : perspectives françaises et européennes, février 2007, p. 21-26

Les collectivités locales, des acteurs incontournables du développement durable

ALLEMANT S., HEURGON É., CARON J.-F., LAIGLE L.

Problèmes politiques et sociaux, 933, La ville durable : perspectives françaises et européennes, février 2007

∞ **Publiés dans une revue technique**

La reconnaissance mutuelle des jeunes et des institutions, un enjeu de socialisation à l'adolescence

BORDET J.
Les cahiers du DSU, 48, printemps-été 2008, p. 12-14

Sensibilisation et information des ménages à revenus modestes : quels impacts sur la précarité énergétique ?

DEVALIERE I.
Air pur, 78, 2010,

Ville rêvée et ville réelle : veut-on vraiment lutter contre l'étalement urbain ?

DESJARDINS X.
Études foncières, 131, janvier-février 2008, p. 16-19

Vers l'autonomie énergétique

QUENARD D.
La Recherche, 415, janvier 2009, p. 75-79

De l'inconfort thermique à la précarité énergétique, profils et pratiques des ménages pauvres

DEVALIERE I.
Informations sociales, 155, septembre-octobre 2009, p. 90-98

La qualité urbaine, une notion relative dans le temps

DESJARDINS X.
Les Cahiers de l'IAU, 149, décembre 2008, p. 9-12

Miser sur le binôme Scot-Intercommunalités ?

DESJARDINS M.
Intercommunalités, 115, septembre 2007, p. 24

Il n'y a pas de société sans solidarité

BORDET J.
Magazine de la Fondation Solidarité, 6, septembre 2008, p. 22-25

Quels pouvoirs locaux ? Les municipales et les politiques urbaines en débat (dossier bibliographique)

DESJARDINS X. (coord.)
Nonfiction.fr, le portail des livres et des idées, février 2008, 27 p.

EcoQuartiers/EcoCités : une démarche, des réussites

GAUDRON O., PERROCHEAU C., LAIGLE L.
Premier plan, supplément n° 19, nov.-déc. 2009, 11 p.

Peut-on habiter au vert quand le pétrole devient cher ?

DESJARDINS X.
Pour, 199, février 2009, p. 116-122

Dix ans de planification territoriale : quel impact sur les villes et la mobilité ?

DESJARDINS X.
Transports urbains, 113, juin 2008, p. 3-9

Les chiffres des effets de la hausse du coût du carburant sur la mobilité des Américains : le prix de l'essence, révélateur de tendances lourdes ?

DESJARDINS X.
Transports urbains, 114, novembre 2008, p.34-35

∞ **Tirés à part**

Sortir de la victimisation, devenir sujet politique

BORDET J.
mai 2009, 3 p.

Can towers be ecological? An urban morphology approach

SALAT S., CELNIK S.
October 2009, 34 p.

Communications

∞ **Dans des conférences internationales avec actes**

Penser l'autre : enjeux interculturels et sociopolitiques. Elaborer son propre rapport au conflit israélo-palestinien pour mener des recherches actions sur ce thème avec les acteurs et les jeunes

BORDET J., HALLAQ E., COHEN-SOLAL H., LALOUM E.
4e Rencontres Jeunes & Sociétés en Europe et autour de la Méditerranée, 26-28 mars 2009, Forlì, ITA, 5 p.

Les infortunes de la vertu : de la planification du développement durable à l'incohérence territoriale

DESJARDINS X.
ADSLRF – ERSA Congress "Local governance and sustainable development", August 29 - September 2, 2007, Paris, FRA, 31 p.

A common metrics and set of indicators for assessing buildings and urban fabric sustainability performance

SALAT S., VIALAN D., NOWACKI C.
CESB10 - Central Europe towards Sustainable Building "From Theory to Practice", 30 June - 2 July 2010, Prague, TCH, 12 p.

L'inflexion néolibérale des politiques du logement en Europe

DESJARDINS X.
Colloque "Aménagement urbain et transition post-keynésienne", 22 octobre 2007, Vaux-en-Velin, FRA, 15 p.

Le recours au marché dans les politiques environnementales : une application à la problématique des changements climatiques

JOUMNI H.
Colloque "Energie, changements climatiques et développement durable", 15-17 Juin, 2009, Hammamet, TUN, 10 p.

Internet services at home and cities: lessons learnt from the implementation of an internet based platform in four European countries

LAIGLE L., SOUAMI T.
Colloque du réseau RESER European Network Services and Space, September 23-24, 2004, Toulouse, FRA, 12 p.

Urban morphology and green building energy efficiency: science informing sustainable design of chinese ecocities

SALAT S.
Fifth International Conference on Intelligent, Green and Energy-Efficient Building & New Technologies and Products Expo, March 27-29, 2009, Beijing, CHN, 13 p.

The effect on annoyance estimation of noise modelling procedures

LERCHER P., DE GREVE B., BOTTELDOOREN D., BAULAC M., DEFANCE J., RÜDISSER J. IC BEN 2008, 9th Congress of the International Commission on Biological Effects of Noise "Noise as a Public Health Problem", July 21 - 25th, 2008, Foxwoods, USA, 8 p.

Sustainable mediterranean urban development affordable to all: a morphological approach

SALAT S., VIALAN D. Portugal SB10 - Sustainable Building Affordable to All, March 17-19, 2010, Vilamoura, PRT, p. 127-138

Energy and bioclimatic efficiency of urban morphologies: a comparative analysis of Asian and European cities

SALAT S. Proceedings of the Conference on Sustainable Building South-East Asia (SB07SEA), 5-7th November 2007, Kuala Lumpur, MYS, p. 211-220

Sustainability and Human Comfort at urban level: Évaluation and Design Guidelines

ALI TOUDERT F. SB07 - Sustainable Construction, Materials and Practices "Challenge of the Industry for the New Millennium", 12-14 September 2007, Lisbon, PRT, 8 p.

Towards Urban Sustainability: Trends and Challenges of Building Environmental Assessment Methods

ALI TOUDERT F. SB07 - Sustainable Construction, Materials and Practices "Challenge of the Industry for the New Millennium", 12-14 September 2007, Lisbon, PRT, 8 p.

Energy and bioclimatic efficiency of urban morphologies: a comparative analysis of Asian and European cities

SALAT S. SB07 Seoul: Proceedings of the International Conference on Sustainable Building Asia, 27-29 June 2007, Seoul, KOR, p. 161-166

The art of medieval sustainable urban design: the case of Toledo

SALAT S. SB10 Madrid "Sustainable Building, Revitalisation and Rehabilitation of Districts: An Urgent and Essential Scale", April 28-30, 2010, Madrid, ESP, 14 p.

Quelles formes urbaines pour les villes post-carbone ? Controverses et marges de manœuvre

Marie LLORENTE, Lydie LAIGLE Séminaire Ville post-carbone de la Mission prospective du MEEDDM, 13 novembre 2009, Paris

Comment lier reconversion des friches et attractivité urbaine ? Regards croisés sur Manchester et Lille

TUAL M. Villes durables en Europe : entre enjeux de territoires et objectifs et de développement durable, Actes du colloque, 27 avril 2007, Paris la Défense, FRA, Premier plan, 15, 2007, 3 p.

Les villes durables en Europe : enjeux et perspectives

LAIGLE L. Villes durables en Europe : entre enjeux de territoires et objectifs et de développement durable, Actes du colloque, 27 avril 2007, Paris la Défense, FRA, Premier plan, 15, 2007, 5 p.

Naples et Barcelone : deux approches pour concilier densité et durabilité

DI CIOMMO F. Villes durables en Europe : entre enjeux de territoires et objectifs et de développement durable, Actes du colloque, 27 avril 2007, Paris la Défense, FRA, Premier plan, 15, 2007, 3 p.

Conceptions et politiques du développement urbain durable au Canada : Vancouver, une analyse rétrospective

LAIGLE L. Ville et Société dans l'Histoire Européenne, 10ème Conférence Internationale de l'Association Européenne d'Histoire Urbaine, 1er-4 septembre 2010, Gand, BEL

Urban form and transport policies: integrated planning approach and governance to meet climate change. Lessons from Barcelona and Hannover

LAIGLE L. World Bank Fifth Urban Research Symposium "Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda", June 28-30, 2009, Marseille, FRA, 16 p.

Chapitres d'ouvrage collectif

France

BOUGRAIN F. Gruis V., Tsenkova S., Nieboer N. (Eds.) Management of privatised housing: international policies & practice, Wiley-Blackwell, April 2009, p. 44-59 [ISBN 978-1-4051-8188-4]

La recherche-action, une démarche collective pour élaborer une question

BORDET J. Bordet J. (dir.) Prévenir les ruptures adolescents-institutions : réflexion sur la recherche-action, INJEP, Jeunesse Éducation Territoires : cahiers de l'action n° 11, février 2007, 9 p.

Les différents espaces de l'habiter, la relation aux autres et la négociation d'enjeux identitaires : éclairages sur la construction et la place du sentiment d'exclusion et de ségrégation dans trois quartiers d'habitat social

ALLEN B. Jaillet M.C., Perrin E., Menard F. (Dir.) Diversité sociale, ségrégation urbaine, mixité, PUCA, Recherches 180, 2008, p. 123-144 [ISBN 978-2-11-097015-2]

Les villes face aux inégalités écologiques

LAIGLE L. Institut des villes. Villes, santé et développement durable, La Documentation française, 2007, p. 279-289

Repenser la ville, sa forme, ses flux

SALAT S., NOWACKI C.
Jacquet P., Pachauri R.K., Tubiana L. (eds) Regards sur la terre 2010, l'annuel du développement durable : villes, changer de trajectoire, Presses de Sciences Po, février 2010, 10 p. [ISBN 978-2-7246-1140-3]

Ouvrages

Vers des villes durables : les trajectoires de quatre agglomérations européennes
LAIGLE L. (dir.)
CERTU-PUCA, Recherches 197, février 2009, 280 p. [ISBN 978-2-11-097033-6]

Intercommunalité : politique et territoire
BOINO P., DESJARDINS X. (dir.)
Documentation Française, 2009, 212 p. [ISBN 978-2-11-007426-13]

Coexist, une pédagogie contre le racisme et l'antisémitisme : déconstruire les stéréotypes
BORDET J., COHEN SOLAL J.
INJEP, Jeunesse Éducation Territoires : cahiers de l'action 19, septembre 2008, 103 p. [ISBN 978-2-11-097943-8]

Oui à une société avec les jeunes des cités ! Sortir de la spirale sécuritaire
BORDET J.
Les Editions de l'Atelier, 2007, 207 p. [ISBN 2-7082-3897-3]

Vivre à proximité des axes de transit : pollution atmosphérique, bruit et santé dans les Alpes.
ALNALP Brochure
HEIMANN D., DE FRANCESCHI M., EMEIS M., LERCHER P., SEIBERT P. (avec la collab. de DEFRANCE J., BAULAC M.)
Universita degli studi di Trento, dipartimento di ingegneria civile e ambientale, décembre 2007, 20 p.

Air pollution, traffic noise and related health effects in the alpine space: a guide for authorities and consulters.
ALPNAP comprehensive report
HEIMANN D., DE FRANCESCHI M., EMEIS M., LERCHER P., SEIBERT P. (avec la collab. de DEFRANCE J., BAULAC M.)
Universita degli studi di Trento, dipartimento di ingegneria civile e ambientale, 2007, 335 p. [ISBN 978-88-8443-207-0]

Prévenir les ruptures adolescents-institutions : réflexion sur la recherche-action
BORDET J. (dir.)
INJEP, Jeunesse Éducation Territoires : cahiers de l'action 11, février 2007, 75 p. [ISBN 2-11-096543-1]

Une réponse ethnique à la question urbaine : l'expérience britannique, les cas de Leicester et de Bradford
LE GOFF W., DESJARDINS X.
PUCA, Recherche 184, novembre 2007, 156 p. [ISBN 978-2-11-097020-6]

Regard sur la ville durable : vers de nouveaux modes de vie
MAUGARD A., CUISINIER J.P. (avec la collab. de LAIGLE L., BONETTI M.)
CSTB, mars 2010, 276 p. [ISBN 978-2-86891-451-4]

Congrès

Villes durables en Europe : entre enjeux de territoires et objectifs et de développement durable.
Actes du colloque, 27 avril 2007, Paris la Défense, FRA
LAIGLE L. (dir.)
Premier plan, 15, octobre-décembre 2007, 28 p.

Cycle de séminaires : l'intercommunalité en débat.
Synthèse des 5 séances
DESJARDINS X. (collab.)
PUCA, juin 2007, 34 p.

Rapports

ASPECT 2050 - Apport et limites des plans climats à l'aune des connaissances scientifiques : état de l'art européen
LAIGLE L.
Juillet 2010, 3 vol., 540 p.

Comment articuler urbanisme et transport pour atténuer le changement climatique ?
LAIGLE L., ANGOT S., HAMELIN E.
2010, 44 p.

Conceptions des inégalités écologiques : quelle place dans les politiques de développement urbain durable ?
LAIGLE L.
Décembre 2009, 135 p.

Élaboration d'indicateurs de gestion des ressources matière et des déchets du secteur du BTP
SCHIOPU N., TOURNIER E., JAYR E.
Août 2009, 34 p.

Inégalités écologiques et régénération urbaine des friches
LAIGLE L., GRILLIAT S.
Mai 2008, 172 p.

La densification autour des gares à l'épreuve de la géographie des potentiels d'accès et des pratiques de déplacements
BEAUCIRE F., DESJARDINS X. (dir.)
2010, 134 p.

La mixité à l'épreuve du renouvellement urbain
ALLEN B., BONETTI M., DURET H.
Juin 2008, 125 p.

Les aides au logement destinées aux particuliers en Loire Atlantique
LAUMONIER C.
Mars 2007, 22 p.

Lutter contre l'étalement urbain et faire la ville en périphérie : pratiques européennes
LAIGLE L., LLORENTE M., TUAL M., GRILLIAT S.
Mai 2008, 86 p.

Métropolisation et inégalités écologiques : quelles politiques de développement urbain durable ?

LAIGLE L, PARAVICINI U, LLORENTE M, DI CIOMMO F.
Décembre 2007, 215 p.

PEREBAT : les politiques énergétiques développées par les régions dans le cadre bâti

ROUDIL N, MARCHAND D, LABORGNE P, HUBER A.
Novembre 2008, 94 p.

Vers des villes durables en Europe : quelles trajectoires et quelles démarches de planification urbaine ?

LAIGLE L, LLORENTE M, TUAL M, DI CIOMMO F.
juillet 2007, 258 p.

CONGRES, COLLOQUES, CONFÉRENCES

Second International Conference on Sustainable Architecture and Urban Development, 12- 14 July, 2010, Amman, Jordan
Serge SALAT (membre du comité scientifique)

Jeunes adultes en Europe et en Méditerranée : identités et participations sociales des jeunes, enjeux pour l'action publique, Colloque international, 31 mars-2 avril 2010, Rennes
Joëlle BORDET (membre du comité scientifique)

Faire la ville durable, inventer une nouvelle urbanité
Colloque international organisé par le ministère en charge de l'écologie et du développement durable les 20 et 21 janvier 2011 à Paris-Marne la Vallée
Lydie LAIGLE (membre du comité scientifique)

WASCON 2009, 3-5th June 2009, Lyon
Emmanuel JAYR, Jacques CHEVALIER, Christian COCHET (membres du comité scientifique)

Rencontres annuelles du réseau EDUD (Économie et Développement Urbain et Durable), Paris
– Économie et développement urbain durable : modèles

économiques appliqués à la ville, financement et coût de l'investissement durable, 23 Janvier 2009, Paris

– Inventaire et prospective des émissions urbaines, transport, usages du sol et politiques publiques, Lyon, 21 janvier 2010
Haitham JOUMNI, Marc COLOMBARD-PROUT (organisateur)

Séminaires annuels CSTB-UNB Brasilia, Brasilia

– Justice et dynamiques urbaines, avril 2007
– Adolescence, culture et territoire, avril 2008 (en collab. avec la revue *Adolescence*)
– École, jeunes et quartiers défavorisés, janvier 2009 (en collab. avec l'UNB Rio)
– Les jeunes de la rue : politiques publiques et interventions sociales, février 2010
Joëlle BORDET (organisatrice)

Séminaire israélo-palestinien-français (université Ben Gourion, université Al Quds, consulat français), Jérusalem

– Violences et médiations sociales, juillet 2007
– Villes, territoires et politiques pour la jeunesse, juillet 2009
– Etranger et citoyenneté, novembre 2010
Joëlle BORDET (organisatrice)

Signification et effets sociaux du racisme, Séminaire CSTB-INJEP, novembre 2007
Joëlle BORDET (organisatrice)

Séminaires annuels du réseau international "Jeunes, inégalités sociales et périphéries", juin 2008, 2009 et 2010, Paris
Org. et animé par Joëlle BORDET

Journée d'étude du réseau de mutualisation des savoirs concernant les politiques pour les jeunes des quartiers populaires entre 16 et 25 ans, 16 mars 2010, Saint-Denis
Joëlle BORDET (organisatrice)

Représentations des jeunes français concernant le Proche-Orient et effets sociaux, juin 2010, Paris
Joëlle BORDET (organisatrice)

Médiations sociales, territoires et lutte contre les violences,

Séminaire CSTB-Universités de sociologie de Messine et Catane, Noto, Sicile, juillet 2010
Joëlle BORDET (organisatrice)

Comment les contextes, les conditions sociales influencent les processus adolescents,

Conférence-débat CSTB-Revue *Adolescence*, 16 juin 2010
Joëlle BORDET (organisatrice)

Les villes durables en Europe : Quelles politiques de développement durable pour quels enjeux de territoires ?, Colloque PUCA-CSTB, 27 avril 2007, Paris La Défense
Mélanie TUAL, Lydie LAIGLE (organisatrices)

REVUES

Animation de revues, relecture régulière ou occasionnelle d'articles

Sociétés et jeunesses en difficulté
Joëlle BORDET (membre du comité scientifique de la revue)

Métropolitiques
Nadine ROUDIL (membre de la rédaction, relectrice)

International Journal of Sustainable Development
Haitham JOUMNI (relecteur)

Urban Studies
Lydie LAIGLE (relectrice)

Pratiques Psychologiques
Dorothee MARCHAND (relectrice, 2010)

Les Cahiers dynamiques - Revue trimestrielle de la Protection Judiciaire de la Jeunesse
Joëlle BORDET (relectrice)

Nouvelle Revue de Psychosociologie
Joëlle BORDET (relectrice)

Revue Adolescence
Joëlle BORDET (relectrice)

RÉSEAUX SCIENTIFIQUES

ANIMATION

Acoucité

Jérôme DEFRANCE (membre du CA - secrétaire du bureau)

Diplôme universitaire Action humanitaire et sociale, Université Paris Diderot Paris 7 - Comité scientifique et pédagogique
Joëlle BORDET (membre)

GDR 2493 "Bruit des Transports" - Comité d'orientation stratégique
Jérôme DEFRANCE (membre - représentant CSTB)

Projet IRIS (Disparités spatiales du recours aux médicaments psychotropes à Marseille : étude de l'influence du contexte résidentiel par une approche multiniveau) - Comité scientifique
Jérôme DEFRANCE (membre)

Réseau Évaluation Environnementale des Déchets, Matériaux et Sols Pollués (EEDEMS)

Emmanuel JAYR (membre du comité de gestion scientifique et technique, animation du réseau), Nicoleta SCHIOPU (participation)

Réseau RAMEAU (Réseau activités et métiers de l'architecture et de l'urbanisme) - Comité scientifique

Jean CARASSUS (membre)

PARTICIPATION

AEA - Association des Acousticiens de l'Environnement
Jérôme DEFRANCE (membre)

AITF - Association des ingénieurs territoriaux de France, Groupe de travail "Environnement sonore urbain"
Jérôme DEFRANCE (correspondant CSTB)

ARPENV - Association pour la recherche en Psychologie de l'Environnement
Dorothee MARCHAND (membre active)

CIRFIP – Centre International de Recherche, Formation et Intervention Psychosociologiques
Joëlle BORDET (membre)

Cluster Environnement de la Région Rhône-Alpes
Emmanuel JAYR (participation)

Cluster Rhône-Alpes Eco-énergies, groupe Eco-matériaux
Emmanuel JAYR (participation)

CNLAPS - Comité National de Liaison des Associations de Prévention Spécialisée
Joëlle BORDET (expert)

Collège Doctoral Paris-Jérusalem (Israël-Palestine-France) associant cinq universités
Joëlle BORDET (animatrice, participation à la mise en place du dispositif de coopération et des objectifs scientifiques avec les professeurs des universités et les responsables de Beitham)

École Internationale "Controverses" (École thématique CNRS PACTE / LATTIS / EPFL)
Nadine ROUDIL (participation)

EDUD - Economie et Développement Urbain et Durable

Haitham JOUNI (coordinateur scientifique du réseau pour le CSTB, animation et gestion des travaux scientifique du site web) ; Jean BOUVIER, Sylvain LAURENCEAU, Marie LLORENTE, Marc COLOMBARD-PROUT (membres)

IAPS - International Association for People Studies
Dorothee MARCHAND (membre active, organisation de symposia)

LAVUE (Laboratoire d'Architecture, Ville, Urbanisme, Environnement, UMR CNRS 7218)
Nadine ROUDIL (chercheuse associée)

PLUME - Prévoir le brUit en Milieu Extérieur : du territoire à la ville (programme commun de recherche LCPC-LRPC-CSTB)
Jérôme DEFRANCE (responsable CSTB, co-animateur)

Réseau de mutualisation des savoirs concernant les politiques pour les jeunes des quartiers populaires entre 16 et 25 ans
Joëlle BORDET (mise en place et co-animation du réseau)

Réseau Jeunesse et société (CEREQ - INJEP)
Joëlle BORDET (membre)

ACTIVITÉS DE FORMATION

ACTIVITÉS D'ENCADREMENT

Thèses en cours

Le développement durable des métropoles : quelles politiques et quels outils de gouvernance ? (2008-2011)

Sophie GRILLIAT
École des Ponts ParisTech (ENPC) -
Laboratoire Techniques,
Territoires et Sociétés (LATTS)
Encadrant CSTB : Lydie LAIGLE

Évaluation théorique et expérimentale de la performance acoustique de systèmes antibruit utilisant des moyens naturels : application aux transports terrestres (2009-2012)

Faouzi KOUSSA
École Centrale de Lyon
Encadrant CSTB : Jérôme
DEFRANCE

Morphologie et durabilité des villes Méditerranéennes (2010-2013)

Daphné VIALAN
École des hautes études en
sciences sociales (EHESS)
Encadrant CSTB : Serge SALAT

Participation à des jurys académiques

Autres que ceux des doctorants accueillis au CSTB

Thèse de Camille FERTEL,
Évaluation et Développement
Durable : une évaluation
économique, évolutions,
difficultés et nouvelles approches,
2009, Université de Versailles
Saint-Quentin-en-Yvelines
Haitham JOUMNI (examineur)

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

Cours

Conception et conduite de projet

Barbara ALLEN
Université Paris Diderot (UP7),
Master Métiers des Études, du
Conseil et de l'Intervention
(MECI), spécialité Ingénierie de
l'Aménagement et
Développement Local (IADL)
2007-2010 (18h/an)

Cours-atelier sur la construction d'une investigation, les méthodes d'entretien qualitatives et l'apprentissage de l'entretien semi directif

Barbara ALLEN
Université Paris Diderot (UP7),
Master Métiers des Études, du
Conseil et de l'Intervention
(MECI), spécialité Ingénierie de
l'Aménagement et
Développement Local (IADL)
2007-2010 (30h/an)

Densité, habitat intermédiaire et habiter

Barbara ALLEN
École nationale supérieure
d'architecture de Versailles (ENSA-
V)
Mars 2010

Psychologie Urbaine et Environnementale

Dorothée MARCHAND
Université René Descartes Paris 5,
Master Psychologie, spécialité
professionnelle Travail, vie sociale
et environnement
2004-2010 (30h/an)

Analyse économique des politiques climatiques ; Economie et politique de l'énergie

Haitham JOUMNI
Université de Versailles, Master
Ingénierie du développement
durable
2008 (12h)

Impacts socio-économiques, gouvernances et mesures liées aux changements climatiques
Haitham JOUMNI, auteur du
module d'enseignement à
distance

UVED, Université Virtuelle
Environnement et Développement
durable
2008-2010

Atelier sur l'énergie des bâtiments à l'échelle de l'agglomération

Jean-Marie ALESSANDRINI
Université Panthéon Sorbonne
(UP1), Master 2 Pro
Développement durable
management environnemental et
géomatique
Octobre 2008 (8h)

Notions d'acoustique environnementale

Jérôme DEFRANCE
Université du Maine, Master Pro
Acoustique des Transports et de
l'Environnement, semaine
d'enseignement au CSTB de
Grenoble
2007-2010 (6h/an)

Protections antibruit des transports terrestres

Marine BAULAC
Université du Maine, Master Pro
Acoustique des Transports et de
l'Environnement, semaine
d'enseignement au CSTB de
Grenoble
2007-2010

Évaluation de la qualité urbaine et du fonctionnement social des projets de renouvellement urbain

Michel BONETTI
École d'Architecture de Marne la
Vallée
6h

1) Introduction à la sociologie urbaine, 2) Politique de l'habitat, de la construction et de la ville

Nadine ROUDIL
Université Paris Descartes (UP5),
Institut de psychologie, Master 2
Sciences humaines et sociales,
spécialité professionnelle Travail,
vie sociale et environnement,
Parcours psychologie
environnementale
2006-2009

**Déchets : gestion des déchets du
BTP**

Nicoleta SCHIOPU
Université Pierre Mendès France-
Université Joseph Fourier -ENSA
Grenoble, Master 2 Maîtrise
d'ouvrage et management de
patrimoine bâti (MOBat)
2009-2010 (9h/an)

**Les courants de l'architecture et
de l'urbanisme**

Xavier DESJARDINS
Université Paris 1 Panthéon-
Sorbonne, Master Urbanisme et
Aménagement
2007-2008

L'intercommunalité

Xavier DESJARDINS
UPEC - Université Paris-Est Créteil,
Licence Pro Aménagement des
espaces périurbains
2007-2009

**Les aspects géographiques des
politiques de l'habitat**

Xavier DESJARDINS
Formation initiale des architectes-
urbanistes de l'État
Mars 2008

Formation professionnelle

**Présentation des résultats sur
l'évaluation du Relogement à St
Nazaire**

Barbara ALLEN
Silène (OPH de St Nazaire - 44),
Séminaire à destination des élus et
directeurs des services de la ville
et de St Nazaire Métropole, 2007
(1j)

**Innovations et expérimentations
autour de l'accession sociale à la
propriété**

Barbara ALLEN
École de l'accession sociale à la
propriété (EASP), Intervention à
destination de directeurs
d'organismes de logements
sociaux, 2009 (une demie j)

**Modes d'habiter dans les
quartiers d'habitat social et le
fonctionnement social urbain**

Barbara ALLEN
Club Management HLM, Avignon ;
Intervention à destination des
directeurs d'agences, 2010 (1j)

**1) Jeunes, rapport au territoire et
constructions identitaires, 2)
Jeunes, rapport à la loi et au
territoire**

Joëlle BORDET
Formation à destination des
éducateurs et chefs de service de
la protection judiciaire de la
jeunesse (PJJ), 2008-2010 (4j)

**Méthodologie du diagnostic de
territoires et conceptions
urbaines**

Joëlle BORDET
Comité National de Liaison des
Associations de Prévention
Spécialisée (CNLAPS), Formation à
destination des éducateurs et
chefs de service, 2007-2010 (4x2j)

Racisme, lien social et urbanité

Joëlle BORDET
Ligue de l'enseignement –CEMEA,
Formation à destination de
responsables associatifs, 2009-
2010 (4j)

**Ville durable : perspectives et
limites**

Marie LLORENTE
Ponts Formation Edition,
Intervention au cours de la
formation "Concevoir la ville

durable : urbanisme, transports et
gestion. Des Eco quartiers aux Eco
Cités", 2009 (1/2 j)

**Analyse du fonctionnement social
urbain**

Michel BONETTI
École de la Rénovation Urbaine,
2007 (2x2j)

**Démarches de requalification
urbaine**

Michel BONETTI
École de la Rénovation Urbaine,
2007 -2008 (2x2j/an et conception
du programme)

**Conduite des projets de gestion
de site**

Michel BONETTI
Formation-action à destination
des acteurs du quartier des
Minguettes à Vénissieux (Ville,
Communauté Urbaine, bailleurs
sociaux, agents de développement
du GPV...), 2007 (12j)

**Conduite des projets de gestion
de site**

Michel BONETTI
Formation-action à destination
des gestionnaires des quartiers
d'habitat social de Limoges ; 2007
(10j)

**Qualité urbaine : traitement des
espaces publics et privés,
résidentialisation**

Michel BONETTI
École de la Rénovation Urbaine,
2009-2010 (3x2j/an)

Les enjeux de la gestion durable

Michel BONETTI
Ponts Formation Edition
Intervention au cours de la
formation "Concevoir la ville
durable : des Eco quartiers aux Eco
Cités", 2009-2010 (2h)

PARTENARIATS

CONVENTIONS-CADRE DE PARTENARIAT

Opération d'intérêt national Plaine du Var

Accord cadre de partenariat signé en 2008 entre l'EPA plaine du Var, le CETE Méditerranée, l'ADEME et le CSTB

COLLABORATIONS AUTOUR DE PROJETS DE RECHERCHE

Partenaires académiques

CIREC - Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement, UMR 8568 CNRS, EHESS, AgroParisTech, Engref, Cirad

CNRS-LMA - Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique, Centre national de la recherche scientifique

École des Mines de Douai

EHESP - École des hautes études en santé publique

EMSE - École des Mines de Saint-Etienne

ENSMP - École des Mines ParisTech

ENTPE - École Nationale des Travaux Publics de l'État

IDDR - Institut du Développement Durable et des Relations Internationales.

INSA Lyon

LEPII - Laboratoire d'Economie de la Production et de l'Intégration Internationale, UMR 5252, CNRS, UPMF

LET - Laboratoire d'Economie des Transports, UMR 5593, CNRS, Université Lyon 2, ENTPE

LVMT - Laboratoire Ville Mobilité Transports, UMR 9134, UPEMLV, École des Ponts ParisTech, INRETS

OU - Open University (Royaume-Uni)

PACTE - Politiques publiques, Action politique, Territoires - UMR 5194, CNRS/IEP/UPMF/UJF

Sheffield University (Royaume-Uni)

Université Ben Gourion (T. Walden, H. Cohen-Solal) (Israël)

University of Bologna (Italie)

University of Innsbruck (Autriche)

University of Torino (Italie)

UTT-CREIDD - Centre de Recherches et d'Études Interdisciplinaires sur le Développement Durable, Université de Technologie de Troyes

Agences et opérateurs de recherche publics

ACSE - Agence pour la Cohésion Sociale et l'Égalité des chances (ex-FASILD)

BRGM - Bureau de recherches géologiques et minières

CETE - Centres d'Études Techniques de l'Équipement

CERTU - Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

DLR - Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Allemagne)

INERIS - Institut National de l'Environnement industriel et des Risques

INJEP - Institut National de la Jeunesse et de l'Éducation Populaire

INRETS - Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité

IRSN - Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire

LCPC - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

LRPC Strasbourg - Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Strasbourg

TNO - Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (Pays-Bas)

Centres de recherche industriels - Laboratoires privés

CDC Climat Recherche - Caisse des Dépôts et Consignation

TRL - Transport Research Laboratory (Royaume-Uni)

VERI - Veolia Environnement Recherche et Innovation

Entreprises de transports

RATP - Régie autonome des transports parisiens

RFF - Réseau Ferré de France

SNCF - Société nationale des chemins de fer français

Maîtrise d'œuvre-Ingénierie

Burgeap

ENERDATA

Logiville

Maîtrise d'ouvrage-Acteurs territoriaux

13D - Treize Développement

EPA Plaine du Var

Associations, fondations

Acoucity

**CIRFIP - Centre International de
Recherche, Formation et
Intervention Psychosociologiques**

**CNLAPS - Comité National de
Liaison des Associations de
Prévention Spécialisée**

Fondation Abbé Pierre

**ACCUEIL DE DOCTORANTS,
CHERCHEURS, ÉTUDIANTS**

École centrale de Lyon

**École des hautes études en
sciences sociales (EHESS)**

ENPC - École des Ponts ParisTech

**LADYSS - Laboratoire Dynamiques
Sociales et Recomposition des
Espaces, UMR 7533, CNRS,
Universités Paris 1, Paris 7, Paris
8, Paris 10**

**LAUM - Laboratoire d'Acoustique
de l'Université du Maine, UMR
6613, CNRS, Université du Maine**

**LEPII - Laboratoire d'Economie de
la Production et de l'Intégration
Internationale, UMR 5252, CNRS,
UPMF**

**UMLV - Université Paris-Est
Marne-la-Vallée**

SOUTIEN AUX POLITIQUES PUBLIQUES

ÉVALUATION DE PROGRAMMES ET PROJETS DE RECHERCHE

AERES - Comité de visite de l'unité Architecture Paysage Montagne de l'École nationale supérieure d'architecture de Grenoble (ENSAG) (2010)
Jean-Luc SALAGNAC (membre du comité d'expert)

ANR

→ Programme "Ville Durable", 2009-2010

Lydie LAIGLE, Marc BOURDEAU, Nadine ROUDIL, Souheil SOUBRA (évaluateurs des propositions de recherche)

→ Programme Production Durable et Technologies de l'Environnement (ECOTECH), 2009-2010
Emmanuel JAYR (évaluateur)

Conseil général d'Ile de France - Programme de recherche PICRI : Partenariats Institutions Citoyens pour la Recherche et l'Innovation
Dorothee MARCHAND (évaluatrice)

Région Centre - Appel à projet "Valbiom : Poursuivre la valorisation non alimentaire de la biomasse"
Emmanuel JAYR (membre du jury, 2007-2009)

RGCU - Programme "C2D2 - Concevoir et construire pour le développement durable" (sessions 1 et 2, 2009-2010)
Jacques CHEVALIER, Emmanuel JAYR (évaluateurs des propositions de recherche)

Ville de Paris - Programme "Emergence(s)"
Jérôme DEFRANCE (évaluateur)

PARTICIPATION À L'EXPERTISE PUBLIQUE

ADEME

Groupe de travail sur la préparation d'une stratégie nationale du recyclage (2007-2008)
Emmanuel JAYR

ANR

ECOINNOV, Atelier de réflexion prospective ANR-ADEME en soutien au programme PProgramme de Recherche sur les Ecotechnologies et le Développement Durable (PRECODD) (2007-2009)
Emmanuel JAYR (participant)

MEEDDM

⇒ **Grenelle de l'Environnement**
Analyse des instruments économiques affectés à la prévention et au recyclage des déchets du BTP (Engagement 257 du Grenelle : Mettre en place un instrument économique affecté pour encourager la prévention de la production de déchets du BTP et leur recyclage en amont et en aval) (2008-2010)
Emmanuel JAYR

⇒ DHUP

→ Identification des obstacles au développement économique des filières de matériaux biosourcés (2010)
Emmanuel JAYR

→ Instruments économiques affectés à la prévention et au recyclage des déchets du BTP : application possible aux produits de construction (2008)
Emmanuel JAYR

⇒ Mission prospective

Programme « La ville post carbone »
Lydie LAIGLE (membre du groupe, participation à l'élaboration d'un scénario de prospective « formes urbaines, mobilité et politiques locales », sous la direction de Jacques They)

⇒ **Pacte de solidarité écologique**
Mission « Amélioration de la qualité de vie dans les territoires » coordonnée par Christian Garnier
Lydie LAIGLE (membre)

⇒ **Élaboration d'un cadre de référence européen de la ville durable en déclinaison de la charte de Leipzig – Groupe d'appui national pour la France**
Lydie LAIGLE (membre du groupe)

AIDE À L'ÉLABORATION DE LA RÉGLEMENTATION

Union européenne, Joint Research Centre

CNOSSOS-EU, Groupe de travail sur la révision de la Directive européenne COM 2000/49/EC sur le bruit des transports 2008-2010
Dirk VAN MAERCKE, Jérôme DEFRANCE (participation aux ateliers et à la rédaction des documents de référence)

MEEDDM - Grenelle de l'Environnement

Aide à la rédaction du décret et des l'arrêtés sur l'audit préalable à la démolition (Engagement 256 du Grenelle : Rendre obligatoires les diagnostics préalables aux chantiers de démolition) (2008-2009)
Emmanuel JAYR

CONTRIBUTION AU DÉBAT PUBLIC

Rapport au jury et intervention à la conférence autour des questions liées aux approches de la diversité sociale dans l'habitat
Halde - Conférence de Consensus sur la diversité sociale, 1er juin 2007
Barbara ALLEN

Mixité et diversité dans l'habitat
Conseil d'état, 15 septembre 2008
Barbara ALLEN

Intervention sur l'évaluation de la piétonisation du Marais (rencontre élus, habitants)

7 octobre 2009
Barbara ALLEN

Comment habiter la ville à l'heure du développement durable ?

Table-ronde organisée par la Bibliothèque nationale de France, dans le cadre de la semaine du développement durable, le 6 avril 2010.
Xavier DESJARDINS

Eviter le cumul des inégalités sociales et des inégalités écologiques

Atelier Métropolitain organisé par Nantes Métropole sur le thème « Politique de la ville et développement durable, inégalités écologiques : de quoi parle-t-on ? », 2 février 2010
Lydie LAIGLE

Comparaison des politiques de transports et de d'habitat menées par des grandes villes européennes

Atelier de Rennes Métropole « Vers une ville post-carbone » org. par l'Académie des technologies, 11 février 2010
Lydie LAIGLE

Débat sur les écomatériaux à Paris (Café Architecture Durable)

IDEMU (Institut de l'Écologie en Milieu Urbain)-CAUE de Paris, 20 mai 2010
Bernard ABRAHAM

Quelles relations entre formes urbaines et mobilités ?

Lydie LAIGLE
Séminaire de l'EPA-Marne « Développement urbain et mobilités des courtes distances », 16 septembre 2010

Comment articuler urbanisme et transport pour atténuer le changement climatique ?

Lydie LAIGLE
Atelier de concertation du plan climat du Grand Lyon, 8 novembre 2010

> QUARTIERS ET BÂTIMENTS DURABLES

Édito

Thomas ZAMANSKY | Responsable du programme 2007-2008

Nelson RODRIGUES | Responsable du programme 2009-2010 | nelson.rodrigues@cstb.fr

Le développement urbain durable concentre, en lien avec des engagements en termes de politiques publiques et avec de forts enjeux sociétaux, un très large spectre de problématiques et de questionnements.

Le CSTB, acteur majeur du bâtiment, s'est inscrit naturellement dans la réflexion sur ce thème, d'une part à partir des fortes compétences qu'il a développées autour du cadre bâti et de son environnement proche ; d'autre part à partir des recherches qu'il a menées depuis longtemps en matière de sociologie urbaine. Le caractère systémique de la « durabilité » urbaine requiert simultanément d'approfondir les spécificités des différentes échelles et de traiter des interrelations qui gouvernent et traduisent le processus urbain.

En la matière, le CSTB a structuré son approche du champ de R&D "ville durable" en deux parties portant respectivement sur les échelles de la ville et du territoire et sur celles du quartier et du bâtiment.

Pour le programme "Quartiers et bâtiments durables" (QBD) les principales finalités des recherches menées entre 2007 et 2010 étaient, d'une part, d'identifier les conditions permettant de préciser et de nourrir la notion de durabilité, et, d'autre part, d'accompagner les différents acteurs de la construction à l'aide d'outils de diagnostic, de méthodologies de modélisation, de simulation et d'évaluation.

Les travaux menés depuis 2007 ont permis d'aborder et de préciser les aspects relatifs à la définition et à la traduction des principes du développement durable au sein de projets opérationnels ; de définir des outils de conduite de projet pour des quartiers et des bâtiments durables ainsi que des outils d'évaluation de la "durabilité"; enfin d'enrichir le corpus de connaissances scientifiques thématiques (notamment pour ce qui concerne l'eau et les matériaux).

Ce programme, au final, a rempli un double objectif : d'une part en favorisant le développement de compétences et d'outils à l'échelle du bâtiment, avec une vision mieux intégrée du développement durable ; d'autre part en abordant l'échelle du quartier et en contribuant à positionner le CSTB, sur le terrain et auprès de la puissance publique, comme un acteur scientifique et technique, contributif et reconnu, au service de la production des méthodes et des outils de l'aménagement durable de l'après-Grenelle.

Sommaire

BILAN QUALITATIF	54
Axes et actions de recherche	56
1. Bâtiment durable	56
1.1. Cycle de l'eau dans le bâtiment	56
1.2. Matériaux pour le bâtiment durable	58
2. Évaluation de la qualité environnementale et outils d'optimisation à l'échelle du bâtiment	60
3. Outils de conception et de conduite de projets urbains	62
3.1. Outils d'évaluation et de conception des quartiers durables	63
3.2. Gestion et gouvernance urbaines au service des quartiers durables	66
3.3. Morphologie des quartiers durables	68
Contributeurs	70
BILAN QUANTITATIF	71

BILAN QUALITATIF

Le programme de recherche « Quartiers et bâtiments durables » (QBD) visait à développer des outils d'analyse socio-économique et de caractérisation environnementale. Il s'inscrivait dans le questionnement suivant :

- Comment définir et mesurer le caractère durable d'un quartier ou d'un bâtiment ?
- Sur quelles modalités s'appuyer pour intervenir dans les quartiers et les bâtiments existants, ou bien pour concevoir et réaliser de nouveaux quartiers et bâtiments à caractère « durable » ?
- Comment contribuer, à l'échelle du quartier, aux objectifs du facteur 4, en prenant en compte notamment les bâtiments, la morphologie des îlots construits et leur connexion aux réseaux (transport, énergie, eau, déchets) ?
- Quelle gestion des ressources (dont l'eau) tout au long de son cycle dans le bâtiment ?
- Comment traiter des réseaux et des systèmes techniques urbains au regard du développement durable ?

Pour répondre à ces questions et aux enjeux sous-jacents, le programme QBD s'est articulé autour de grands axes thématiques, permettant de coupler les approches généralistes méthodologiques avec des recherches spécifiques. Il s'est formellement structuré autour :

1. de la thématique du bâtiment durable sous tous ses aspects – économiques, sociaux et environnementaux – à l'exception des aspects énergétiques qui font l'objet d'un traitement spécifique dans le cadre des deux programmes R&D « Modernisation de l'existant » et « Bâtiments à énergie positive » ;
2. des outils de conception et de conduite de projets d'aménagements urbains, issus des recherches menées dans le domaine des sciences physiques et des sciences sociales, et mobilisables à l'échelle du quartier.

Ces sous-programmes ont traité, chacun à leur échelle, aussi bien des questions techniques que sociétales. Cette logique de structuration a été retenue afin de mener en parallèle : des recherches de type amont centrées sur l'utilisation des ressources et l'emploi des matériaux ; des recherches plus systémiques de type recherche appliquée (échelle du bâtiment) ou recherches actions (échelle du quartier).

Entre 2007 et 2010, les équipes de recherche du CSTB se sont organisées en équipes pluridisciplinaires pour faire avancer la recherche sur ces thèmes, favorisant

des réponses moins cloisonnées et plus systémiques aux questions posées à la recherche.

FAITS MARQUANTS

Plusieurs éléments marquants peuvent être mentionnés car ils concrétisent bien les avancées et les résultats issus des recherches menées dans le cadre du programme QBD.

Dans le domaine du bâtiment

Concernant les indicateurs permettant d'évaluer la qualité environnementale des bâtiments, les résultats des travaux du CSTB ont permis d'alimenter et de structurer la contribution française aux travaux de l'association *Sustainable Building Alliance* (SB Alliance), créée en 2008 à l'initiative du CSTB et du BRE (*Building Research Establishment*), et comprenant des partenaires de nombreux autres États. L'une des missions essentielles de SBA consiste à mettre au point un noyau d'indicateurs communs (*core system*). Ce noyau commun permet à la fois d'assurer une harmonisation des systèmes d'évaluation au niveau européen et mondial et de développer la reconnaissance mutuelle. Un an après sa création, SB Alliance a présenté six indicateurs harmonisés : gaz à effet de serre, production de déchets, énergie non renouvelable, consommation d'eau, confort thermique et qualité de l'air intérieur.

Sur le plan national, le CSTB a été signataire en 2009 avec l'AIMCC, l'AFNOR, l'ADEME le ministère de l'Écologie, de la convention d'engagement volontaire pour l'affichage environnemental et sanitaire des produits de construction. Les objectifs majeurs de cet accord étaient : la généralisation des fiches de données environnementales et sanitaires (FDES) ; l'intensification des informations et de l'utilisation de la base INIES regroupant ces fiches ; la formation de la filière bâtiment sur l'utilisation de ces fiches ; l'amélioration de l'intégration des données sanitaires. Le CSTB a été le promoteur de cette convention car, outre ses actions de recherche dans le domaine de l'évaluation environnementale et sanitaire des produits de construction, il a été particulièrement impliqué depuis 2007 dans le développement et l'alimentation de la base INIES, dont il est l'opérateur, mais également dans celui de l'outil ELODIE qui, couplé à INIES, permet aujourd'hui de quantifier les impacts environnementaux des produits de construction à l'échelle de l'ouvrage à construire.

Les recherches sur la conduite des projets de bâtiments durables ont conduit au premier

développement d'une maquette de l'outil informatisé SYSMEO – système de management évolutif d'opération – qui a été présenté aux professionnels lors du salon BATIMAT 2009 et a reçu un très bon accueil. Cet outil de conduite de projet de bâtiments durables consiste en une aide au management des opérations qui intègre les dimensions environnementales, sociales et économiques du développement durable.

À l'échelle du quartier

À l'échelle du quartier, le CSTB a été reconnu – à partir de son programme et de ses actions de recherches – comme un interlocuteur des pouvoirs publics. Il a ainsi pu apporter son expertise scientifique au club Écoquartiers, créé fin 2009 dans le cadre du plan Ville durable du MEEDDM. Il a participé activement à l'avancée des travaux du club en apportant son appui scientifique et technique aux réflexions menées (groupes de travail nationaux ; comité scientifique, etc.). Il a également été partie prenante du comité des partenaires aux côtés de la Caisse des dépôts et consignations, de l'ADEME, du CERTU, de la Fédération nationale des parcs naturels régionaux, etc.

En matière de programmation, de conception et d'exploitation durable des zones d'activités économiques, la recherche a permis d'élaborer l'outil OASIS. En 2008 ont été produits la grille de questionnements et les indicateurs pour le diagnostic avant une création de zone. L'année 2009 a été consacrée à l'approfondissement et à l'élargissement en matière de requalification avec le traitement de la question des indicateurs pour la programmation. Un partenariat de recherche a été signé en 2010 avec R&D Veolia Environnement autour du « passage du diagnostic au plan d'actions » pour des zones d'activités économiques durables (cette action regroupe plusieurs équipes du CSTB).

Les recherches sur l'environnement ont amené le CSTB à une démarche de partenariat de R&D dans le cadre du projet d'Éco-vallée porté par l'OIN plaine du Var : enjeux de développement durable à l'échelle d'un territoire, *benchmark* d'opérations de développement territorial durable, outils et méthodes. Cette démarche a également conduit à une approche coordonnée au sein d'un comité scientifique et technique avec l'ADEME et le CETE Méditerranée.

Dans le domaine de l'eau

À partir des recherches menées sur les différentes étapes du cycle de l'eau dans le bâtiment, et face à la nécessité reconnue d'une gestion durable de la ressource en eau, le CSTB a renforcé son implication scientifique dans ce domaine en créant une plateforme de recherche et d'essais unique en Europe, AQUASIM, entrée en exploitation en 2010. Implanté à Nantes, ce grand équipement est dédié à l'expérimentation et à la simulation du cycle de l'eau, à l'échelle 1, au sein du système bâtiment-parcelle-environnement. Deux priorités scientifiques y sont déclinées : maîtrise des consommations et économies d'eau pour une gestion durable de la ressource ; maîtrise des risques et santé des personnes liées à l'utilisation et au traitement de l'eau. Parallèlement au montage d'AQUASIM, le CSTB a développé une expertise scientifique qui dépasse l'échelle traditionnelle de ses connaissances (les réseaux intérieurs, la parcelle) pour s'ouvrir à une approche davantage urbaine. Cela a été rendu possible par la construction de logiques effectives de partenariats et de collaborations avec des organismes de recherche intervenant à cette échelle, notamment avec le LEESU (laboratoire Eau, Environnement et Systèmes urbains, UMR MA 102 rattachée à l'École des Ponts ParisTech), laboratoire de recherche reconnu en hydrologie urbaine, avec lequel une convention a été signée en 2007, portant sur la mise à disposition à plein temps d'un chercheur du CSTB.

AXES ET ACTIONS DE RECHERCHE

1. BÂTIMENT DURABLE

1.1. CYCLE DE L'EAU DANS LE BÂTIMENT

La question de la ressource en eau constitue un enjeu majeur pour la planète au même titre que le changement climatique. Traiter de l'eau et de son cycle dans le bâtiment et la parcelle renvoie à des aspects divers tels que la qualité sanitaire de l'eau, la maîtrise des consommations d'eau potable, l'adéquation de la qualité de l'eau aux types d'usage, le traitement des eaux usées et l'assainissement. L'ensemble de ces thèmes centrés sur l'eau domestique forme le socle scientifique de l'équipement de recherche AQUASIM. Les actions les plus significatives sont décrites ci-dessous.

⇒ Réseaux d'eau intérieurs

Gaëlle BULTEAU, Olivier CORREC, Philippe HUMEAU, Marie-Cécile TROUILHE

L'axe commun de développement de ces travaux de recherche est la conception et l'exploitation plus sûre et plus efficiente des réseaux d'eau intérieurs, tant du point de vue de la sécurité des usagers que de celui de la durabilité des équipements et de la préservation de la ressource en eau.

Pour les **aspects sanitaires**, ces travaux de recherche s'appuient sur l'étude de la microbiologie dans les réseaux intérieurs associée à deux thèses à dominante expérimentale.

La période 2007-2010 a permis de concevoir et de réaliser un banc expérimental, à échelle 1, dédié à l'étude des traitements des réseaux d'eau chaude sanitaire contre la prolifération des légionelles. En parallèle, le protocole expérimental permettant d'évaluer l'efficacité des procédés de lutte contre les légionelles a été développé et est désormais opérationnel.

En ce qui concerne la **durabilité des réseaux**, la recherche, soutenue par trois thèses, a permis de caractériser les processus de dégradation en créant des outils expérimentaux de vieillissement accéléré (relargage des micropolluants, dégradation des matériaux, produits de traitement anticorrosion). De nouvelles méthodes de caractérisation ont été proposées et mises en œuvre (imagerie, analyses chimique, thermique et mécanique).

L'action de recherche a permis de mettre des outils opérationnels de R&D et d'évaluation à la disposition

des industriels, des acteurs de la certification et des pouvoirs publics (ANSES, DGS).

La préservation de la ressource en eau potable nécessite le développement des procédés de **recyclage et de valorisation des eaux grises** au sein du bâtiment. La première étape consiste à caractériser la source « eau grise » (douches, baignoires, lavabos, lave-linge) susceptible d'être réutilisée après traitement, préalable indispensable à la mise au point de méthodes de qualification des dispositifs de recyclage. Les autres volets de cette étude concernent l'évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation d'eaux grises et l'acceptabilité par les usagers des dispositifs permettant la réutilisation d'eaux grises qui conditionneront leur développement.

Parmi les résultats de ces actions de recherche, on notera :

- la remise en cause de l'efficacité des chocs thermiques comme traitement traditionnel antilégionelles ;
- l'identification de la diversité des *Legionella* dans les biofilms des réseaux d'eau chaude sanitaire (ECS) et la caractérisation de la flore microbienne qui accompagne les légionelles ;
- l'identification des facteurs de survie des légionelles, en particulier la présence d'amibes (développement d'un indice de contamination ambiante à breveter) ;
- la publication de règles techniques de réhabilitation des réseaux vis-à-vis du risque légionelles (l'ouvrage paraîtra au premier trimestre 2011, dans la collection « Bâtir le développement durable » du CSTB sous le titre Maîtrise du risque de développement des légionelles dans les réseaux d'eau chaude sanitaire – Guide technique hydraulique : Défaillances et préconisation) ;
- le renforcement de deux formations du CSTB, sur la qualité des réseaux d'eau : maîtriser les risques sanitaires et les principales pathologies dans les bâtiments ainsi que la participation au comité d'experts spécialisé « Eaux » de l'Agence nationale de sécurité sanitaire ;
- la formulation d'eaux grises synthétiques et la mise au point d'un dispositif de production d'eaux grises de salle de bains et de lave-linge ;
- la conception de bancs d'essais et la définition de protocoles expérimentaux pour la détermination de l'efficacité des traitements ;
- un état de l'art, issu d'une analyse sociologique, sur les motivations et les potentiels freins à l'acceptation des dispositifs permettant l'utilisation d'eaux grises.

Les travaux futurs devront permettre :

- la caractérisation approfondie des facteurs de contamination des RECS, en particulier ceux liés à l'enkystement des amibes, et les traitements à développer pour contrôler ce risque ;
- des études particulières des réseaux d'eau froide, sièges de contaminations par les bactéries *Pseudomonas* ;
- la pérennisation et l'optimisation des réseaux d'eau intérieurs pour la préservation de la ressource en eau et le contrôle de la consommation énergétique des réseaux d'ECS ;
- la validation des indicateurs de qualité des réseaux d'eau intérieurs du point de vue du confort d'utilisation, intégrant en particulier la qualité organoleptique de l'eau de consommation ;
- l'introduction sécurisée et durable des dispositifs de recyclage des eaux grises dans les bâtiments en proposant des méthodes validées d'évaluations des procédés de traitement des eaux grises du point de vue technique, environnemental, économique, sanitaire qui permettent une évolution de la réglementation en France.

ACTIONS ET PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- **Pluie battante sur les bâtiments et analyse statistique des événements pluvieux et de leur profil** (2008-2010)
Pierre PALIER
- **TVGEP – Conception des toitures végétalisées pour la gestion des eaux pluviales urbaines** (2010-2013)
Projet cofinancé par le MEEDDM (RGCU)
Bernard DE GOUVELLO
- **Impact des stratégies d'exploitation des réseaux intérieurs sur la durabilité des matériaux** (2009-2011)
Programme doctoral
Jaime CASTILLO-MONTES – Université de la Rochelle, LEMMA
- **Impact de la qualité de l'eau sur le vieillissement de produits innovants de robinetterie en matériau de synthèse** (2008-2011)
Programme doctoral
Chaker EL-MAZRY – ENSAM
- **Goûts et odeurs en réseaux intérieurs** (2008-2010)
Programme doctoral
Laëtitia MAILLET – École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes (ENSCR)

- **Contribution des matériaux de couvertures à la contamination métallique des eaux pluviales urbaines** (2005-2008)

Programme doctoral
Pauline ROBERT

⇒ **Eaux usées et assainissement à l'échelle du bâtiment**

Abdel LAKEL

L'assainissement non collectif consiste à traiter la pollution au plus près de sa production soit à l'échelle de la parcelle soit à l'échelle du quartier. Selon certaines estimations, le rythme annuel d'installations neuves ou à réhabiliter serait de 400 000. Sur le plan économique, le coût estimé (sources ministérielles) pour réaliser l'ensemble des réhabilitations est de l'ordre de 13 milliards d'euros (sans tenir compte des installations nouvelles).

Sur le plan scientifique, les enjeux dans ce domaine portent sur :

- la recherche d'une plus grande fiabilité des filières traditionnelles (caractérisation des performances, rationalisation des emprises, qualité des sables de filtration, etc.) ;
- le développement de méthodologie de qualification des performances épuratoires (à moyen et long termes) des procédés préfabriqués ou des systèmes à filtres plantés de roseaux ;
- la recherche d'un rejet sécurisé des eaux usées traitées dans l'environnement de la parcelle par infiltration) ou dans le fossé limitrophe (dédié initialement à l'eau pluviale).

Les actions de recherche menées au CSTB ont pour objectif de parvenir à une meilleure maîtrise de la filière d'assainissement non collectif. Deux axes principaux sont développés : l'élaboration ou l'amélioration de méthodologies d'étude des procédés à échelle 1 qui fonctionnent en conditions réelles et maîtrisées ; le développement des connaissances sur le fonctionnement des filières d'épuration des eaux usées.

Méthodologies d'étude des procédés à échelle 1

Depuis peu, la communauté scientifique tant sur le plan national qu'international reconnaît l'intérêt des études sur plates-formes expérimentales à échelle 1 en lieu et place des suivis *in situ*, ceux-ci ne permettant pas une bonne maîtrise des conditions de fonctionnement des installations (installations à plus

faible charge de pollution, variabilité dans les paramètres d'entrées, dans l'exploitation, etc.). Grâce aux travaux réalisés depuis 10 ans sur le sujet, le CSTB se place aujourd'hui comme un des *leaders* européens en matière d'expertise en épuration au niveau de la parcelle.

Néanmoins des questions se posent encore en matière de maîtrise de la qualité physico-chimique des effluents. Pour pouvoir évaluer les performances d'ouvrages de traitements primaires, secondaires et tertiaires, des outils ont été développés afin de « calibrer » des effluents bruts, primaires et secondaires.

Dans un premier temps, le CSTB a développé et mis en œuvre un outil original de concentration par décantation des effluents bruts fonctionnant en régime dynamique, mais ce fonctionnement a montré une forte perturbation hydraulique (variation des débits en eau usée). Le système a été repensé et mis en fonctionnement en régime discontinu. Cela a permis une plus grande robustesse, une meilleure efficacité et une plus grande production en eau (1,5 fois supérieure à celle du régime dynamique). Ce dispositif (unique en Europe) est mis en œuvre sur le site du CSTB Nantes dans le cadre de la calibration des eaux usées alimentant les dispositifs en essais.

Parallèlement, une stratégie de reconstitution semi-synthétique des eaux usées a été développée et appliquée sur cinq dispositifs de traitements à échelle 1. Cette étude a permis la comparaison du comportement de cinq filières en eau usée réelle et en eau usée reconstituée. Ce protocole sert aujourd'hui à caractériser des filières en fonction des concentrations d'eaux précises (notamment fortes concentrations) dans des actions de R&D. À terme, il sera utilisé dans le cadre d'évaluations.

Développement de connaissances sur le fonctionnement des filières d'épuration des eaux usées

L'objectif de cette action porte sur la définition de méthodologies scientifiques de qualification des procédés d'épuration des eaux usées et le développement d'outils de diagnostics *in situ* de filières d'épuration.

Des méthodologies ont été développées et mises en œuvre dans l'outil AQUASIM. Il s'agit notamment de produire des approches de qualification plus rapide (4 mois) que celles actuellement mises en œuvre (11 mois), et de les coupler à des processus de vieillissement accéléré pour estimer la durabilité des processus épuratoires (1 an sur plate-forme au lieu de 3 à 5 ans aujourd'hui *in situ*).

Ces travaux ont servi notamment à la définition de protocoles d'évaluation dans le cadre des activités de l'ASTEE et de l'AFSSET/ANSES.

En 2010, un protocole fondé sur une approche « génie des procédés » a été élaboré au CSTB afin de permettre de vérifier que les résultats d'essais d'un modèle sont extrapolables aux autres modèles d'une même gamme. Cette méthodologie a été présentée au réseau des laboratoires européens travaillant sur ce thème et aux ministères en charge de l'agrément ministériel des systèmes d'épuration.

Cette méthodologie est spécifiée par type de *process* de traitement et par type de technologie.

Une nouvelle approche est en cours, qui vise à étudier le comportement des ouvrages à des températures extrêmes (ou tout simplement précises). Cette approche est mise en œuvre dans une fosse climatique capable de reproduire des conditions thermiques de 4 à 30 °C.

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- **RISANCO – Risque sanitaire en assainissement non collectif** (2010-2011)
Abdel LAKEL
- **Épuration tertiaire des germes microbiens des effluents traités par filtrations membranaires en vue de leur réutilisation** (2006-2010)
Programme doctoral
Fanny HOURLIER – École des Mines de Nantes, GEPEA

1.2. MATÉRIAUX POUR LE BÂTIMENT DURABLE

Le secteur du bâtiment est par définition un grand consommateur de matériaux. Un des enjeux majeurs pour la filière et à la fois de diversifier ses sources d'approvisionnement en matériaux de qualité et d'améliorer leur durabilité. Par ces recherches, le CSTB se doit donc d'accompagner le secteur dans cette démarche. Sont présentés ci-dessous quelques exemples d'actions menées ces dernières années sur le sujet.

⇒ **Matériaux bio-sourcés dans le bâtiment**

Emmanuel JAYR

L'utilisation des ressources du monde du vivant dans la construction est aujourd'hui croissante. De nombreux produits voient le jour dans des démarches de meilleure prise en compte de l'environnement, d'amélioration des performances énergétiques,

acoustiques, sanitaires et plus généralement dans une logique de développement durable. Afin d'accompagner cette évolution et de permettre une prise en compte de ces nouveaux produits dans les filières de la construction, tout en conservant aux ouvrages leurs exigences essentielles, le CSTB a eu pour objectif la définition d'un protocole d'évaluation des performances, par grandes familles, des matériaux et produits bio-sourcés utilisables en construction, tout en intégrant leur variabilité intrinsèque.

Un premier état de l'art a permis d'identifier ce qui a déjà été fait par le CSTB ou des acteurs extérieurs dans le domaine des matériaux et produits bio-sourcés, tant du point de vue de la R&D que de celui de l'évaluation.

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Produits à base de matières premières d'origine végétale et animale : inventaire documenté et conditions d'intégration dans les ouvrages de construction (2007-2008)

Postdoctorat de Nicoleta SCHIOPU

⇒ Aspects de surface et durabilité des mortiers dans l'enveloppe du bâtiment

Bertrand RUOT

Les mortiers industriels sont omniprésents dans l'enveloppe du bâtiment, tant pour les travaux neufs que pour la rénovation : enduits de façade, colles à carrelage, enduits de préparation de sol, chapes, enduits sur isolants, etc.

La formulation des mortiers intègre de nombreux composants dont les interactions sont encore mal connues. En particulier, les interactions entre liant (ciment ou chaux) et adjuvants (éthers de cellulose, latex, etc.) conduisent à des propriétés macroscopiques généralement maîtrisées (adhérence, résistance mécanique, etc.), mais dont les origines à l'échelle micro- voire nanoscopique sont souvent indéterminées.

Le CSTB œuvre à une meilleure connaissance des mortiers industriels en coordonnant le CEReM (consortium pour l'étude et la recherche sur les mortiers). Depuis 2003, ce groupement d'industriels et de laboratoires académiques, organisé à l'échelle européenne, a pour objectif d'affiner les connaissances dans les mécanismes qui régissent le comportement des mortiers.

Au cours de la période 2007-2010, le CEReM a axé ses recherches sur trois thématiques :

- l'influence des éthers de cellulose sur la rétention d'eau des mortiers à l'état frais, en collaboration avec l'École des mines de Saint-Étienne et l'École polytechnique de Palaiseau ;
- l'influence de la nature et de la quantité de latex sur l'hydratation du ciment, en collaboration avec l'université de Bourgogne et l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris ;
- l'étude de la carbonatation, du retrait au séchage et de l'adhérence des mortiers, en collaboration avec l'université de La Rochelle et l'École normale supérieure de Cachan.

Chaque thématique a fait l'objet de travaux de thèse et d'études à court terme, dont les résultats ont été régulièrement discutés en groupes de travail réunissant industriels (cimentiers, adjuvantières), laboratoires d'accueil (doctorants et encadrants) et les agents de la division « Enduits, Mortiers et Colles » du département « Enveloppe et Revêtements » du CSTB.

Par ailleurs, le CSTB a organisé chaque année l'assemblée générale du CEReM, réunissant la cinquantaine de membres du réseau à l'occasion de la présentation de l'avancement des recherches.

Au-delà des aspects fonctionnels, la question de la pérennité esthétique des mortiers d'enduit a également fait l'objet de recherches sur la période 2007-2010. En particulier, une étude de l'encrassement biologique des enduits hydrauliques de façade a été menée en collaboration avec l'École des mines de Saint-Étienne et l'École des mines de Douai, avec un triple objectif :

- observer et analyser l'influence des propriétés intrinsèques du mortier d'enduit (rugosité, pH, porosité) sur sa bioréceptivité, par le biais d'essais en laboratoire ;
- proposer un modèle cinétique de colonisation biologique du mortier ;
- comparer les résultats obtenus en laboratoire avec ceux obtenus sur des éprouvettes exposées *in situ* (installées sur le site du CSTB de Grenoble).

Cette étude a également été développée dans le cadre d'un travail de thèse.

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

- **Les interactions mortier-support : éléments déterminants des performances et de l'adhérence du mortier (2005-2008)**

Pierre NICOT – INSA Toulouse

- **Influence des caractéristiques d'un enduit sur son encrassement biologique** (2007-2011)
Thu-Hien TRAN – École des mines de Douai
- **Interactions éther de cellulose – ciment dans les mortiers frais et méthodes d'actions des éthers de cellulose sur la rétention d'eau du mortier** (2007-2011)
Laëtitia PATURAL – École des mines de St Etienne
- **Effets des conditions environnementales sur les propriétés d'adhérence entre un mortier et son support** (2008-2011)
Thomas MAUROUX – Université de la Rochelle, LEPTIAB
- **Étude des interactions latex-ciment** (2009-2012)
Fouzia DHAINI – École supérieure d'ingénieurs de recherche en matériaux (ESIREM)

2. ÉVALUATION DE LA QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE ET OUTILS D'OPTIMISATION À L'ÉCHELLE DU BÂTIMENT

Prévoir et évaluer la qualité environnementale des bâtiments est l'un des enjeux majeur des années à venir pour les maîtres d'ouvrage et les concepteurs qui veulent faire valoir une démarche innovante. Pour le CSTB, il s'agit de les accompagner lors de toutes les phases d'un projet de bâtiment durable. Les exigences relatives à la conception et à la gestion constituent donc le socle scientifique des recherches menées sur le système « bâtiment durable ». Les actions les plus significatives abordant ces thématiques sont décrites ci-dessous.

⇒ Évaluation des performances environnementales des bâtiments

Alexandra LEBERT, Julien CHORIER

Les recherches en matière d'évaluation environnementale à l'échelle du bâtiment s'organisent autour du développement du logiciel ELODIE, outil de diagnostic environnemental multicritère, qui a été mis au point pour mesurer l'impact global des constructions sur l'environnement.

ELODIE permet :

- le couplage des métrés avec les fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) stockées dans la base de données INIES ;
- le couplage des consommations d'énergie en fonctionnement calculées par n'importe quel outil de simulation énergétique avec des déclarations environnementales de mise à disposition des énergies ;
- le couplage entre des consommations d'eau calculées par un moteur de calcul interne à ELODIE (opérationnel pour les logements et certains bâtiments tertiaires) et des déclarations environnementales unitaires sur la mise à disposition de l'eau et son traitement avant rejet dans l'environnement.

L'objectif des recherches menées autour de l'évaluation environnementale dans le cadre de ce programme est de mettre à disposition des acteurs de la construction un outil d'évaluation des performances environnementales des bâtiments.

À moyen terme, il s'agit de fournir aux pouvoirs publics les moyens d'une politique publique s'appuyant sur une approche environnementale multicritère fondée sur l'ensemble du cycle de vie des ouvrages.

À plus long terme, les travaux sur ELODIE serviront à l'intégration de l'ensemble des préoccupations de développement durable dans l'évaluation des performances des ouvrages.

L'outil « métier » ELODIE devra aussi à cette échéance s'intégrer dans une seconde génération d'outils de simulation multiphysique et multimétier fondés sur la maquette numérique du bâtiment qui lui permettront de bénéficier d'une meilleure interopérabilité et faciliteront son appropriation par les acteurs de la construction.

En 2007, l'outil ELODIE ne permettait qu'un calcul très partiel des impacts environnementaux d'un ouvrage (contribution des produits de construction aux impacts environnementaux). Le programme de recherche a depuis permis de :

- développer le modèle général de l'outil ;
- soutenir une partie du développement informatique de l'outil ;
- développer les modèles de calcul de chaque contributeur aux impacts environnementaux (produits de construction, énergie de fonctionnement, consommation d'eau, rejets d'eau, etc.) ;
- alimenter le modèle en données environnementales (énergie, eau notamment) ;
- initier le développement de nouveaux modèles pour de nouveaux contributeurs (transport des usagers, chantiers, etc.) ;

- commencer à simplifier certains modèles pour permettre une évaluation rapide des performances environnementales à toutes les étapes du projet ;
- préparer la maquette numérique pour la simulation environnementale.

Fin 2011, ELODIE devrait permettre d'évaluer tout type de bâtiments que ce soit pour la construction neuve, la réhabilitation ou un bâtiment existant. ELODIE disposera d'un mode simplifié adapté à des études rapides notamment en phase esquisse. Un système de cotation (agrégation multicritère) sera aussi implémenté en 2011 ou en 2012. L'outil métier « environnement » sera donc achevé et passera en phase d'amélioration continue et de « professionnalisation » (ergonomie, fonctionnalités avancées pour le travail en projet, capitalisation des données, etc.). 2011 sera une année de transition qui permettra d'initier l'intégration du calcul de nouveaux indicateurs (économiques, acoustiques, confort visuel, etc.). Ces premiers travaux préfigureront le développement d'une seconde génération d'outils de simulation multimétier fondé sur la maquette numérique. À la fin de l'année 2012, ELODIE devra donc s'intégrer aussi dans un outil de simulation multimétier (énergie, acoustique, éclairage, économie, environnement).

Durant la période 2007-2010, le projet ELODIE a donc été moteur dans la poursuite de la montée en compétences du CSTB sur les analyses du cycle de vie des produits et bâtiments et les bases de données environnementales, ainsi que sur l'appréciation des incertitudes sur les résultats des évaluations environnementales (aspects développés dans une thèse menée en partenariat avec l'École des mines de Paris).

ELODIE est aujourd'hui le produit d'une recherche partenariale forte avec Bouygues Construction et fait l'objet d'une diffusion commerciale depuis mars 2010 après un bêta-test initié en mai 2008 auprès de plus de 1 000 utilisateurs.

L'outil, promu par l'ADEME et la DHUP, est disponible sur une plate-forme web (<http://www.elodie-cstb.fr/>) permettant ainsi la capitalisation de l'information.

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- **SUPERBUILDINGS** (*Sustainability and performance assessment of buildings*) [2010-2012]
Projet cofinancé par l'Union européenne
Jacques CHEVALIER

- **COIMBA** – Connaissance de l'impact environnemental des bâtiments : vers un outil opérationnel et consensuel d'évaluation (2000-2012)

Projet ANR cofinancé par l'ADEME
Jacques CHEVALIER

- **Comportement énergétique des toitures végétalisées** (2009-2010)

Projet cofinancé par l'ADEME, l'ADIVET et la DHUP
Salem FARKH

- **Développement d'un outil d'évaluation des performances environnementales et sanitaires des bâtiments** (2007-2011)

Programme doctoral
Sébastien LASVAUX – École des mines ParisTech,
Centre énergétique et procédés

⇒ Outil de conduite pour les projets de bâtiments durables

Sylviane NIBEL

L'objectif des travaux menés sur ce thème est de concevoir et de développer un outil de conduite des projets de bâtiments durables. Cet outil, conçu pour les chargés d'opération des maîtres d'ouvrage, aura pour rôle de les accompagner et d'optimiser leur travail à toutes les phases d'un projet de bâtiment (quel qu'il soit), depuis les études préliminaires jusqu'à la mise en exploitation, et ce dans une perspective de développement durable (DD) – par exemple intégrant les principes et les critères du DD.

Il s'agit d'un outil informatisé permettant de conduire le projet en suivant une chronologie de phases, sous-phases et tâches, fournissant des aides pédagogiques et des recommandations pertinentes au regard du DD, regroupant de façon structurée tous les documents utiles au projet et rendant possible la capitalisation des informations.

Cet outil, nommé « SYSMEO », est en cours de développement. Il permet de :

- préciser les rôles des intervenants et les actions à réaliser tout au long du projet ;
- fournir un suivi du projet étape par étape ;
- disposer de guides et d'outils d'aide à chaque phase ;
- définir et suivre les objectifs de DD alloués au projet, ainsi que les caractéristiques et les performances environnementales, sociales et économiques, phase par phase ;
- centraliser, organiser et partager tous les documents du projet ;
- capitaliser l'historique des projets ;

- constituer un dossier complet pour faciliter la transmission de l'information entre la construction et l'exploitation.

Compte tenu des attentes des maîtres d'ouvrage et des spécificités liées à leurs projets ou de leur organisation, il est important de concevoir l'outil de façon générique et modulaire, afin de pouvoir dans un second temps (par le biais de la consultance) l'adapter aux besoins spécifiques des acteurs.

Le développement d'un tel outil correspond à une demande forte des maîtres d'ouvrage, tant publics que privés, qui manquent de repères méthodologiques, d'aides pédagogiques et d'outils concrets et efficaces pour intégrer les principes et les critères du DD dans leurs processus opérationnels de programmation, de conception, de réalisation, jusqu'à la mise en exploitation. En effet, les nouvelles exigences, liées entre autres au Grenelle de l'environnement, ou plus simplement à leur volonté de recourir à la certification HQE® des opérations, leur imposent de faire évoluer leurs pratiques et leur management de projet.

Les travaux effectués en 2008 et en 2009 ont permis de réaliser un cahier des charges de l'outil, de formaliser les aspects « métier » de façon chronologique, de développer une maquette de démonstration et un prototype partiel sur la base d'une architecture modulaire, et de recueillir l'avis et les propositions d'amélioration de plusieurs maîtres d'ouvrage. C'est dans ce cadre que la maquette et le concept de l'outil ont été présentés à des maîtres d'ouvrage et à divers acteurs lors du salon BATIMAT de novembre 2009.

En 2010, les besoins étant affinés, le développement de l'outil informatique se poursuit. Les principales fonctionnalités sont opérationnelles, et certains aspects « métier » se précisent sur le volet « conduite de projet » (le plus abouti) et le volet « évaluation des performances » au regard de la qualité environnementale et des critères du DD du bâtiment. Les outils pédagogiques-supports sont en cours d'élaboration, de même que l'amélioration de l'interface.

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- **Développement des référentiels techniques SBA** (*Sustainable Building Alliance*) [2009-2010]
Sylviane NIBEL

- **Observatoire du bâtiment durable** (2009-2010)
Projet cofinancé par le PUCA
Sylviane NIBEL
- **HQE collège Martinique** (2008-2009)
Projet cofinancé par le Conseil général de la Martinique
Sylviane NIBEL
- **Contribution à l'évaluation de l'impact environnemental du bâtiment à l'échelle locale** (2009-2012)
Programme doctoral
Maria-Octavia LUPSEA – INSA Toulouse

3. OUTILS DE CONCEPTION ET DE CONDUITE DE PROJETS URBAINS

Dans un contexte marqué par un taux d'urbanisation de la population de 77 % (chiffres INSEE 2007), la mise en œuvre de la stratégie nationale de développement durable et les rénovations successives du cadre législatif et réglementaire, les collectivités territoriales et les aménageurs se trouvent aujourd'hui en première ligne en matière de développement durable urbain. C'est en effet à eux qu'échoit la mission de réduire les incidences négatives de l'urbanisation sur l'environnement et d'en limiter les impacts économiques, de maintenir l'équité sociale et de créer un cadre de vie meilleur.

Les recherches du CSTB à l'échelle du quartier visent à améliorer la qualité environnementale et à assurer des conditions favorables au développement économique, à la cohésion sociale et à l'urbanité. Elles se sont appuyées sur des compétences pluridisciplinaires et une capacité à mobiliser des expertises couvrant l'essentiel des champs du développement durable. Elles ont ainsi abordé la gouvernance et la conduite de projets en proposant notamment des approches sur : l'aide à la décision et aux choix stratégiques ; les arbitrages entre dimensions environnementales, économiques et sociales ; la gestion du patrimoine ; etc.

3.1. OUTILS D'ÉVALUATION ET DE CONCEPTION DES QUARTIERS DURABLES

⇒ Évaluation environnementale à l'échelle du quartier

Vincent AUGISEAU

L'application d'une démarche environnementale dans un projet d'aménagement ne peut se concrétiser sans des démarches d'évaluation amont, continues ou ex-post, visant à fonder le projet sur des éléments tangibles et permettant de l'améliorer. De nombreux outils, méthodes et référentiels ont ainsi émergé depuis une dizaine d'années, dans le but d'apporter des moyens aux maîtres d'ouvrage pour évaluer leurs projets d'aménagement.

Cette recherche sur l'évaluation environnementale, et plus largement sur le DD à l'échelle du quartier, a été lancée en 2009 pour faire un point sur les pratiques d'évaluation existantes et explorer des pistes pour le développement de nouveaux outils et méthodes autour de trois pistes identifiées en 2008 :

1. Analyse du cycle de vie d'un aménagement

Le développement d'un outil d'analyse du cycle de vie (ACV) est en cours. Le parti pris retenu pour cette méthode d'ACV aménagement consiste à adopter une double approche d'évaluation (ascendante et descendante) afin de pouvoir intégrer de façon très opérationnelle les données existantes. Un premier test sur le quartier de la ZAC de Bonne à Grenoble à partir de l'outil actuel ELODIE bâtiment est en cours. Le cahier des charges a été rédigé, et des premières prises de contact ont permis d'esquisser le cadre possible d'un développement associant des gestionnaires urbains (gestion de l'énergie, des déchets, de l'eau, de la mobilité, etc.) et des experts sur le sujet (École des mines de Paris), ce qui devrait permettre d'aboutir à une première version de l'outil en 2011.

Celle-ci sera fondée sur une approche ascendante, en extension de l'outil bâtiment. Seront ensuite intégrés progressivement des modules basés sur une nouvelle approche descendante (impacts environnementaux évalués à l'échelle urbaine et rapportés au périmètre du projet d'aménagement, notamment pour les déplacements).

2. Méthode évaluation ex-post d'un projet

En 2009 et en 2010, une analyse critique des méthodes et des outils existants a été menée, et les référentiels internationaux de certification de projets d'aménagement durable étudiés. Ces analyses ont pu être valorisées dans le cadre de

deux projets auxquels le CSTB contribue actuellement : la démarche Écoquartiers du MEEDDM et la démarche HQE® Aménagement de l'association HQE. Toutes deux apportent un cadre opérationnel favorable au développement d'outils d'évaluation ex-post d'un projet d'aménagement, *via* notamment des indicateurs de DD s'appuyant sur un référentiel et des critères d'évaluation. La recherche a permis d'apporter des éléments contributifs à ces développements.

3. Visualisation et simulation numériques supportés par une maquette numérique urbaine

Ces travaux ont permis d'identifier des pistes concrètes de développement, notamment pour un module de simulation des apports solaires et du confort thermique d'un aménagement.

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- Évaluation environnementale à l'échelle du quartier (2009-2010)

Étude et définition de méthodes et outils pour l'évaluation de projets de quartiers durables
Vincent AUGISEAU

- QUADE, quartiers durables en Europe (2007)

Base de données sur les projets français et européens de quartiers durables
Daniela BELZITI

⇒ Caractérisation de l'environnement atmosphérique des quartiers

Julien GUILHOT

Le contrôle et l'amélioration des ambiances dans les espaces extérieurs en relation avec le confort des usagers, de la qualité de l'air, ou de la demande énergétique des bâtiments au sein d'une ville supposent une bonne connaissance du microclimat urbain et de son impact sur le secteur bâti. Le microclimat résulte d'une interaction complexe entre les phénomènes physiques (vent, ensoleillement, etc.) et la nature de l'objet « ville » qui comprend le patrimoine bâti, les éléments naturels (végétation, eau, sol, etc.), les aménagements urbains et l'activité humaine qui se développe en son sein.

Ce travail de recherche a pour but d'étudier l'impact des géométries urbaines (facteurs morphologiques, formes urbaines, matériaux de revêtement) sur le confort dans les espaces extérieurs. Les principaux objectifs sont le développement d'un couplage thermo-aérodynamique entre deux outils numériques,

SOLENE (logiciel d'ensoleillement et de thermique du bâtiment, développé par le laboratoire CERMA) et le code CFD, SATURNE (code des mécaniques des fluides, développé par EDF). Ce couplage est fondé sur la résolution numérique des équations qui décrivent les phénomènes complexes de transfert de chaleur de quantité de mouvements, de masse et d'énergie dans le milieu urbain. Une application de ce couplage sur un cas urbain réel permet de valider cette plate-forme développée. Ainsi, on est capable d'évaluer les effets de la géométrie urbaine sur la température de surface, la vitesse et la température de l'air dans les espaces extérieurs. Les conclusions de cette recherche aboutiront à l'élaboration d'un guide de recommandations pour les architectes et les urbanistes.

La caractérisation physique de l'environnement extérieur des bâtiments en termes aérodynamique et thermique et en régime transitoire lent, par simulation numérique, fait l'objet de la thèse de Khaled ATHAMENA (commencée le 1^{er} janvier 2009).

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Caractérisation de l'environnement atmosphérique extérieur des quartiers (2009-2012)

Khaled ATHAMENA – École centrale de Nantes

⇒ Cohérence des réseaux et des services énergétiques à l'échelle du quartier

Johann ZIRNGIBL

Avec la loi Grenelle 1, la France s'est engagée à porter à 23 % la part d'énergie renouvelable dans sa consommation d'énergie finale. Cela correspond à une augmentation de 10 Mtep/an de chaleur d'origine renouvelable d'ici à 2020, dont + 2,5 Mtep/an pour les réseaux de chaleur.

Les réseaux de chaleur apparaissent comme un excellent moyen d'exploiter des sources d'énergies renouvelables et de récupération telles que la biomasse, la géothermie profonde, la chaleur des unités d'incinération des ordures ménagères.

Les recherches sur la thématique de l'énergie (chauffage) sont le plus souvent centrées sur deux échelles : celle des produits ou celle de l'ouvrage. Les actions concernant l'échelle urbaine, et notamment les systèmes énergétiques à l'échelle de l'îlot et du quartier, comme les réseaux de chaleur, doivent encore être renforcées. L'objectif de la recherche menée dans le cadre du programme QBD est de fournir des éléments d'aide à la décision aux

différentes échelles d'interventions (produit, bâtiment, quartier) afin de définir des solutions cohérentes intégrant les trois dimensions.

Le recueil de données a permis de collecter des éléments clés pour chacune des différentes échelles : produit, bâtiments desservis, réseau. Ces données permettent de situer la performance de chacune des parties (génération, distribution) et de comparer les réseaux aux solutions individuelles par bâtiment.

La recherche s'est concentrée sur deux typologies de réseaux, couvrant la plupart des réseaux existants : des réseaux de grande taille, à forte densité de raccordement (pays de l'Est européen) et des réseaux de petite taille, à faible densité de raccordement (pays du Nord européen). À l'échelle du bâtiment, des ordres de grandeur pour faciliter l'analyse des besoins ont été fournis. À l'échelle du réseau, des informations concernant les types de pose et les matériaux utilisés sont également données.

Les réseaux de chaleur ne sont que très peu valorisés dans la méthode de calcul actuelle de la réglementation thermique. Les bâtiments raccordés se trouvent pénalisés pour l'obtention de labels de performance énergétique, car le facteur de conversion de l'énergie primaire est fixé à 1 pour tout réseau de chaleur quel qu'il soit.

Ainsi une méthode cohérente d'affichage des performances des différentes échelles est proposée. Ces éléments seront repris au niveau européen dans la révision de la norme NF EN 15603 sous mandat de la directive « Performance énergétique des bâtiments ».

Les éléments d'aide à la décision et les éléments d'une méthode d'affichage cohérente des performances ont été collectés mais l'outil, et surtout l'outil informatique, reste à développer.

La recherche ayant jusqu'ici été particulièrement ciblée sur les aspects techniques liés à l'énergie, une approche plus environnementale, élargie aux aspects organisationnels et sociologiques des réseaux, mérite d'être menée pour approfondir et compléter les travaux réalisés.

⇒ Programmation, conception et exploitation durables des zones d'activités économiques

Daniela BELZITI

Les études soulignent le fait que les zones d'activités économiques (ZAE) ont connu un très fort taux de création en France dans les années 1970. Le nombre

de ZAE reste en constante augmentation, et leur surface représente plus de 10 % de la surface du territoire urbanisé français (nombre total estimé entre 24 000 et 32 000). Quarante ans après les premières créations de ZAE, le bilan est négatif : en termes d'image, comme de gestion interne, de fonctionnement, d'impacts sur le territoire ou de satisfaction des entreprises qui y sont implantées. En effet, le plus souvent développées sans souci de cohérence ni de concertation, les ZAE génèrent une insatisfaction générale des entreprises. L'offre importante disponible ne semble donc correspondre ni à la demande des territoires ni à celle des entreprises.

Par ailleurs, les créations sont plus nombreuses que les requalifications : les ZAE ont souvent très mal vieilli et ne peuvent se réadapter aux changements de l'environnement urbain qui se sont opérés autour d'elles. Les demandes des entreprises ne concernent plus aujourd'hui une simple offre foncière mais des plates-formes de services intégrant des infrastructures de communication, des équipements sportifs, culturels ou de loisirs, des crèches, une proximité avec des universités, etc.

L'examen de certaines ZAE, dites « durables », montre aussi que leur conception semble se limiter à une vision techniciste, ne prenant pas en compte les préoccupations liées à la création de lieux de vie pour les habitants et les usagers ou à l'évolutivité des aménagements, et ne s'intégrant pas forcément dans une stratégie territoriale plus large portant sur la densification des zones d'activités, le chrono-aménagement, la diversité économique et la pérennisation des zones dans le territoire.

L'analyse des méthodes et des outils existants a révélé que la phase de programmation n'était que peu traitée, le choix de la vocation de zone pas considéré et les outils et méthodes restent tournés vers une vision techniciste de l'environnement, qui ne permet pas d'aborder la conception urbaine des zones. La production de chartes (en amont) et la gestion des ZAE (en aval) constituent donc les problématiques centrales de l'action de recherche.

Face à cette situation le CSTB a développé une problématique et une méthodologie de programmation et de conception qui visent à développer le potentiel urbain des sites. Cela signifie notamment être capable de prendre en compte les dimensions relatives aux contraintes environnementales et à l'articulation du site avec son environnement, de garantir l'évolutivité des aménagements, de favoriser l'émergence d'une identité urbaine, d'assurer l'implantation

d'équipements et de services d'intérêt pour les usagers comme pour la ville, et, enfin, d'anticiper sur les enjeux de gestion urbaine ainsi que sur les enjeux de gestion et d'animation de la zone.

La recherche réalisée dans ce cadre s'est notamment appuyée sur la coopération avec l'AFTRP (Agence foncière et technique de la région parisienne) à travers une mission d'accompagnement-formation de programmation urbaine.

Ces travaux ont été l'occasion d'élaborer un outil de questionnement intégrant les enjeux liés au développement urbain durable des ZAE et destiné à inciter la coopération entre les acteurs, à savoir OASIS® (outil d'analyse et système d'indicateurs pour les sites d'accueil des zones d'activités économiques). Conçu comme un outil d'aide à la décision pour la maîtrise d'ouvrage intégrant le DD de manière transversale et opérationnelle dès les premières études, OASIS® fournit des analyses par objectif et thème de DD, des résultats exprimés par objet (voirie, espaces verts, bâtiments, etc.) d'actions concrètes pour le développement de la zone. Il propose un diagnostic pour la création de la ZAE (notamment pour identifier, remettre en cause ou conforter le choix de la vocation de la zone en cohérence avec le potentiel du site), un suivi en programmation et une assistance en management.

Ces travaux répondent aux problématiques des ZAE et visent à combler les vides laissés par les approches existantes, par :

- leur intérêt pour la phase de programmation ;
- la continuité de traitement des préoccupations de DD au fil des phases (OASIS® est un outil multiphase) ;
- la prise en compte de toutes les échelles d'intervention (du bâtiment au territoire) et des multiples acteurs concourant au DD de la zone ;
- la possibilité d'une lecture croisée des approches environnementale et économique lors de la création de la zone et la sélection (à partir de critères de DD) des activités à y implanter ;
- la prise en compte des préoccupations clés suivantes : chrono-aménagement, identité urbaine, évolutivité des aménagements, offre d'équipements et services, gestion, animation, économie locale et besoins des entreprises, gestion de l'espace-offres foncière et immobilière-densification.

Le CSTB a donc développé une approche intégrée au service des acteurs d'un projet de ZAE couplant de manière transversale des recommandations sur la conduite de projets et un outil de questionnement DD (orienté « évaluation »). Cette approche a été possible grâce à l'organisation de plusieurs séminaires pour

confronter les réflexions pluridisciplinaires et construire une problématique commune aux chercheurs du CSTB, sur la conception durable des ZAE. Cette confrontation a été d'autant plus aisée qu'elle s'est appuyée sur des tests réalisés sur le projet INTEGRA à Grenoble (projet de réaménagement d'une ZAE). Ces tests ont notamment permis de vérifier la pertinence de l'approche développée pour aider la maîtrise d'ouvrage à construire les orientations stratégiques du projet sur la base de l'identification des enjeux pour l'opération et notamment sur la base du potentiel urbain et de DD du site.

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- **Expérimentation d'une méthode de diagnostic pour la requalification durable d'une zone d'activité économique (2009-2010)**
Projet cofinancé par l'Établissement d'aménagement de la plaine du Var
Daniela BELZITI
- **Diagnostic et plan d'actions en vue d'une requalification durable des ZAE (2010)**
Projet cofinancé par Veolia Recherche et Innovation
Daniela BELZITI

3.2. GESTION ET GOUVERNANCE URBAINES AU SERVICE DES QUARTIERS DURABLES

⇒ **Mixité et diversité sociale dans l'habitat**

Barbara ALLEN, Michel BONETTI

Le CSTB bénéficie d'une antériorité de conceptualisation et de pratiques sur la gestion urbaine de proximité (GUP) dans les quartiers d'habitat social. Cette expérience ainsi que l'élargissement des domaines de recherche et d'intervention du CSTB au renouvellement urbain (villes, friches, zones d'activité économique, etc.) et à des échelles plus vastes, ont conduit les équipes de sociologues du CSTB à explorer le développement d'approches comparables dans le contexte des enjeux environnementaux, sociaux et économiques auxquels les villes doivent répondre.

La gestion urbaine concerne la gestion de tout ce qui fait la ville, soit :

- son cadre bâti (dans ses multiples destinations) et ses espaces, que l'on peut appeler « le cadre de vie urbain » ;
- les services et les réseaux associés à ce cadre de vie urbain, qui permettent son fonctionnement et

- sa desserte (énergie, eau, éclairage, collecte des déchets, assainissement, réseaux de télécommunications, de transports collectifs, etc.) ;
- les services indispensables à la vie urbaine à destination des habitants et des usagers (services et équipements culturels, sportifs, sociaux, commerciaux, éducation, justice, sécurité, services sociaux, etc.).

Par gestion, il faut entendre tout ce qui ne relève pas de l'investissement à proprement parler. Ainsi la gestion du cadre de vie urbain, objet des études développées dans cette action de recherche, doit intégrer l'entretien, la maintenance et l'amélioration en continu des espaces, des équipements techniques, des réseaux, des patrimoines bâtis. Sur le plan économique, la gestion du cadre de vie urbain représente pour une commune autour de 20 % de son budget de fonctionnement.

Il s'agit de disposer, à l'issue de la recherche, d'une méthode et d'outils pour l'amélioration de la gestion urbaine par les villes et leurs EPCI (Établissement public de coopération intercommunale) visant une qualité urbaine durable et un fonctionnement social-urbain satisfaisant, à l'instar de la méthode d'amélioration de la gestion mise au point par le laboratoire de Sociologie urbaine générative pour les organismes bailleurs (qui fait l'objet de la certification Qualirésidence⁶).

Le laboratoire a par ailleurs entrepris de capitaliser sur ses premières interventions (expérimentations, formation-action...) conduites en gestion urbaine auprès de villes et d'EPCI (Grenoble, Brest, Moissy-Cramayel, Garges-lès-Gonesse, Plaine Commune, Toulouse, etc.) et cela sur différents registres (démarches d'amélioration de la GUP, intégration de la GUP au droit commun de la gestion urbaine, projets d'amélioration de l'organisation de la gestion urbaine). Ce travail, ainsi que les entretiens et investigations complémentaires encore en cours, constitue la base à partir de laquelle il faut approfondir la connaissance des modes d'organisation des services des villes et des intercommunalités concernés par la gestion urbaine. Cette connaissance est à resituer par rapport au contexte propre d'un territoire (histoire, identité, dynamique territoriale) et au contexte administratif-réglementaire national (décentralisation, développement de l'intercommunalité, externalisation/internalisation des services, territorialisation de l'action publique, DD, etc.). L'analyse a permis de préciser un certain nombre de

⁶ Cf.

http://www.certivea.fr/documentations/Referentiel_QUALI_RESIDENCE_S_V1_2008_11_01.pdf

facteurs contextuels qui ont été déclinés, et d'évoluer dans l'énonciation des finalités de ce travail. La variabilité des contextes conduit, en effet, à poser qu'il n'est pas possible d'élaborer une méthode mais plutôt des méthodes à utiliser en fonction d'une analyse préalable du contexte de l'intervention (*a contrario* de ce que font généralement les organismes HLM). Enfin, les différents enjeux de la gestion urbaine ont commencé à être formalisés.

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

→ **Ville de Grenoble** (2009-2010)

Jean BOUVIER

Depuis deux ans, à l'instar d'autres villes, la ville de Grenoble a pris le parti de développer la gestion urbaine de proximité sur l'ensemble de son territoire et non plus seulement sur les périmètres prioritaires de la politique de la ville. L'objectif est d'améliorer les services apportés aux habitants dans le cadre de la gestion urbaine (qualité, tranquillité, bon usage de l'espace public, réactivité aux demandes des habitants). Sollicité dans ce cadre, le CSTB a proposé à la ville d'enrichir son approche « projet de gestion de site » avec une prise en compte des dimensions acoustique, aéroulque et d'éclairage. Une expérimentation sur six sites très différenciés (un par secteur de la ville) a été décidée. Cette démarche de recherche-développement, engagée avec le soutien de l'agglomération (Grenoble Alpes Métropole) doit se dérouler en trois étapes – élaboration, mise en œuvre et évaluation des projets –, sur lesquelles le CSTB intervient en animation, soutien méthodologique et apport d'expertises (acoustique, éclairage, aéroulque). Pour la ville, il s'agit de faire l'apprentissage d'une méthode de coopération de ses services pour une meilleure prise en charge des enjeux territoriaux de gestion urbaine. Pour le CSTB, cette expérimentation vise à mieux intégrer les apports des sciences de l'ingénieur aux approches des sciences humaines (sociologie urbaine, sociologie des organisations, économie, urbanisme, etc.) dans la perspective d'une gestion urbaine durable.

→ **Élaboration d'une stratégie d'aménagement durable des Hauts de Poissy** – Ville de Poissy (2008-2009)

Michel BONETTI

Dans le cadre du programme de recherche sur la conduite des projets de développement urbain durable, les sociologues du CSTB, en association avec un urbaniste, ont engagé une coopération avec la ville de Poissy, pour concevoir le réaménagement du secteur des « Hauts de Poissy » (proche des autoroutes A13 et A14) inscrit dans l'opération

d'intérêt national Seine aval. Ce secteur comprend un projet de renouvellement urbain d'un quartier de 600 logements sociaux (La Coudraie), la transformation d'un site occupé par un grand hôpital qui doit être déplacé, ainsi que la réalisation d'un programme de logements et d'un centre commercial. Ces projets ont été conçus de manière dissociée. Le CSTB a proposé de définir des orientations stratégiques de DD fondées sur la problématique de « développement du potentiel urbain ». Celle-ci vise à favoriser l'articulation avec le potentiel de l'environnement (paysager, social, économique et urbain) et une synergie entre ces projets afin de créer un véritable « pôle urbain ». Sur la base de cette orientation, la ville et l'ANRU ont confié au CSTB l'élaboration du programme de renouvellement urbain du quartier de La Coudraie. Ce dernier, isolé et très enclavé, dispose d'un potentiel de développement dès lors qu'on l'intègre dans un nouveau pôle urbain. Le CSTB a conduit une concertation entre les habitants de ce quartier, la société HLM, la ville et l'État. Cette démarche a abouti à un projet de renouvellement mettant donc l'accent sur le développement des interactions avec l'environnement et intégrant la démolition de 300 logements, la construction de 600 logements et la réalisation de nouveaux équipements collectifs.

→ **OPH Logis Cévenols : adaptation de l'organisation de la gestion à la dynamique des sites** – OPAC d'Alès (2007-2008)

Jean BOUVIER

Mise au point d'outils de gestion favorisant la conduite de projets de gestion de site

→ **Intégration de la qualité environnementale dans le métier d'aménageur** – EPAMARNE (2007-2008)

Accompagnement de l'établissement public d'aménagement dans la rédaction d'une charte de qualité environnementale et dans la définition et la mise en œuvre d'outils pour la conduite des opérations de construction de logements collectifs privés

→ **Mise en perspective de l'analyse socio-urbaine et de l'analyse des modes d'habiter des opérations d'habitat individuel dense** – PUCA (2007-2008)

Barbara ALLEN

→ **Méthodologie de conception et de conduite des projets d'amélioration de la gestion urbaine** – OPAC Habitat Marseille Provence (2007-2008)

Michel BONETTI

→ **Méthodologie de conception et de conduite des projets d'amélioration de la gestion urbaine** – Association des bailleurs du Rhône (2007-2008)
Michel BONETTI

→ **Démarche de requalification du quartier Beaubourg à Paris** – Ville de Paris (2008-2009)
Michel BONETTI

→ **Élaboration d'un référentiel de conduite de projets d'aménagement durable** – AFTRP (2007-2009)
Michel BONETTI

→ **Conception du renouvellement urbain d'un site à Beauvais** – Ville de Beauvais (2008)
Michel BONETTI

→ **Élaboration d'un programme visant l'intégration d'un écoquartier dans un tissu de faubourg à Reims** – GIE foncière développement de Reims (2010-2011)
Michel BONETTI

→ **Évaluation de la qualité urbaine des opérations de renouvellement urbain** – CIV, ANRU, PUCA (2010-2011)
Michel BONETTI

3.3. MORPHOLOGIE DES QUARTIERS DURABLES

Serge SALAT

Les études de quartiers menées jusqu'à présent par le CSTB sur ce sujet ont permis de mettre en avant les qualités environnementales et sociales des tissus continus de bâtiments majoritairement composés d'immeubles collectifs de hauteur moyenne. Les études se sont fondées sur les avantages de la densité urbaine (mètres carrés construits sur surface du site), de la connectivité des réseaux, de la porosité des tissus tant sur les interactions humaines que sur la circulation des flux qui approvisionnent la ville et la déchargent. Des seuils de densité et de connectivité apparaissent pour assurer des transports non polluants, une mixité des quartiers, et des qualités bioclimatiques permettant de réduire les besoins du bâtiment en énergie.

La morphologie urbaine permet de s'attaquer à de nombreux sujets clés du développement urbain durable, dans les champs environnementaux, sociaux et économiques. Les recherches ont pu quantifier un certain nombre de caractéristiques environnementales, en évaluant les besoins en énergie pour le chauffage de manière assez précise notamment. En revanche, la quantification reste à améliorer pour les besoins de rafraîchissement, les besoins en énergie de transport, et les besoins en lumière pour lesquels on sait maintenant prédire les tendances. Les pistes pouvant mener à la quantification globale de l'énergie dont ont besoin les quartiers restent également à étoffer.

Les aspects sociaux ont été un peu abordés mais mériteraient d'être approfondis, de même que la quantification économique du coût de chaque morphologie, qui n'a pas encore été abordée.

⇒ **Analyse énergétique, environnementale et économique fondée sur l'analyse morphologique des projets urbains à l'échelle des quartiers**

Cette recherche s'inscrit dans le questionnement relatif à l'optimisation morphologique, environnementale, énergétique et carbone des projets de quartiers durables. Son ambition est de constituer un outil d'analyse des formes urbaines et d'évaluation de *scenarios* énergétiques.

Les logiciels existants pour tester la performance environnementale des projets sont quasiment tous à l'échelle bâtiment et requièrent une telle quantité d'informations qu'ils ne peuvent être mis en œuvre qu'en aval de la conception. La constitution d'un logiciel performantiel en phase amont répond à une importante lacune permettant de tester des variantes et d'orienter les choix des concepteurs à l'échelle des tissus urbains et non des seuls bâtiments. Dans les

phases préliminaires de conception, la manipulation de la forme urbaine permet de diviser par deux les besoins théoriques énergétiques et d'assurer un confort environnemental supérieur, et une meilleure qualité urbaine, par une optimisation des paramètres de densité, de compacité, d'ouverture au ciel, de connectivité et de densité de la maille viaire.

L'objectif des travaux menés par le laboratoire des Morphologies urbaines du CSTB est d'accompagner les concepteurs, les maîtres d'ouvrage et les différents acteurs de la construction à l'aide d'un outil synthétique de modélisation, de simulation de *scenarios* et d'évaluation des performances, fondé sur l'analyse morphologique du projet à l'échelle du tissu urbain global et non du seul bâtiment. L'outil développé s'appuie sur les résultats de l'analyse de la relation énergie/formes. Il permet de calculer à partir de données GIS les résultats de quartiers dont on choisit la taille pour les indicateurs de densité, de connectivité, etc., et les indicateurs d'intensités permettant de donner un substrat mesurable à différents concepts d'efficience.

Le prototype de logiciel développé permet aujourd'hui de sélectionner des quartiers avec des formes diverses pour avoir des résultats plus précis et éviter l'écueil des bâtiments coupés en deux lors de sélections carrées. Développé en *open source*, il ne nécessite pas de licence pour être utilisé. Il peut de plus être constamment amélioré en fonction des avancées de la recherche pour intégrer les nouveaux indicateurs. Pour l'instant, les caractéristiques proprement spatiales telles que la densité, l'emprise au sol, les volumes passifs, les dimensions des bâtiments et des rues, la connectivité du réseau viaire peuvent être calculées. L'estimation du besoin d'énergie de chauffage en climat froid est elle aussi automatisée.

⇒ Guide de conception et d'évaluation de la morphologie urbaine des quartiers durables

Le CSTB souhaite s'investir dans la coopération avec les municipalités pour effectuer des projets concrets. Cette action visait, à partir d'une approche morphologique, à constituer un outil méthodologique avec des indicateurs et à développer un guide pratique pour leur mise en œuvre à l'échelle du quartier.

Il aborde de manière quantitative les problématiques de la densité, de la mixité, de la connectivité, de la complexité du tissu urbain qui font la trame même de la notion de quartier durable et doivent se traduire en termes spatiaux. Le guide répond à cette attente en analysant à la fois les textures urbaines des quartiers

et les flux qui les traversent et en proposant des recommandations pragmatiques pour l'action.

Ce guide, dont la publication est prévue pour 2011, s'intitulera : « *Réussir un écoquartier durable basse énergie, une approche morphologique* ». Son intérêt réside dans la nouveauté de l'angle d'analyse de la durabilité qu'il propose. En effet, les quartiers durables sont souvent examinés en termes d'architecture bâtiments, de type d'énergie utilisée, de mixité sociale, et de technologies vertes, mais les clés de leur conception sont souvent passées sous silence ou juste esquissées.

Ce guide donne au contraire des indications sur les résultats en termes de consommation énergétique bâtiments et les tendances sur l'énergie consommée dans les transports ainsi que les aspects sociaux qui sont à attendre de formes urbaines différentes. Il s'adresse aux municipalités et aux urbanistes, et pour cela vulgarise volontairement des aspects scientifiques très complexes. Des notions fondamentales de métabolisme urbain, de flux de matières-énergie-eau-déchets sont aussi introduites pour montrer l'influence des formes sur les flux.

Le guide s'appuie sur le corpus de tissus urbains analysé dans l'action de recherche intitulée « Étude de la relation énergie/paramètres de formes urbaines » du programme « Villes et territoires durables » et sur les méthodologies mises en œuvre pour l'analyse morphologique et énergétique.

Il doit prendre la forme d'une série de morphologies, étudiées grâce aux indicateurs spatiaux identifiés par le laboratoire et interpréter ces résultats en termes environnementaux, économiques et sociaux. Ce panel permettra de donner des exemples dans lesquels les lecteurs pourront puiser des bonnes pratiques.

CONTRIBUTEURS

*Nota : les noms suivis d'une * sont ceux des personnes ayant quitté le CSTB*

Responsables des actions de recherche

ALLEN Barbara
AUGISEAU Vincent
AXES Jean-Michel
BELZITI Daniela
BULTEAU Gaëlle
BONETTI Michel
CHEVALIER Jacques
CHORIER Julien
CORREC Olivier
DE GOUVELLO Bernard
GUILHOT Julien
JAYR Emmanuel
JOURNI Haitham
HUMEAU Philippe
LAKEL Abdel
LEBERT Alexandra
NIBEL Sylviane
PALIER Pierre
RUOT Bertrand
SALAT Serge
ZAMANSKY Thomas *
ZIRNGIBL Johann

Chercheurs associés

ALIROL Océane
ANDRIEUX Franck
AULAGNIER Simon *
BAULAC Marine
BERTRAND Lionel
BLANCHARD Nadège
BOUVIER Jean
BUS Nicolas
CAUCHOIS Agnès*
CHENE Jean Baptiste
CHEVALIER Jean-Luc *
CHUPIN David*
CIUTI Elisa
CORRALES Patrick
COUDRET Florent
CUENOT Sophie
DE OLIVEIRA Fabrice
DEFRANCE Jérôme
DELPECH Philippe

DERRIEN François*
DESJARDINS Xavier
DEVES Olivier
DUFRESNE DE VIREL Marc
DURET Hervé
FAURE Xavier
FLORI Jean Paul
FRANCO Jean Marie
FRANÇOIS Claude
GARCIA Michel
GASIGLIA Baptiste
GILLIOT Christine
HANS Julien
HOURLIER Fanny
LABEDENS Romain
LAFORGUE Annie
LAHMIDI Hicham
LAHRECH Rofaïda
LEJEUNE Christian
LLORENTE Marie
MAÏSSA Sandrine
MARTINSONS Christophe
MAUPETIT François
MOLETTA-DENAT Marina
MOREAU Sophie *
OLIVE François
ORDITZ Dominique
PAJANI Océane
PICINBONO Guillaume
POMPEO Claude
QUENARD Daniel
ROUDIL Nadine
SABRE Maeva
SCHIOPU Nicoleta
SOUBRA Souheil
TETARD Yves
TROUILHE Marie-Cécile
TUAL Mélanie
VINET Jérôme
VINOT Benoît
VISIER Jean Christophe
WIATT Lucie
WOOTS Claire*

Doctorants

ATHAMENA Khaled (2009-2012)
CASTILLO-MONTES Jaime (2009-2011)
DHAINI Fouzia (2009-2012)
EL-MAZRY Chaker (2008-2011)
HOURLIER Fanny (2006-2010)
LASVAUX Sébastien (2007-2011)
LUPSEA Maria-Octavia (2009-2012)
MAILLET Laëtitia (2008-2010)
MAUROUX Thomas (2008-2011)

NICOT Pierre (2005-2008)
PATURAL Laëtitia (2007-2011)
ROBERT Pauline (2005-2008)
TRAN Thu-Hien (2007-2011)

Postdoctorants

SCHIOPU Nicoleta (2007-2008)

Personnel technique associé

BODELLE Marc
LAURENT Jérôme

BILAN QUANTITATIF

PRODUCTION DE
CONNAISSANCES

PUBLICATIONS

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Articles

∞ *Publiés dans une revue scientifique à comité de lecture*

Adhesion of façade coating colonisers, as mediated by physico-chemical properties
BARBEROUSSE H., BRAYNER R., BOTELHO DO REGO A.M., CASTAING J.C., BEURDELEY-SAUDOU P., COLOMBET J.F.
Biofouling, 23/1, January 2007, p. 15-24 [doi:10.1080/08927010601093026]

An assessment of façade coatings against colonisation by aerial algae and cyanobacteria
BARBEROUSSE H., RUOT B., YEPREMIAN C., BOULON G.
Building and Environment, 42/7, July 2007, p. 2555-2561 [doi:10.1016/j.buildenv.2006.07.031]

Energy loads, CO2 emissions and building stocks: morphologies, typologies, energy systems and behaviour
SALAT S.
Building Research and Information, 37/5-6, September 2009, p. 598-609 [doi:10.1080/09613210903162126]

L'utilisation et la valorisation de l'eau de pluie dans les opérations de construction : les apports d'un guide basé sur des retours d'expériences
DE GOUVELLO B., NOEUVEGLISE M.
Cahiers de l'association scientifique européenne pour l'eau et la santé, 12/1, janvier 2007, p. 13-18

Current understanding of cellulose ethers impact on the hydration of C3A and C3A-sulphate systems
POURCHEZ J., GROSSEAU P., RUOT B.
Cement and Concrete Research, 39/8, August 2009, p. 664-669 [doi:10.1016/j.cemconres.2009.05.009]

Changes in C3S hydration in the presence of cellulose ethers
POURCHEZ J., GROSSEAU P., RUOT B.
Cement and Concrete Research, 40/2, February 2010, p. 179-188 [doi:10.1016/j.cemconres.2009.10.008]

Some aspects of cellulose ethers influence on water transport and porous structure of cement-based materials
POURCHEZ J., RUOT B., DEBAYLE J., POURCHEZ E., GROSSEAU P.
Cement and Concrete Research, 40/2, February 2010, p. 242-252 [doi:10.1016/j.cemconres.2009.09.028]

A pulsed field gradient and NMR imaging investigations of the water retention mechanism by cellulose ethers in mortars
PATURAL L., PORION P., VAN DAMME H., GOVIN A., GROSSEAU P., RUOT B., DEVES O.
Cement and Concrete Research, 40/9, September 2010, p. 1378-1385 [doi:10.1016/j.cemconres.2010.04.001]

Cellulose ethers influence on water retention and consistency in cement-based mortars
PATURAL L., MARCHAL P., GOVIN A., GROSSEAU P., RUOT B., DEVES O.
Cement and Concrete Research, available online October 2010, 10 p. [doi:10.1016/j.cemconres.2010.09.004]

Annual metallic flows in roof runoff from different materials: Test-bed scale in Paris conurbation
ROBERT-SAINTE P., GROMAIRE M.C., DE GOUVELLO B., SAAD M., CHEBBO G.
Environmental Science and Technology, 43/15, August 2009,

p. 5612-5618
[doi:10.1021/es9002108]

Formulation of synthetic greywater as an evaluation tool for wastewater recycling technologies
HOURLIER F., MASSE A., JAOUEN P., LAKEL A., GERENTE C., FAU C., LE CLOIREC P.
Environmental technology, 31/2, February 2010, p. 215-223 [doi:10.1080/09593330903431547]

La récupération et l'utilisation de l'eau de pluie en ville : vers une modification de la gestion urbaine de l'eau ?
DE GOUVELLO B., DEUTSCH G.
Flux, 2-3/76-77, avril-septembre 2009, p. 14-25

Water and sanitation in the Buenos Aires metropolitan region: fragmented markets, splintering effects?
BOTTON S., DE GOUVELLO B.
Geoforum, 39/6, November 2008, p. 1859-1870 [doi:10.1016/j.geoforum.2008.08.003]

Development of a pilot-scale 1 for Legionella elimination in biofilm in hot water network: heat shock treatment evaluation
FARHAT M., TROUILHE M.-C., BRIAND E., MOLETTA M., ROBINE E., FRERE J.
Journal of applied microbiology, 108/3, March 2010, p. 1073-1082 [doi:10.1111/j.1365-2672.2009.04541.x]

The impact of private networks on off-flavour episodes in tap water
MAILLET L., LINES D., BENANOU D., LE CLOIREC P., CORREC O.
Journal of water supply: research and technology - AQUA, 58/8, 2009, p. 571-579 [doi:10.2166/aqua.2009.020]

Velocity and turbulence measurements by ultrasound pulse Doppler velocimetry
JAAFAR W., FISCHER S., BEKKOUR K.
Measurement, 42/2, February 2009, p. 175-182 [doi:10.1016/j.measurement.2008.05.004]

pcaH, a molecular marker for estimating the diversity of the protocatechuate-degrading bacterial community in the soil environment

EL AZHARI N., CHABAUD S., PERCEPT A., BRU D., MARTIN-LAURENT F.,
Pest Management Science, 63/5, May 2007, p. 459-467
[doi:10.1002/ps.1357]

Impact des éthers de cellulose sur l'hydratation du silicate tricalcique

POURCHEZ J., GROSSEAU P., GUYONNET R., RUOT B.
Récents progrès en génie des procédés, 96, 2007, 7 p

Modelling and simulation of concrete leaching under outdoor exposure conditions

SCHIOPU N., TIRUTA-BARNA L., JAYR E., MEHU J., MOSZKOWICZ P.
Science of the Total Environment, 407/5, February 2009, p. 1613-1630
[doi:10.1016/j.scitotenv.2008.11.027]

TiO₂-containing cement pastes and mortars: Measurements of the photocatalytic efficiency using a rhodamine B-based colourimetric test

RUOT B., PLASSAIS A., OLIVE F., GUILLOT L., BONAFOUS L.
Solar Energy, 83/10, October 2009, p. 1794-1801
[doi:10.1016/j.solener.2009.05.017]

Horizontal environmental assessment of building products in relation to the construction products (CPD)

SCHIOPU N., JAYR E., MEHU J., BARNA L., MOSZKOWICZ P.
Waste Management, 27/10, May 2007, p. 1436-1443
[doi:10.1016/j.wasman.2007.03.006]

Membrane process treatment for greywater recycling: investigations on direct tubular nanofiltration

HOURLIER F., MASSE A., JAOUEN P., LAKEL A., GERENTE C., FAUR C., LE CLOIREC P.
Water Science & Technology, 62/7, 2010, p. 1544-1550
[doi:10.2166/wst.2010.435]

Évolution of bacterial community in experimental sand filters: physiological and molecular fingerprints

LAKEL A., CHABAUD S., MARTIN-LAURENT F., ANDRES Y., LE CLOIREC P.
Water, Air & Soil Pollution, 195/1-4, November 2008, p. 233-241
[doi:10.1007/s11270-008-9742-8]

Consequences to water suppliers of collecting rainwater on housing estates

GIRES A., DE GOUELLO B.
Water Science & Technology, 60/3, 2009, p. 543-553
[doi:10.2166/wst.2009.361]

∞ Publiés dans une revue technique

Bâtiments : économiser l'eau potable

AXES J.M.
Le Moniteur des travaux publics et du bâtiment, 5489, février 2009, p. 54

Maîtrise du risque légionelles par désinfection au point d'usage : apport de la technologie Behring™. Essais à l'échelle pilote

TROUILHE M-C., PELLET X.
L'eau, l'industrie, les nuisances, 334, 2010, p. 90-93

Assainissement autonome : nouvelles exigences réglementaires en matière de prescriptions et d'évaluations techniques

LAKEL A.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 254, septembre 2009, p. 2-10

Installations d'eau sanitaire à l'intérieur des bâtiments : état des lieux

CORREC O.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 248, octobre 2008, p. 32-36

Évolutions réglementaire, normative et paranormative en matière d'assainissement non collectif

LAKEL A.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 239, avril 2007, p. 44-50

Les circuits de distribution d'eau dans le bâtiment : les évolutions

DERRIEN F.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 242, octobre 2007, p. 28-36

Bilan hydrique des toitures végétalisées : vers de meilleures compréhension et modélisation

BERTHIER E., DE GOUELLO B., ARCHAMBAULT F., GALLIS D.
TSM - Techniques Sciences Méthodes, 6, juin 2010, p. 39-47

Pour une approche intégrée du cycle de l'eau dans le bâtiment. Aquasim, un nouvel équipement de recherche

DERRIEN F., AXES J.M.
TSM - Techniques Sciences Méthodes, 7-8, juillet-août 2010, p. 39-44

Communications

∞ Dans des conférences internationales avec actes

Effect of cellulose ethers on water retention in freshly-mixed mortars

PATURAL L., GOVIN A., GROSSEAU P., RUOT B., DEVES O.
11th International Conference and Exhibition of the European Ceramic Society, June 21-25, 2009, Cracow, POL, 4 p.

An international service life database: the grid definition for an actual implementation of factor methods and service life prediction

DANIOTTI B., SPAGNOLO S.L., CHEVALIER J.L., HANS J., CHORIER J.
18th CIB World Building Congress - TG75, W014, W080, W083 & W086 Collected Papers on Building Technology, May 11-13, 2010,

Salford, GBR, CIB Publication 363, 2010, p. 228-238

Elodie: a Tool for the Environmental Assessment of Building

CHEVALIER J., LEBERT A., SCHIOPU N., ALIROL O., RAVEL P., HANS J., CHEVALIER J.L, CIUTI E.
18th CIB World Building Congress - W117 "Performance Measurement in Construction" Special Track, May 11-13, 2010, Salford, GBR, CIB Publication 346, 2010, p. 67-77

Infrared imaging analysis for thermal comfort assessment

DE OLIVEIRA F., MOREAU S., DITTMAR A., GEHIN C.
29th Annual International Conference of the IEEE-Engineering in Medicine and Biology Society, August 22-26th, 2007, Lyon, FRA, p. 3373-3376

Early age cracking of a thin mortar layer: experimental study and macroscopic modelling

MONGE J., LAMOUR V., MORANVILLE M., GILLIOT C.
2e Congresso nacional de argamassas de construção, November 22-23, 2007, Lisboa, PRT, 10 p.

Restrained shrinkage of polymer-modified mortar layers applied on adhesive substrate: measurement device and results

NICOT P., RUOT B., DEVES O., BALAYSSAC J.P, DETRICHE C.H.
2e Congresso nacional de argamassas de construção, November 22-23, 2007, Lisboa, PRT, 12 p.

Le projet POLESUR (2008-2011). Recherche fédérative multi-disciplinaire sur la POLLution des Eaux et des Sols en milieu Urbain en région des Pays de la Loire

BECHET B., LE GUERN C., LAKEL A. et al.
2e Rencontres nationales de la recherche sur les sites et sols pollués "Pollutions locales et diffuses : caractérisation et diagnostics", 20-21 octobre 2009, Paris, FRA, 2 p.

Ontology-aided FMEA for construction products

LAAROUSSI A., FIES B., VANKEISBELCK R., HANS J.
24th CIB W78 Conference "Bringing ITC Knowledge to work", June, 26-29 2008, Maribor, SVN, 11 p.

Durée de vie des produits de construction : évaluation de la qualité des données

TALON A., BOISSIER D., HANS J.
25e Rencontres Universitaires de Génie Civil, 23-25 mai 2007, Bordeaux, FRA, 9 p.

A structural and semantic approach for the assessment of building environmental quality

MAISSA S., ZARLI A., YURCHYSHYNA A.
5th CIB W102 Conference, Deconstructing Babel: sharing global construction knowledge, June 17-19, 2009, Rio de Janeiro, BRA, 10 p.

Hygrothermal ageing of PA 6,6

EL MAZRY C., CORREC O., COLIN X.
5th International Conference on Times of Polymers (TOP) & Composites, June 20-23, 2010, Ischia, ITA. AIP Conference Proceedings 1255, 2010, p. 135-137 [doi:10.1063/1.3455555]

Influence of cellulose ether particle size on water retention of freshly-mixed mortars

NATURAL L., GOVIN A., GROSSEAU P., RUOT B., DEVES O.
9th CANMET/ACI International Conference on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, October 12-15, 2009, Seville, ESP, 14 p.

Towards the development of a simplified LCA-based model for buildings: recycling aspects

LASVAUX S., PEUPORTIER B., CHEVALIER J.
CISBAT 2009 "Renewables in a changing climate: from nano to urban scale", September 2-3, 2009, Lausanne, CHE, p. 107-112

Metallic loads in roof runoff from zinc materials: test beds scale in Paris

ROBERT P., GROMAIRE M.C, DE GOUVELLO B., CHEBBO G.

DPUD'2007 - 11th International conference on diffuse pollution, August 26-31, 2007, Belo Horizonte, BRA, 8 p.

Early-age cracking of a thin mortar layer: coupling between hydration and drying

MONGE J., LAMOUR V., MORANVILLE M., GILLIOT C.
ECCOMAS Thematic conference on multi-scale computational methods for solids and fluids, November 28-29, 2007, Cachan, FRA, 8 p.

Assessment of dangerous substances release from construction products to environment

SCHIOPU N., JAYR E., MEHU J., MOSZKOWICZ P.
ESS2007 Conference "Environment: Survival and Sustainability", February 19-24, 2007, Nicosia, CYP, 10 p.

Conséquences de la carbonatation d'un mortier avec adjuvant organique sur sa microstructure et sa stabilité dimensionnelle

CAUCHOIS A., RUOT B., TURCY P., PMIKINE-METALSSI O., AIT-MOKHTAR A.
Geodim'08 - Variations Dimensionnelles des Géomatériaux, 3-4 avril 2008, Saint Nazaire, FRA, 12 p.

Impact of cellulose ethers on the C3S hydration

POURCHEZ J., GROSSEAU P., GUILHOT B., GUYONNET J.F, RUOT B.
ICCC 2007, 12th International congress on the chemistry of cement, July 9-13, 2007, Montréal, CAN, 8 p.

Analysis of the parameters relevant for metal runoff estimation from zinc roofing - a test bed approach in Paris conurbation

ROBERT-SAINTE P., GROMAIRE M.C, SAAD M., CHEBBO G., DE GOUVELLO B.
ICC 2008, 17th International Corrosion Congress "Corrosion Control in the Service of Society", 6-8 October, 2008, Las Vegas, NV, USA, 12 p.

A "One system approach" to global chinese urban growth: a prototype of eco neighborhood in Shanghai

SALAT S., NOWACKI C.
Joint Hong Kong and Tianjin Conference for Sustainable Building, October 23-24, 2009, Yianjin, CHN, 11 p.

Typologie des matériaux de couverture et évaluation de leur potentiel polluant

ROBERT P., GROMAIRE M.C, DE GOUVELLO B., CHEBBO G.
NOVATECH 2007 - 6e conférence internationale sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie, 25-28 juin 2007, Lyon, FRA, 8 p.

Une approche prospective de la diffusion des pratiques d'utilisation de l'eau de pluie en Ile-de-France

BELMEZITI A., DE GOUVELLO B.
Novatech 2010, 27 juin-1er juillet 2010, Lyon, FRA, 10 p.

Élaboration d'un outil d'aide au dimensionnement de cuves de récupération adapté au contexte méditerranéen

DE GOUVELLO B., DE LONGVILLIERS S., RIVRON C., MULLER C., LENOIR P.
Novatech 2010, 27 juin-1er juillet 2010, Lyon, FRA, 10 p.

Perception de l'utilisation de l'eau de pluie dans les bâtiments publics : comparaison entre deux études de cas en France et au Brésil

SEIDL M., DE GOUVELLO B., NASCIMENTO N.
Novatech 2010, 27 juin-1er juillet 2010, Lyon, FRA, 10 p.

Impact de l'utilisation de l'eau de pluie sur les réseaux d'assainissement d'un lotissement en France

DE GOUVELLO B., GIRES A.
Novatech 2010, 27 juin-1er juillet 2010, Lyon, FRA, 10 p.

Efficacité de la récupération des eaux de pluie dans la réduction des débordements de réseaux. Le cas du "Village Parisien" à Champigny sur Marne (Ile de France)

PETRUCCI G., DEROUBAIX J-F., BOMPARD P., DEUTSCH J-C., DE GOUVELLO B., LAFFRECHINE K., TASSIN B.
Novatech 2010, 27 juin-1er juillet 2010, Lyon, FRA, 10 p.

Emissions de plomb et de zinc par le ruissellement des matériaux de toiture Une tentative de modélisation et de bilan à l'échelle d'un petit bassin versant urbain

GROMAIRE M.C., ROBERT-SAINTE P., BRESSY A., SAAD M., DE GOUVELLO B., CHEBBO G.
Novatech 2010, 27 juin-1er juillet 2010, Lyon, FRA, 10 p.

Bilan hydrique des toitures végétalisées : vers de meilleures compréhension et modélisation

BERTHIER E., DE GOUVELLO B., ARCHAMBAULT F., GALLIS D.
Novatech 2010, 27 juin-1er juillet 2010, Lyon, FRA, 10 p.

Water transport in freshly-mixed mortars containing cellulose ethers

RUOT B., PATURAL L., GROSSEAU P., GOVIN A.
Orgagec'08 Third European Symposium, "Matériaux organiques pour la construction : performances techniques et environnementales", August 27-29, 2008, Marne La Vallée, FRA, 14 p.

Formulation of a synthetic greywater to evaluate the performances of on-site greywater recycling technologies

HOURLIER F., MASSE A., JAOUEN P., LAKEL A., GERENTE C., FAU C., LE CLOIREC P.
Proceedings of CIB W062 35th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings, September 7-9, 2009, Düsseldorf, DEU, 13 p.

Local environmental impact assessment of construction products

SCHIOPU N., BARNA L., JAYR E., MEHU J., MOSZKOWICZ P.

Proceedings of SB08, World Sustainable Building Conference, September 21-25, 2008, Melbourne, AUS, 8 p.

Physical treatment of water in buildings

DERRIEN F.
Proceedings of the 34th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings, September 8-10, 2008, Hong Kong, CHN, p. 151-163

Grey water reuse in buildings

DERRIEN F.
Proceedings of the 33th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings, September 19-21, 2007, Brno, TCH, p. 187-198

Environmental impact of construction products: leaching behaviour during service life

SCHIOPU N., JAYR E., MEHU J., MOSZKOWICZ P.
Proceedings of the CIB World Building Congress 2007 "Construction for Development", May 14-18, 2007, Cape Town, ZAF, p. 2471-2483

Using the French EPDs to compare and to choose building products

LEMAIRE S., CHEVALIER J., GUARRACINO G., HUMBERT H.
Proceedings of the CIB World Building Congress 2007 "Construction for Development", May 14-18, 2007, Cape Town, ZAF, p. 1339-1351

Membrane process treatment for greywater recycling: investigations on direct tubular nanofiltration

HOURLIER F., MASSE A., JAOUEN P., LAKEL A., GERENTE C., FAU C., LE CLOIREC P.
REUSE09, 7th IWA world congress on water reclamation and reuse, September 21-25, 2009, Brisbane, AUS, 8 p.

Integrated environmental and health assessment of construction products and buildings: French context

CHEVALIER J., SCHIOPU N., LEBERT A., CHEVALIER J.L.

SASBE2009, 3rd CIB International Conference on Smart and Sustainable Built Environments, "Smart buildings in a changing climate", June 15-19, 2009, Delft, NLD, 6 p.

Quantification and kinetic modelling of the colonisation of façade rendering mortars by algae

RUOT B., BARBEROUSSE H.
VII SBTA - 7e Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas, May 1-4, 2007, Recife, BRA, 13 p.

Some aspects of cellulose ethers and latexes influence on the properties of cement-based materials: examples of results obtained within the CEReM

RUOT B., GOTO T., POURCHEZ J.
VII SBTA - 7e Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas, May 1-4, 2007, Recife, BRA, 19 p.

On line services to monitor the HQE construction operations

MAISSA S., VINOT B.
Zarli A., Scherer R. (Eds.), eWork and eBusiness in architecture, engineering and construction: ECPPM 2008, September 10-12, 2008, Sophia-Antipolis, FRA, Taylor & Francis, 2009, p. 477-483

∞ *Autres communications*

Salissures de façades (SALIFA)

FLORI J.P., SACRE C.
Programme PRIMEQUAL-PREDIT, Colloque de restitution "Qualité de l'air et particules. Impact sur environnement et santé. Que préconiser pour demain ?", 2-3 octobre 2007, Rouen, FRA, 5 p.

Ouvrages-Guides

Pour des bâtiments durables : guide et outils de programmation

RIVOIRE J. (coord.), avec la collab. de NIBEL S., CUENOT S.
CERTU, Références 102, 2010, 127 p. [ISBN 978-2-11-098914-7]

La gestion durable de l'eau : gérer durablement l'eau dans le bâtiment et sa parcelle
DE GOUVELLO B.

CSTB, Coll. Bâtir le développement durable, 2010, 129 p. [ISBN 978-2-86891-418-7]

Systèmes d'utilisation de l'eau de pluie dans les bâtiments : règles et bonnes pratiques destinées aux installateurs

DE GOUVELLO B. (Coord.)
Direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature-Direction Générale de la Santé, 2009, 19 p.

Récupération et utilisation de l'eau de pluie dans les opérations de construction : retours d'expériences et recommandations

DE GOUVELLO B., NOEUVEGLISE M.
ARENE Ile-de-France-CSTB, avril 2007, 62 p.

Rapports

Analyse du contexte de programmation des zones d'activités économiques
CUENOT S, LLORENTE M.
octobre 2009, 41 p.

Analyse du processus de conception de quelques cas d'études en Rhône-Alpes
CUENOT S, BELZITI D, RAULT F.X.
novembre 2009, 67 p.

Bibliographie sur les procédés des eaux chaudes sanitaires
CROUM I, CORREC O.
décembre 2008, 44 p.

Conception de simulateurs de pluie optimisés : état actuel et principes de réalisation retenus
PALIER P, DELPECH P, VIAU O.
mars 2009, 49 p.

Développement d'une unité de concentration des eaux usées brutes
LAKEL A, BULTEAU G, Aoustin A, CUSSAC C, POSTNIKOFF M.
janvier 2009, 29 p.

Étude de cas en Ile de France : ZAC Pajol, Limeil-Brévannes, Bessancourt
GEORGET S, AUGISEAU V, BELZITI D.
août 2009, 78 p.

Étude de l'acceptabilité des systèmes de récupération et de traitement des eaux de pluie et/ou grises par les propriétaires de maisons individuelles pour des usages domestiques extérieurs et/ou intérieurs

LAFFITTE J.D.
août 2009, 34 p.

Évaluation de l'efficacité des procédés de désinfection anti-légionelles

TROUILHE M-C.
février 2010, 15 p.

Impacts de l'utilisation de l'eau pluviale sur les services d'eau et d'assainissement : présentation de scénarii au niveau d'un pavillon et d'un lotissement
DE GOUVELLO B, DEUTSCH G.
décembre 2008, 15 p.

Légionelles et amibes dans les réseaux d'eau chaude

TROUILHE M-C.
janvier 2010, 32 p.

Modélisation numérique de la pluie battante : étude de sensibilité de la méthode
GUILHOT J. (avec la collab. de POULHAON F, PALIER P.)
décembre 2009, 72 p.

Modélisation numérique de l'impact de la pluie battante sous un auvent : méthodologie et validation

GUILHOT J.
janvier 2009, 38 p.

Pistes opérationnelles pour la réalisation de quartiers durables
CUENOT S, BELZITI D, AUGISEAU V, RAULT F.X.
décembre 2009, 24 p.

Protocole d'évaluation des systèmes d'assainissement non collectif

AFSSET (avec la collab. de LAKEL A.)
janvier 2009, 24 p.

Vieillesse accélérée des filières d'assainissement autonome

LAKEL A.
janvier 2009, 9 p.

SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

Articles

∞ **Publiés dans une revue scientifique à comité de lecture**

La contribution de la recherche à la conception des projets urbains : une action en partenariat avec les bailleurs sociaux

ALLEN B., BONETTI M., LAFORGUE J.D.

Les annales de la recherche urbaine, 104, juin 2008, p. 100-109

Le logement social au temps du néolibéralisme

DESJARDINS X.

Métropoles, 4, décembre 2008, p. 26-45

∞ **Publiés dans une revue technique**

L'influence de la gestion urbaine sur les relations sociales et le développement de la délinquance

BONETTI M.

Pouvoirs locaux, 78, septembre 2008, p. 104-112

Logement social et accessibilité : entretien avec M. Pierre Carli Président du directoire du Groupe Logement Français

DESJARDINS X.

Transports urbains, 113, juin 2008, p. 21-22

Pourquoi des quartiers bien desservis sont-ils considérés comme enclavés ? Un éclairage sur les grands ensembles

DURET H.

Transports urbains, 113, juin 2008, p. 23-26

∞ **Tirés à part**

L'amélioration de la gestion urbaine : un enjeu majeur du développement urbain durable

BONETTI M., BOUVIER J.

avril 2007, 10 p.

Le statut et l'enjeu politique de la gestion urbaine

BONETTI M.

avril 2007, 25 p.

Chronique de la dégradation annoncée des opérations de rénovation urbaine liée au déficit de gestion urbaine

BONETTI M.

avril 2007, 11 p.

Communications

Approche de la diversité sociale dans l'habitat et autonomie des politiques de diversité sociale : réponses aux questions posées par la Halde

ALLEN B.

Conférence de Consensus de la Halde sur la diversité sociale dans l'habitat, 19 juin 2007, La Plaine Saint Denis, FRA, 31 p.

Chapitres d'ouvrage collectif

Formes urbaines et modes d'habiter dans l'habitat individuel dense : intimité, rapport à l'autre et individuation

ALLEN B., BONETTI M.,

DESJARDINS X., DURET H.,

LAFORGUE J.D.

Bebdimerad S. (dir.) Habitat pluriel : densité, urbanité, intimité, PUCA, Recherche 199, 2010, p.57-70 [ISBN 978-2-11-097035-0]

La construction durable

BOUGRAIN F., LUTARD S.

Guide "Construire en Chine" (2e éd.), AFEX, Guide export, 2010, p. 27-37 [ISBN 978-2-279-67010-8]

La gestion urbaine, enjeu stratégique de l'amélioration des quartiers

BOUVIER J.

Loche B., Talland C. Quand les quartiers réinventent la ville : les acteurs de la rénovation urbaine, Autrement, 2009, p. 67-70 [ISBN 978-2-7467-1328-4]

L'amélioration de la gestion urbaine : un enjeu pour les maîtres d'ouvrage

BONETTI M.

Loche B., Talland C. Quand les quartiers réinventent la ville : les acteurs de la rénovation urbaine, Autrement, 2009, p. 103-108 [ISBN 978-2-7467-1328-4]

Prendre en compte la singularité de chaque quartier

ALLEN B.

Loche B., Talland C. Quand les quartiers réinventent la ville : les acteurs de la rénovation urbaine, Autrement, 2009, p. 95-100 [ISBN 978-2-7467-1328-4]

Que reste-t-il de la gestion privée de l'eau en Argentine ? Retour sur l'échec des délégations à des consortiums internationaux

DE GOUVELLO B., LENTINI E.,

SCHNEIER-MADANES G.

Schneier-Madanes G. (Ed.) L'eau mondialisée : la gouvernance en question, La Découverte, Recherches, avril 2010, [ISBN 9782707154965]

Ouvrages-Guides

Guide de la démarche de Projets de gestion de site et de la certification "Qualirésidence(s)"

ABDEL SALAM N., BOUVIER J., VAN

STYVENDAEL C.

Union sociale pour l'habitat, Les cahiers d'actualité habitat 116, juillet 2007, 51 p.

Le renouvellement du sens urbain

BONETTI M., SECHET P.,

LAFORGUE J.D.

CSTB, 2007, 227 p.

Rapports

Premiers enseignements à partir de retours d'expériences de la gestion exploitation maintenance de lycées conçus avec des préoccupations de qualité environnementale

CATARINA O. (avec la collab. de CARASSUS J, NIBEL S.)

janvier 2007, 122 p.

Problématique d'analyse générative des processus écologiques et socio-techniques : le développement du

**champignon de la mэрule
organisateur social de la
dэgradation des immeubles à
structure bois**

BONETTI M, HENNO O,
SALAGNAC J.L.
avril 2007, 25 p.

**Recherche exploratoire sur le
fonctionnement social et la
requalification du quartier St.
Martin**

BONETTI M, SATTOLLO R.
janvier 2007, 58 p.

**Recherche exploratoire sur le
fonctionnement social urbain et
la requalification du quartier
Saint Martin : réflexion sur le
développement d'une stratégie
de communication sur les enjeux
et la politique de requalification
du quartier**

BONETTI M, SATTOLLO R.
janvier 2007, 23 p.

**Recherche-action sur les
conditions de vie de familles du
Val d'Oise issues de l'immigration
africaine**

BORDET J, CHAMPAGNE B.
avril 2008, 79 p.

CONGRÈS, COLLOQUES, CONFÉRENCES

**SB11, World Sustainable Building
Conference**, 18 - 21 October, 2011
Helsinki, Finland

Luc BOURDEAU, Jacques
CHEVALIER (membres du comité
scientifique)

**Sustainable Building Towards 0-
impact buildings and
environments**, SB10 Euregional
conference, October 2010,
Maastricht, Heusden-Zolder,
Aachen, Liège
Serge SALAT (membre du comité
scientifique)

**Consortium for Study and
Research on Mortars (CEReM)
Annual Meetings**, CSTB Paris

- 5th Meeting, 13th March
2007
- 6th Meeting, 3rd April 2008
- 7th Meeting, 26th March
2009
- 8th Meeting, 1st June 2010
Bertrand RUOT (organisateur)

**Construction Products
Environmental Assessment**,
séminaire européen, 16 juin 2008,
Lyon
Nicoleta SCHIOPU (organisatrice)

**Analyse socio-urbaine des
opérations d'habitat individuel
dense**, Séminaires de recherche
associant les organismes de
logements sociaux, le PUCA et des
architectes, 6 juin 2007 et 8 juin
2008
Barbara ALLEN (organisatrice)

**Réseaux d'eau à l'intérieur des
bâtiments : qualité et gestion
durable**, Journée technique de
l'ASTEE, 4 mai 2010, Nantes
Olivier CORREC (organisateur)

REVUES

*Animation, relecture occasionnelle
ou régulière d'articles*

**Building Research and
Information**

Luc BOURDEAU (membre du
comité scientifique de la revue),
Sylviane NIBEL (relectrice
occasionnelle), Marc
COLOMBARD-PROUT (relecteur,
expert *referee*)

**Intelligent Buildings International
(INBI)**

Luc BOURDEAU (membre du
comité scientifique de la revue)

**Construction Management and
Economics**

Luc BOURDEAU, Frédéric
BOUGRAIN (relecteurs)

Journal of Applied Microbiology

Marie-Cécile TROUILHE (relectrice)

RÉSEAUX SCIENTIFIQUES

AFSSA - Comité d'experts spécialisé "Eaux"

Olivier CORREC (membre)

ANSES

→ **Comité d'Experts Spécialisés "Eaux et Agents Biologiques"**

Abdel LAKEL (membre)

→ **Groupe d'appui scientifique et technique "Assainissement non collectif"**

Abdel LAKEL (membre)

→ **Groupe de travail "H1N et eaux usées" (2009)**

Abdel LAKEL (membre)

→ **Groupe de travail "Méthodologie pour le traitement des questions d'assainissement des eaux usées"**

Abdel LAKEL (membre)

Association HQE

Jean-Christophe VISIER (membre du CA et du bureau) ; Sylviane NIBEL (participation aux groupes de travail "Aménagement", "Référentiels", "Indicateurs") ; Jacques CHEVALIER (animateur du groupe de travail "Indicateurs Environnementaux")

ASTEE - Association scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement

Abdel LAKEL (animateur du groupe de travail "Assainissement non collectif") ; Bernard de GOUVELLO (animateur du groupe de travail "Récupération et utilisation de l'eau de pluie")

CEReM - Consortium d'Études et de Recherches sur les Mortiers

Bertrand RUOT, Nadège BLANCHARD, Christine GILLIOT (membres)

CIB W062 - Water Supply and Drainage

François DERRIEN (membre)

CIB W069 - Housing Sociology

Michel BONETTI (membre)

CIB W080 - Prediction of Service Life of Building Materials and Components

Jean-Luc CHEVALIER (coordinateur), Julien HANS (membre, coordinateur depuis 2010)

Comité Technique pour l'élaboration du Cadre de référence de la qualité environnementale de la Plaine du Var

Daniela BELZITI (membre)

EPA Plaine du Var - Collège scientifique et technique

Daniela BELZITI (membre)

iiSBE - International Initiative for a Sustainable Built Environment

Sylviane NIBEL (participation), Serge SALAT (animateur de l'"International Initiative for a Sustainable Built Environment" Urban Working group)

MEEDDM - Club EcoQuartiers

Daniela BELZITI (membre du comité scientifique), Vincent AUGISEAU (participation, observation scientifique du groupe de travail "EcoQuartiers en milieu rural")

MEEDDM - Plan "Villes durables" - Commission d'analyse et d'appui

Yann MONTRELAY (représentant EcoQuartier et EcoCité)

R21 (réseau des 21 établissements publics partenaires de l'ANSES)

Dorothée MARCHAND (groupe de travail "Sciences sociales et gouvernance participative"), Abdel LAKEL (participation aux ateliers)

Réseau Eco-entreprises APPEL, groupe de travail "zones d'activités durables" (ZAD)

Sophie CUENOT (participation au groupe de travail sur les zones d'activités durables)

SBA - Sustainable Building Alliance

Carole LE GALL (co-présidence depuis février 2010), Sylviane NIBEL (participation au GT4-Development of harmonized core indicators)

Syntec-Ingénierie - Groupe de travail Carnet de Bord Développement Durable (GT CBDD)

Sylviane NIBEL (participation)

PRIX, DISTINCTIONS

2^e Prix du concours de l'association HQE sur les outils relatifs à la qualité environnementale des bâtiments remporté par l'outil ELODIE (2008)
Emmanuel JAYR, Jacques CHEVALIER

VALORISATION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

BREVETS

Dispositif pour l'épuration des eaux usées

Dispositif d'épuration des eaux usées domestiques par filtration sur granulat de pneu
Inventeurs : Abdel LAKEL, Jacques GANDEMER, Yannick JUHERE
YANNICK, Catherine CLAUZADE
Déposants : CSTB, Maya Group, Aliapur
Brevet FR2924709 publié en 2009

LOGICIELS-OUTILS

ELODIE – Évaluation à l'échelle de l'ouvrage des impacts environnementaux.

Outil d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) qui permet d'évaluer la qualité environnementale d'un bâtiment et les impacts de celui-ci sur l'environnement.

Conçu et développé par le département Energie - Santé - Environnement du CSTB

SYSMEO - SYStème de Management Evolutif

d'Opération. Outil d'aide au management des opérations qui intègre les dimensions environnementales, sociales et économiques du développement durable destiné aux maîtres d'ouvrages et aux chargés d'opérations (prototype, en cours de développement)

Développé par les départements Energie - Santé - Environnement et Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB (Sylviane NIBEL, Sophie CUENOT, Franck ANDRIEUX, Nicolas BUS, Sandrine MAISSA)

ACTIVITÉS DE FORMATION

ACTIVITÉS D'ENCADREMENT

Thèses en cours

Mécanisme d'action des éthers de cellulose sur la rétention d'eau des mortiers aux jeunes âges (2007-2011)

Laëtitia PATURAL

École des Mines de St Etienne (EMSE)

Encadrant CSTB : Bertrand RUOT

Influence des caractéristiques d'un enduit minéral de façade sur son encrassement biologique (2007-2011)

Thu-Hien TRAN

École des Mines de Douai

Encadrant CSTB : Bertrand RUOT

Étude pour la simplification du modèle d'analyse de cycle de vie (ACV) des bâtiments (2007-2011)

École des Mines ParisTech

(ENSMP) - Centre Énergétique et Procédés

Sébastien LASVAUX

Encadrant CSTB : Jacques

CHEVALIER

Effets des conditions environnementales sur les propriétés d'adhérence entre un mortier et son support (2008-2011)

Thomas MAUROUX

Université de la Rochelle -

Laboratoire d'Étude des

Phénomènes de Transfert

Appliqués au Bâtiment (LEPTIAB)

Encadrants CSTB : Agnès

CAUCHOIS, Olivier DEVES

Durabilité de produits innovants de robinetterie en matériaux polymères : dispositif antipollution (2008-2011)

Chaker EL-MAZRY

ENSAM - Laboratoire d'ingénierie des matériaux (LIM)

Encadrant CSTB : Olivier CORREC

Flaveurs et odeurs en réseaux intérieurs : impact des matériaux et conditions d'utilisation (2008-2011)

Université de Rennes - École

Nationale Supérieure de Chimie de Rennes (ENSCR)

Laëtitia MAILLET

Encadrant CSTB : Olivier CORREC

Impact des stratégies d'exploitation des réseaux intérieurs sur la durabilité des matériaux (2009-2011)

Jaime CASTILLO-MONTES

Université de la Rochelle -

Laboratoire d'Études des

Matériaux en Milieux Agressifs (LEMMA)

Encadrant CSTB : Olivier CORREC

Modélisation et simulation des microclimats urbains : impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces extérieurs. Cas des éco-quartiers (2009-2012)

Khaled ATHAMENA

École Centrale de Nantes

Encadrant CSTB : Julien GUILLOT

Le rôle du latex dans le mortier (2009-2012)

Fouzia DHAINI

Université de Bourgogne - École

Supérieure d'Ingénieurs de

REcherche en Matériaux (ESIREM)

Encadrant CSTB : Lucie WIATT

Contribution à l'évaluation de l'impact environnemental du bâtiment à l'échelle locale : méthodes numériques pour l'évaluation des émissions dans l'eau (2009-2012)

Maria-Octavia LUPSEA

INSA Toulouse - École Doctorale

Mécanique, Énergétique, Génie

civil et Procédés (MEGEP)

Encadrant CSTB : Nicoletta

SCHIOPU

Thèses soutenues

Caractérisation des émissions dans l'eau des produits de construction pendant leur vie en oeuvre

Nicoletta SCHIOPU

INSA de Lyon, 2007

Encadrant CSTB : Emmanuel JAYR

(président du jury)

Méthode et outils de diagnostic pour l'aide à la décision : application à la création de Zones d'Activités Economiques dans une optique de développement durable

Sana SIDI-BOUMEDINE-BOIGELOT

Université de Valenciennes, 2007

Encadrants CSTB : Sylviane NIBEL

(examineur), Daniel BELZITI

Influence du biofilm sur les performances des systèmes de traitement par infiltration dans le sol : application à

l'assainissement non collectif

Sylvaine CHABAUD

Université de Nantes, Faculté des

sciences et techniques, 2007

Encadrant CSTB : Abdel LAKEL

(examineur)

Fissuration des mortiers en couches minces : effets de l'hydratation, du séchage et de la carbonation

Jérémy MONGE

ENS Cachan, 2007

Encadrant CSTB : Bertrand RUOT

Les interactions mortier-support : éléments déterminants des performances et de l'adhérence du mortier

Pierre NICOT

INSA Toulouse - Laboratoire

Matériaux et Durabilité des

Constructions (LMDC), 2008

Encadrant CSTB : Bertrand RUOT

Contribution des matériaux de couvertures à la contamination métallique des eaux pluviales urbaines.

Pauline ROBERT

École des Ponts ParisTech (ENPC) -

Centre d'enseignement et de

recherche Eau, Ville et

Environnement (CEREVE), 2008

Encadrant CSTB : Bernard de

GOUVELLO

Épuration tertiaire des germes microbiens des effluents traités par filtrations membranaires en vue de leur réutilisation.

Fanny HOURLIER

École des Mines de Nantes -

Laboratoire GENie des Procédés -

Environnement - Agroalimentaire

(GEPEA), 2010

Encadrant CSTB : Abdel LAKEL

Post-doctorats

Produits à base de matières premières d'origine végétale et animale : inventaire documenté et conditions d'intégration dans les ouvrages de construction
(2007-2008)
Nicoleta SCHIOPU
Encadrant CSTB : Emmanuel JAYR

Accueil d'étudiants (stagiaires de niveau bac+5)

Comparaison des approches numérique et expérimentale de l'impact de la pluie battante sur un auvent
DE COURSEULLES E.
Master de physique modélisation et simulation, Université de Nantes, 2007

Influence des phénomènes d'adsorption sur les propriétés mécaniques des pâtes ciment/latex
BOURLON A.
Master Sciences des Matériaux et des nano-objets, Paris VI - Université Pierre et Marie Curie, 2007

Mode d'action des éthers de cellulose sur les mouvements d'eau au sein des mortiers à l'état frais
PATURAL L.
Master Recherche matériaux et génie des procédés, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2007

Simulation numérique d'écoulements atmosphériques stratifiés
BALLAROTA M.
École d'Ingénieurs en Modélisation Mathématique et Mécanique, 2007

Participation à des jurys académiques

INSA Lyon - Master 2 et 5e année ingénieur, Génie Civil et Urbanisme
Emmanuel JAYR, Nicoleta SCHIOPU (membres du jury)

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT**Cours**

Analyse de cycle de vie : théorie et utilisation industrielle
Jacques CHEVALIER
INSA Lyon, Formation d'ingénieur - 2007-2008 (30h/an) ; Master - 2007-2010 (9h/an)

Evaluer la qualité environnementale des bâtiments
Alexandra LEBERT
Arts et Métiers ParisTech (ENSAM), Master Construction et habitat durables
2009-2010 (3h/an)

Elodie : outil d'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments
Alexandra LEBERT
École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE), Formation Constructions responsables
2010 (3h)

Caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction
Nicoleta SCHIOPU
École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE), 1ere année
2010 (6h)

Energie et bâtiment
Alexandra LEBERT
INSA Lyon, Master Management de l'Environnement et de la Sécurité Industriels (MSME)
2009 (3h)-2010 (6h)

Évaluation environnementale des bâtiments et des projets urbains
Sylviane NIBEL, Daniela BELZITI, Vincent AUGISEAU
Institut Français d'Urbanisme (IFU), Master Urbanisme, Aménagement et Transports
2010-2011 (20h)

Démarche HQE et systèmes de certification environnementale des bâtiments
Sylviane NIBEL
Institut Français d'Urbanisme (IFU), Master Urbanisme, Aménagement et Transports
Avril 2010 (une demie j)

Actions du CSTB autour du développement durable urbain
Vincent AUGISEAU
Université Paris Ouest –Nanterre (UP10), Master 2 Géographie et aménagement, Spécialité Aménagement, urbanisme et durabilité des territoires, cours Développement durable et Environnement
Décembre 2009 (3h)

Outils et méthodes pour les projets de quartiers durables
Vincent AUGISEAU
École Spéciale des Travaux Publics, du Bâtiment et de l'Industrie (ESTP), Chaire Aménagement et Construction Durables, module Ville et quartier durables
Décembre 2010 (3h)

L'enjeu du fonctionnement social urbain dans la conception des projets de développement urbain
Michel BONETTI
ENTPE - École Nationale des Travaux Publics de l'État, Master développement durable
2010 (1j)

Assainissement des eaux usées
Abdel LAKEL
Faculté des sciences de Nantes, Cours de géologie
2007-2010 (15h/an)

Eau et assainissement dans les pays en développement
Bernard de GOUVELLO
École des Ponts ParisTech, Master Sciences et Génie de l'Environnement, spécialité Systèmes Aquatiques et Gestion de l'eau
(6h/an)

Gestion durable de l'eau dans le bâtiment
Bernard de GOUVELLO
Université Paris-Est Marne-La-Vallée, Master Génie Urbain spécialité Développement Urbain Durable
(9h/an)

Formation professionnelle

Cycle de l'eau

Réhabiliter un assainissement autonome

Coordinateur : Abdel LAKEL
FPC CSTB, 2007 (2x2 j)

Assainissement autonome : évolutions réglementaires et normatives

Coordinateur : Abdel LAKEL
FPC CSTB, 2008 (2j)

Démarche HQE® : gestion de l'eau

Coordination : Bernard de GOUVELLO
FPC CSTB, 2008-2010 (2x2j/an)

Qualité des réseaux d'eau : maîtriser les risques légionelles et pseudomonas

Coordination : Olivier CORREC,
Intervention d'Alexandra Mienne
(une demie j)
FPC CSTB, 2008-2010 (2x2j/an)

Qualité environnementale des bâtiments

Les fondamentaux de la démarche HQE®

Coordination : Sylviane NIBEL
FPC CSTB, 2003-2010 (4 à 6x2j/an)

Rénovation des gares et qualité environnementale

Coordination : Sylviane Nibel
Formation à destination des ingénieurs et architectes d'AREP (Aménagement Recherche Pôles d'échanges, agence des gares), 2008 (2j)

Développement durable et logement social

Sylviane NIBEL
Formation à destination du personnel cadre du bailleur social le Toit Angevin, 2007 (1j)

Construction et Développement Durable : les référentiels et outils existants – Ateliers pratiques autour de l'outil CBDD, carnet de bord DD

Sylviane NIBEL
Syntec-Ingénierie, 2009-2010 (1j/an)

Démarche HQE et systèmes de certification environnementale des bâtiments

Sylviane NIBEL
Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) - Formation à destination de responsables chinois, 2007-2008 (une demie j.)

Démarche HQE et systèmes de certification environnementale des bâtiments

Sylviane NIBEL
Industrial Research Institute (IRI) - Formation à destination d'une délégation de responsables libanais, 2010 (une demie j.)

Démarche HQE et systèmes de certification environnementale des bâtiments

Sylviane NIBEL
Ubifrance - Formation à destination des agents travaillant à l'export, 2010 (une demie j.)

Labels et certifications existants en matière de construction & développement en aménagement

Sylviane NIBEL
Ponts Formation Edition - Intervention dans le cadre de la formation "Développements et expérimentations en aménagement autour de la démarche HQE®" 2009 (une demie j.)

Pathologie, entretien et rénovation des façades : pierre, brique, béton

Coordination : Bertrand RUOT
FPC CSTB, 2007-2010 (2x2j/an)

Évaluation des performances environnementales des bâtiments - L'outil ELODIE

Coordination : Jacques CHEVALIER,
intervention d'Alexandra LEBERT
FPC CSTB, 2009-2010 (6x1j/an)

Conception et conduite de projets urbains

Analyse du fonctionnement social urbain des quartiers en renouvellement urbain (Lille)

Barbara ALLEN
Formation-action à destination des chargés de mission de la DDE du Nord, 2007 (2x2j)

Formation-sur la gestion urbaine de proximité

Barbara ALLEN
Formation à destination des directeurs des pôles de proximité de Nantes Métropole, 2007 (1j)

Les observatoires de l'habitat

Barbara ALLEN
Communauté d'Agglomération du Val de Seine - Formation à destination des élus, organismes de logements sociaux, aménageurs, 2007 (1j)

Enjeu de l'amélioration du fonctionnement social d'un site à travers l'adaptation de la gestion urbaine

Barbara ALLEN
Institut de Formation de la Maîtrise d'Ouvrage-École de la Gestion Urbaine des Quartiers (IFMO-EGUQ), 2008-2009 (1+2 j)

Gestion urbaine de proximité

Barbara ALLEN
Institut de Formation de la Maîtrise d'Ouvrage-École de la Rénovation urbaine (IFMO-ERU), 2009 (1j)

Aménagement durable : des éco-quartiers à la ville durable

Barbara ALLEN
Centre de valorisation des ressources humaines (CVRH) d'Arras - Formation à destination des DTAM, élus, CETE..., 2010 (1j)

Gestion urbaine et sociale de proximité

Barbara ALLEN (14 j.), Jean BOUVIER (25 j.), Hervé DURET (5j.)
Préfecture des Bouches du Rhône - Formation-Action à destination des responsables des organisations engagées dans la gestion urbaine de proximité, 2009-2010

Enjeux, méthodes et outils de la gestion urbaine de proximité

Barbara ALLEN (3 j.), Jean BOUVIER (9 j.), Hervé DURET (1j), Mélanie TUAL (1j)
Communauté d'agglomération Plaine Commune (93) - Formation à destination des responsables de la gestion urbaine de proximité, 2009-2010

Mieux comprendre les enjeux de la gestion urbaine pour rendre les démarches de GUP plus efficaces

Jean BOUVIER, Barbara ALLEN
Agence nationale pour la cohésion sociale et l'égalité des chances (Acisé) - Formation à destination de la direction et des chargés de mission, 2009-2010 (6j)

Enjeux, outils et méthode de la gestion urbaine de proximité

Barbara ALLEN, Hervé DURET
École de la Gestion Urbaine des Quartiers (EGUQ), 2010 (2j)

Conception urbaine et conduite de projet d'un quartier durable : concertation des acteurs, méthodes et évaluation

Coordination : Michel BONETTI, intervention de Vincent AUGISEAU (Outils et méthodes pour les projets de quartiers durables) FPC CSTB, 2010 (2x2j)

Fonctionnement social urbain des quartiers : rôles et conceptions de la gestion urbaine

Hervé DURET
École de la Gestion Urbaine des Quartiers (EGUQ), 2010 (2j)

Enjeux de la gestion urbaine de proximité, adaptation des modes d'organisation, élaboration et conduite d'un projet de gestion urbaine

Jean BOUVIER
École de la Gestion Urbaine des Quartiers (EGUQ), 2008-2010 (5x2j)

Mise en œuvre de projets de gestion de site

Jean BOUVIER
Silène (OPH de St Nazaire - 44) - Formation à destination des responsables de projet, 2008 (3j)

Gestion urbaine de proximité et projets de gestion de site

Jean BOUVIER
OPH du Grand Lyon (69) - Formation à destination des cadres et techniciens de gestion, 2009 (2j)

Gestion urbaine d'un quartier en cours de rénovation urbaine

Jean BOUVIER
Formation à destination des responsables de proximité des

organisations partenaires de la gestion urbaine sur l'agglomération grenobloise, 2010 (2j)

Adaptation des politiques d'attribution en fonction de la dynamique résidentielle des quartiers

Michel BONETTI
Séminaire de formation pour les chargés de gestion locative de l'OPAC de l'Ain, 2007 (2j)

Conduite des projets de gestion de site

Michel BONETTI
Formation-action à destination des Responsables de gestion de secteurs de l'OPAC Habitat Marseille Provence, 2007 (12j)

L'élaboration de stratégies différenciées d'adaptation de la gestion des quartiers

Michel BONETTI
Séminaire à destination des cadres dirigeants de l'OPAC Habitat Marseille Provence (2j)

Méthodes d'évaluation des projets de gestion de sites

Michel BONETTI
Séminaire à destination des cadres dirigeants de l'OPAC Habitat Marseille Provence (2j)

Programmation des zones d'activités durable

Michel BONETTI
Formation-action à destination des responsables de projet de l'Agence Foncière et Technique de la Région Parisienne (AFPTR), 2007 (12j)

Analyse du fonctionnement social urbain des quartiers en renouvellement urbain (Lille)

Michel BONETTI
Formation-action à destination des Chargés de mission renouvellement urbain de la DDE du Nord, 2007 (5j)

Stratégies d'amélioration de la sécurité urbaine à travers la gestion urbaine

Michel BONETTI
École de la Rénovation Urbaine, 2009-2010 (2x2j/an)

L'impact de la gestion urbaine sur la sécurité

Michel BONETTI
Séminaire de la Direction générale de la Police Nationale (DGPN), 2009 (1j)

Les démarches de prévention situationnelle de la sécurité urbaine

Michel BONETTI
École nationale d'application des cadres territoriaux (ENACT) - Formation des commissaires de polices municipaux, 2010 (2j)

La conduite des projets de gestion urbaine durable

Michel BONETTI
Ponts Formation Edition - Intervention au cours de la formation "Gestion urbaine de proximité et gestion urbaine durable : approche stratégique, acteurs, outils", 2010 (2h)

Projet de gestion urbaine : construction du diagnostic, analyse du fonctionnement social du site

Michel BONETTI, Barbara ALLEN
École de la Rénovation Urbaine, 2007-2008 (3x2j/an)

PARTENARIATS

CONVENTIONS, ACCORDS- CADRE DE PARTENARIATS

ENPC-Leesu - École des Ponts ParisTech, Laboratoire Eau, Environnement et Systèmes Urbains

Partenariat de recherche sur le thème « Eau, bâtiment et développement durable » (convention EAUBADD) comprenant la mise à disposition chercheur du CSTB au sein du LEESU (ex-CEREVE) depuis janvier 2007.

ADEME - Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

Accord-cadre de coopération centré sur les domaines de la lutte contre le changement climatique et du développement durable à l'échelle du bâtiment et de la ville. En complément des travaux scientifiques et technologiques, le CSTB contribue aux réflexions d'ordre économique et institutionnel et à celles concernant l'organisation des acteurs et les processus de décision.

COLLABORATIONS AUTOUR DE PROJETS DE RECHERCHE

Partenaires académiques

École des Mines de Nantes

EMSE - École des Mines de Saint- Etienne

ENSCR - École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes

ENSMP - École des Mines ParisTech

ENTPE - École Nationale des Travaux Publics de l'État

IFU - Institut Français d'Urbanisme

INSA Toulouse

KIT - Karlsruher Instituts für Technologie (Forschungszentrum Karlsruhe GmbH) (Allemagne)

LMDC - Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions, EA 3027, INSA Toulouse - Université Paul Sabatier

Université de Poitiers

UTC-GSU - Département Génie des systèmes urbains, Université de technologie de Compiègne

Agences et opérateurs de recherche publics

ADEME - Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

LCPC - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

TSUS - Building Testing and Research Institute (Slovaquie)

Centres de recherche industriels - Laboratoires privés

Anjou Recherche (Véolia)

BRE - Building Research Establishment

CIRSEE - Centre International de Recherche Sur l'Eau et l'Environnement (Suez Environnement)

Lafarge LCR - Centre de Recherche de Lafarge

CSTC - Centre Scientifique et Technique de la Construction (Belgique)

Industriels

Ashland

BASF

BKG Water Solutions

Bouygues Construction

CTG Italcementi (Italie)

Dalkia

Eiffage Construction

Elotex

Grace Produits de Construction

Hexion

Lhoist

Omya

SE Tylose

Sibelco

STX Europe

Suez Environnement

VERI - Veolia Environnement Recherche et Innovation

Vinci

Wacker

Wirquin plastiques

Maîtrise d'œuvre-Ingénierie

IMBE - Institut méditerranéen du bâtiment et de l'environnement

Jean-Didier Laforgue

SOGREAH

Maîtrise d'ouvrage-Acteurs territoriaux

CAUE 38 - Conseil d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement de l'Isère

CG06 - Conseil Général des Alpes- Maritimes

EPA Plaine du Var - Etablissement public d'aménagement de la Plaine du Var

Ville de Grenoble

Centres techniques

CETIM - Centre technique des industries mécaniques

CTMNC - Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction

FCBA - Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement

Organisation professionnelle

SNMI - Syndicat National des Mortiers Industriels

ACCUEIL DE DOCTORANTS, CHERCHEURS, ÉTUDIANTS

CIRSEE - Centre International de Recherche Sur l'Eau et l'Environnement (Suez Environnement)

EMSE - École des Mines de Saint-Etienne

ENPC-Leesu - École des Ponts ParisTech, Laboratoire Eau, Environnement et Systèmes Urbains

ENSCR - École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes

ENSMP - École des Mines ParisTech

GEPEA - Laboratoire Génie des Procédés - Environnement - Agroalimentaire, UMR CNRS 6144, Université de Nantes, École des Mines de Nantes, ENITIAA

INSA Toulouse

IUG - Institut d'Urbanisme de Grenoble

LMDC - Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions, EA 3027, INSA Toulouse - Université Paul Sabatier

LMT Cachan - Laboratoire Matériaux et technologies, ENS Cachan

PIMM - Laboratoire des Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux, UMR 8006, Arts et Métiers ParisTech, CER de Paris

Polytech' Savoie

UMLV - Université Paris Est Marne-la-Vallée

Università degli Studi di Genova, Facoltà di Ingegneria (Italie)

Université de La Rochelle-LEMMA - Laboratoire d'Études des Matériaux en Milieux Agressifs, EA 3167

Université de La Rochelle-LEPTIAB - Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert et de l'Instantanéité : Agro-industrie et Bâtiment, EA 4226

UTC-GSU - Département Génie des Systèmes Urbains, Université de Technologie de Compiègne

SOUTIEN AUX POLITIQUES PUBLIQUES

ÉVALUATION DE PROGRAMMES ET PROJETS DE RECHERCHE

Biennale de l'habitat durable - Prix de l'habitat durable (2008)
Sophie CUENOT (participation à la commission technique)

Cité Descartes - Projet XXL - Expertise des projets et évaluation de leur qualité environnementale (2008-2009)
Sylviane NIBEL (membre, évaluatrice de la Commission Technique du concours)

MEEDDM - Palmarès EcoQuartiers 2009 du plan Villes durables
Vincent AUGISEAU (secrétaire du comité scientifique)

Région Rhône-Alpes - Programme "Politique de la Ville"
Michel BONETTI (président du comité d'évaluation)

PARTICIPATION À L'EXPERTISE PUBLIQUE

ASTEE
Proposition de protocole d'évaluation des procédés d'épuration des eaux usées des maisons individuelles (charge organique < 1,2 kg DBO5) (2008)
Abdel LAKEL (animateur du GT de l'ASTEE)

ADEME
Groupe de travail pour l'élaboration du guide "Prévenir et gérer les déchets de chantier" (2007-2008)
Emmanuel JAYR

AFSSA
→ Demande d'avis sur l'innocuité sanitaire de fluides caloporteurs pouvant être utilisés dans les installations de traitement thermique des eaux destinées à la consommation humaine fonctionnant en simple échange (2009)
Olivier CORREC

→ Demande d'avis relatif à l'autorisation exceptionnelle d'utiliser, pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, l'eau brute de prises d'eau ou de captages dépassant la limite de qualité réglementaire pour certains paramètres chimiques (2009)
Olivier CORREC

→ Demande d'avis relatif aux preuves d'innocuité et d'efficacité de produits ou procédé de traitement pour la désinfection d'eau destinée à la consommation humaine (2009)
Olivier CORREC

AFSSET
→ Saisine relative au virus Influenza pandémique A (H1N1) : évaluation du risque sanitaire pour les travailleurs de l'assainissement des eaux usées (2009)
Abdel LAKEL

→ Saisine relative à l'élaboration d'un protocole d'évaluation pour les nouveaux dispositifs de traitement d'assainissement non collectif en vue de leur agrément par les ministères en charge de l'environnement et de la santé (2007-2009)
Abdel LAKEL

→ Saisine relative à l'évaluation des risques sanitaires liés aux baignades artificielles (2006-2009)
Abdel LAKEL

→ Analyse de l'impact sanitaire et environnementale de la station d'épuration de KERRAN (Morbihan) de capacité de 15 000 équivalent-habitants (dans le cadre de la demande d'autorisation de réalisation des travaux et de rejet au milieu naturel) (2008)
Abdel LAKEL

MEEDDM
→ Groupe de travail chargé d'identifier les obstacles au développement économique de la filière "produits de construction et matériaux bio-sourcés" 2010
Emmanuel JAYR

→ Groupe de travail "Label bâtiment bio-sourcé" (2008-2009)
Emmanuel JAYR

→ Groupe de travail "Bois construction" (2008-2009)
Emmanuel JAYR

MEEDDM - DHUP
→ Expertise et analyse critique des règles professionnelles pour la filière "construction en paille" (Cahier des Clauses Techniques) (2008-2009)
Emmanuel JAYR

→ Formation et accompagnement des CETE dans le cadre du programme BPDD (Bonnes pratiques du développement durable), co-piloté par la DHUP-QC, le PUCA et le CERTU, en vue de leur campagne d'évaluation (2006-2009)
Sylviane NIBEL

→ ELODIE (logiciel d'analyse de cycle de vie des bâtiments) : esquisse d'un module public pour les stades (2009)
Alexandra LEBERT

→ Toitures végétalisées (2010)
Bernard de GOUVELLO

→ Étiquetage et affichage des caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : Gestion et amélioration de la base INIES ; Consolidation des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire des produits de construction (FDES) (2008-2010)
Jacques CHEVALIER

→ Élaboration d'un outil de prévision des consommations d'eau des bâtiments (2008)
Jacques CHEVALIER

→ Étude de faisabilité d'une cotation environnementale des bâtiments (2008)
Jacques CHEVALIER

→ Étude des contributions à l'analyse cycle de vie (ACV) des produits de construction (logistique et étapes du cycle de vie) (2009)
Jacques CHEVALIER

→ Suivi des travaux de normalisation sur le développement durable dans la construction (2010)
Jacques CHEVALIER

→ Mise en place d'un label Haute Qualité Énergétique et Environnementale (HQEE) (2009-2010)
Jacques CHEVALIER, Julien HANS

MEEDDM - Grenelle de l'Environnement
Comité opérationnel n°1
"Bâtiments neufs publics et privés"
Alain MAUGARD (pilote)

AIDE À L'ÉLABORATION DE LA RÈGLEMENTATION

MEEDDM
Aide à la rédaction du décret et de l'arrêté sur les déclarations environnementales des produits de construction et de décoration (2009-2010)
Jacques CHEVALIER

CONTRIBUTION AU DÉBAT PUBLIC

Atelier Écomatériaux
9ème rencontres du réseau espaces infos énergie, ADEME, Angers (6 juin 2008)
Jacques CHEVALIER

Plate-forme affichage environnementale des produits de grande consommation
ADEME/AFNOR, plusieurs dates en 2009
Jacques CHEVALIER

Biennale de l'habitat durable
Ville de Grenoble (mai 2010)
Julien HANS

Intervention dans les ateliers d'Urbanisme de Massy Palaiseau sur l'habitat intermédiaire et la densité
(septembre 2008)
Barbara ALLEN

Intervention dans les ateliers d'Urbanisme de la ville de St Herblain sur l'habitat individuel dense
(12 octobre 2009)
Barbara ALLEN

Co-animation de l'atelier "La gestion urbaine de proximité pour des investissements durables"
Forums Régionaux des Acteurs de la Rénovation Urbaine (FRARU) organisés en région par l'ANRU en 2008 (Lorient, Orléans, Bordeaux, Boulogne, Reims, Mulhouse)
Michel BONETTI

INFORMATION

INIES - Base de données nationale de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction (<http://www.inies.fr/>)
Nouveau site, redéveloppé en 2010 par le département Énergie - Santé - Environnement du CSTB



2 | Bâtiment propre et efficace

- > BÂTIMENTS À ÉNERGIE POSITIVE
- > MODERNISATION DURABLE DE L'EXISTANT

> BÂTIMENTS À ÉNERGIE POSITIVE

Édito

Sophie MOREAU | Responsable du programme 2007-2008

Thierry GUIOT | Responsable du programme 2009-2010 | thierry.guiot@cstb.fr

Dans un contexte général marqué par la montée des préoccupations environnementales, il devient indispensable, pour répondre aux enjeux du développement durable, d'associer le "construire mieux" au "construire plus". En France, la réglementation thermique (RT) 2012 prévoit que les bâtiments neufs devront répondre aux exigences de basse consommation (BBC) dès 2012, et être à énergie positive à l'horizon 2020, afin de satisfaire aux objectifs définis par le Grenelle de l'environnement.

Alors que la performance énergétique des bâtiments n'était pas de facto un domaine dans lequel la France était en avance, notamment en comparaison de certains de ses voisins (Allemagne, Suisse), ces nouvelles exigences vont avoir un impact important sur l'ensemble de la filière bâtiment.

Principal soutien technique du ministère pour élaborer la réglementation et produire les méthodes de calcul et les coeurs de calcul des logiciels permettant de les appliquer, le CSTB a ainsi assuré la maîtrise d'œuvre technique de la RT 2012. Ces travaux, réalisés en support aux pouvoirs publics, apparaissent comme le mode de valorisation majeur de la recherche systémique menée par le CSTB en matière d'énergie dans le bâtiment neuf.

Le bâtiment neuf, objet du programme de recherche "Bâtiments à énergie positive" (BEPOS), ne représente certes qu'une part minoritaire du parc, le flux global étant de l'ordre de 1 %, soit environ 350 000 logements et 350 000 constructions hors logement par an. Il constitue néanmoins un enjeu majeur de R&D dans la mesure où il prépare, à long terme, la constitution d'un parc de bâtiments vertueux. Il permet également, par la mise en œuvre et l'intégration de nouvelles technologies et systèmes, de préfigurer ceux qui pourront être appliqués à la rénovation, dans un contexte où le jeu d'acteurs reste plus simple que dans l'existant.

La recherche menée depuis 2007 dans le programme BEPOS vise à préparer la généralisation en 2020 des bâtiments à énergie positive. C'est dans ce but que les équipes de recherche du CSTB se sont mobilisées pour coconstruire, avec les acteurs du réseau scientifique et technique et ceux de la filière construction, les outils, méthodes et technologies à même de relever les défis posés par ces futurs bâtiments.

Sommaire

BILAN QUALITATIF	92
Axes et actions de recherche	94
1. Approche système	94
2. Briques technologiques	96
2.1 Composants d'enveloppes	96
2.2 Composants actifs consommateurs – ou producteurs – d'énergie	98
3. Support socio-économique	101
Contributeurs	102
BILAN QUANTITATIF	103

BILAN QUALITATIF

Depuis 2007, un travail de fond a porté sur le positionnement de l'approche française en matière de BEPOS par rapport à celles d'autres pays (cf. projet **Benchmark BEPOS**). Les travaux ont notamment porté sur la structuration de la recherche sur les BEPOS dans le cadre d'un groupe de travail du PREBAT (Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans le bâtiment), animé par le CSTB, et rassemblant le CNRS, l'université de Lille, des architectes, l'ADEME et le ministère en charge de l'Écologie et du Développement durable. Ces travaux ont notamment abouti à une définition orientée R&D des BEPOS : *« Un bâtiment ou un site est à énergie positive s'il consomme peu d'énergie et si l'énergie produite sur le site, grâce aux énergies renouvelables, est supérieure à celle consommée (tous usages confondus) en moyenne sur l'année. Les bâtiments à énergie positive doivent permettre par leur qualité architecturale une intégration harmonieuse dans la ville. Ils doivent fournir aux utilisateurs un environnement intérieur sûr, sain et confortable et faciliter des comportements écoresponsables. Enfin pour que des bâtiments à énergie positive contribuent à la sobriété énergétique globale, ils doivent nécessiter "peu d'énergie" pour leur construction, et leur localisation doit aussi nécessiter "peu d'énergie" pour le transport de leurs utilisateurs. »*

Pour répondre aux enjeux sous-jacents à cette définition, le programme de recherche s'est structuré autour de trois axes complémentaires.

1- Une approche système à travers laquelle le bâtiment est appréhendé dans sa globalité. Les travaux autour de l'efficacité énergétique des bâtiments étaient, dans les années 1980, réduits à la performance des enveloppes. Les approches systèmes se sont ensuite développées pour prendre en compte les systèmes techniques (générateur de chaud et de froid, éclairage, ventilation, eau chaude) puis la gestion de ces systèmes. Le projet majeur, de par son ampleur et son ambition, réalisé sur ce sujet au cours de la période 2007-2010 est le projet **HOMES** portant les automatismes permettant la gestion de l'énergie et du confort dans l'habitat.

Parallèlement, l'accroissement de l'efficacité énergétique entraîne aujourd'hui un changement de paradigme. La hiérarchisation des différents postes de consommation est bouleversée et de nouveaux postes, jusqu'à présent négligés, deviennent

incontournables. Le périmètre d'action de la recherche s'en trouve de fait élargi. Dans ce contexte, d'importants travaux sont menés pour prendre en compte l'**énergie grise** consommée par le bâtiment, et ainsi améliorer la quantification de son impact énergétique et environnemental. Ce concept d'énergie grise fait référence à la quantité d'énergie consommée durant les phases de production des matériaux et produits industriels, ainsi que pendant la construction des bâtiments et les éventuelles phases de recyclage. L'énergie d'exploitation, les kWh/an/m² SHON de la réglementation thermique, est en effet un indicateur pertinent mais devenu réducteur dans le contexte actuel.

La prise en compte des usages spécifiques de l'électricité (recherches sur les **usages de l'électricité** et l'élaboration d'une méthode de calcul des consommations des **ascenseurs** et monte-charges), et, à terme, des consommations générées par la mobilité, apparaît comme indispensable à la réalisation d'une cotation énergétique et environnementale complète des bâtiments.

Ces travaux sont étroitement liés aux recherches menées dans le cadre d'autres programmes. En effet, dans la mesure où tous ces éléments concourent à ce que les choix initiaux et les méthodes de conception deviennent de plus en plus critiques, de nouveaux outils de conception et d'aide à la décision permettant d'évaluer en amont l'ensemble des consommations doivent être développés. C'est l'objectif d'ELODIE, outil élaboré dans le cadre du programme « Quartiers et bâtiments durables », qui doit permettre une cotation environnementale globale des bâtiments. Parallèlement, la bonne gestion des bâtiments conditionnant plus que jamais leur performance effective, les méthodes de conception et de commissionnement des bâtiments efficaces sont appelées à gagner en valeur. À ce titre, les résultats des travaux de thèses réalisés dans le cadre du programme « Efficacité du processus de construction et de gestion » intéressent fortement la thématique BEPOS.

2- Une approche par briques technologiques qui ambitionne d'accompagner l'innovation à l'échelle du composant en le situant par rapport à la connaissance globale du bâtiment afin de préparer, d'une part, l'intégration des innovations dans le cadre bâti et, d'autre part, les futures méthodes d'évaluation.

Un bâtiment efficace est en premier lieu constitué d'une enveloppe performante ; les travaux se sont

donc focalisés sur les nouveaux composants d'enveloppe permettant de minimiser les ponts thermiques et d'améliorer l'étanchéité du bâtiment, notamment grâce à l'utilisation de matériaux superisolants. Les recherches **COFAHE**, **RUPTAL**, **ACIECO** et **Enveloppe BBC** ont permis d'apporter des réponses concrètes aux nouveaux enjeux performantiels et d'évaluation générés par l'utilisation de ces matériaux.

D'autres travaux ont porté sur les composants actifs consommateurs ou producteurs d'énergie. Ainsi, l'éclairage, vecteur de dépenses d'énergie importantes, notamment pour le secteur tertiaire, représente aujourd'hui une filière porteuse de mutations technologiques majeures. Celles-ci imposent de revisiter les méthodes d'évaluation des sources et de progresser sur les méthodes de calcul, ce qui est l'objet des actions de recherche **Consommation effective de l'éclairage** et **CITADEL**.

Les énergies renouvelables (Enr), dont l'utilisation est indispensable à l'obtention d'un bilan nul voire positif, ont également fait l'objet de nombreux travaux. Les filières géothermique (projet **GEOBAT**), photovoltaïque (**Performance BIPV**, **Photobat**) et thermique (**QAIST**) préparent et accompagnent l'innovation, ainsi que la diffusion et la maîtrise des performances effectives de ces technologies. Il en va de même pour les pompes à chaleur (PAC) qui permettent d'amplifier les effets thermiques de l'électricité. Le CSTB s'est positionné sur ces applications pour l'eau chaude sanitaire (**Pacte ECS**), poste majeur de consommation d'énergie pour les logements à haute efficacité énergétique et la géothermie, ainsi que sur les méthodes de qualification de la performance à l'échelle européenne par le projet **SEPEMO**.

Dans le cadre de ces projets, une importance particulière est accordée au retour d'expérience *in situ*, l'enjeu étant, pour une bonne intégration de ces systèmes techniques dans le bâtiment, de quantifier, comprendre et prévoir leurs comportements effectifs, au-delà des conditions normatives qui restent en général désincarnées du cadre bâti.

3- Un axe support socio-économique visant à vérifier que l'efficacité énergétique des bâtiments s'inscrit dans un cadre économique et sociologique viable. Les travaux réalisés dans ce cadre ont notamment concerné une étude de terrain destinée à mesurer et à expliquer les surinvestissements induits par la contrainte de l'efficacité énergétique dans les bâtiments (projet **Démarche d'évaluation des potentialités de réduction des surinvestissements par les effets d'apprentissage**).

AXES ET ACTIONS DE RECHERCHE

Les principaux résultats des travaux menés entre 2007 et 2010 sont décrits pour chacun des sous-programmes. Ils sont suivis de la liste des projets et actions de recherche qui les constituent.

1. APPROCHE SYSTÈME

Le bâtiment est ici appréhendé dans son ensemble. Cette échelle est pertinente pour appréhender suivant une grille multiphysique des *concept buildings* pour l'habitat collectif tels que ceux proposés par les équipes lauréates de l'appel à projet CQHE – Concept qualité habitat énergie du PUCA. L'objectif des concepts développés dans le cadre de CQHE est d'innover dans la conception de bâtiments dédiés à l'habitat collectif et de proposer une alternative énergétiquement économe à l'étalement urbain dans une perspective à 20 ans.

Ces équipes ont pointé le manque d'outils informatiques à disposition des bureaux d'études pour permettre le dimensionnement et appréhender les limites de fonctionnement des systèmes bioclimatiques, en particulier ceux qui couplent les effets aérauliques et thermiques. Par ailleurs, certains antagonismes entre les approches ressortent, notamment entre l'inertie et l'acoustique ainsi que la compacité et l'accès à l'éclairage naturel. Enfin le besoin d'améliorer la prise en compte des usages est récurrent pour *a minima* appréhender correctement les apports internes.

Cette échelle est aussi requise pour travailler sur les automatismes. Le projet Homes (projet OSEO qui associe treize partenaires industriels et académiques dont Schneider, Somfy, DeltaDore, CIAT, Edf, le CEA...) vise à définir, simuler, émuler, tester et valider les automatismes du futur en s'appuyant sur six leviers : la prise en compte de l'occupant, la priorisation de l'utilisation des Enr, l'optimisation des apports gratuits, la gestion intégrée des équipements, mais aussi l'optimisation du fonctionnement de chacun de ces équipements ainsi que la sensibilisation de l'occupant. Il est escompté un gain énergétique de 5 à 10 % qui reste à démontrer par calcul (banc semi-virtuel) puis *in situ* sur 5 à 10 bâtiments.

L'outil de simulation dynamique thermique des bâtiments est encore perçu comme excessivement complexe, ce qui représente un frein à la maîtrise de la conception énergétique des bâtiments. C'est sur ce thème qu'a porté le projet intitulé « **Outils BBC** », réalisé en partenariat avec le bureau d'études

TEP2E. L'équipe projet a mis en place un assistant à la modélisation de bâtiments sous TRNSYS afin de rendre la simulation dynamique thermique accessible au plus grand nombre par une interface métiers efficace (importation de fichiers de CAO au format NBDM) et raisonnable vis-à-vis des besoins et des pratiques actuelles. Ces travaux apportent une réponse à court terme pour disséminer le bon usage de la modélisation. Ils viennent en complément du projet **SIMBIO** qui vise à proposer une réponse à long terme et en rupture avec l'existant (cf. le programme de recherche « Simulation numérique » pour plus de détails sur ce projet).

Il est reconnu que, pour les bâtiments à haute efficacité énergétique, la maîtrise du couplage entre les systèmes et l'enveloppe sont décisifs et que les premières étapes de la conception conditionnent la performance finale de l'ouvrage. La valeur ajoutée de la conception est donc amenée à croître, mais il faut l'appuyer par de nouveaux outils. Plusieurs thèses portent sur le sujet : **Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie** de Fadi Chlela (université de La Rochelle), **Développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie** de Nazila Kahina Hannachi-Belkadi (université Paris-Est – Marne-la-Vallée) et **Méthodes d'optimisation pour les bâtiments à énergie positive** de Fabien Talbourdet (ENTPE).

Le programme BEPOS a porté un certain nombre d'actions cofinancées par l'ADEME et la DHUP qui visent à coter quantitativement l'impact environnemental des bâtiments. On s'appuie notamment sur la notion **d'énergie grise** dont la définition rigoureuse est en cours de dans le cadre des travaux autour du projet de norme XP P 01-020-3 animés par le CSTB et portant sur la définition d'une méthodologie d'évaluation quantitative de la qualité environnementale des bâtiments. L'approche énergie grise en complément de l'énergie d'exploitation est l'équivalent de l'approche en coût global des économistes. Une évaluation systématique des différents systèmes constructifs puis des systèmes opposables lors de la réception d'un bâtiment est en cours afin de dégager des références et de mettre en avant des options de conception. Le véhicule de cette capitalisation est l'outil ELODIE, récemment interfacé avec la maquette numérique.

Se situant à l'interface des axes « Approche système » et « Briques technologiques » (cf. ci-dessous), l'action de recherche **Enveloppe BBC** a permis d'identifier des bouquets de solutions d'enveloppes compatibles avec les exigences

réglementaires et de définir la performance de ces solutions axe par axe. L'intérêt du projet réside dans le travail réalisé autour du changement d'échelle de l'évaluation qui, pour être globale, nécessite de passer d'une brique technologique à l'échelle du composant à l'échelle du bâtiment. Ce changement d'échelle entraîne de nouveaux problèmes à résoudre (il faut par exemple veiller lorsqu'on réduit l'énergie consommée au quotidien grâce à une enveloppe fortement isolante à ne pas accroître l'énergie grise consommée sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, ni à dégrader son comportement au feu ou sa qualité acoustique).

Partant du dimensionnement des isolants, fondé sur le coefficient BBIO (caractéristique énergétique intrinsèque à l'enveloppe) pour une série de bâtiments types associés à un système constructif type, la recherche a permis de passer en revue les différentes solutions thermiques du point de vue de leurs performances acoustique, incendie et énergie grise. Cette approche multiphysique peut constituer un prototype pour une nouvelle génération d'évaluation technologique.

PROJETS DE RECHERCHE MENÉS DANS LE CADRE DE L'APPROCHE SYSTÈME

- **Définition des bâtiments à énergie positive** (2009)
Projet cofinancé par l'Ademe et la DHUP
Thierry GUIOT
- **Développement d'une boîte à outils facilitant la conception et le dimensionnement des bâtiments basse consommation ou à énergie positive** (2008-2010)
Werner KEILHOLZ
- **L'enveloppe du bâtiment à l'horizon 2012 : quelles solutions, quelles performances ?** (2009-2010)
Salem FARKH
- **Autre usage de l'électricité – Cotation agrégée et désagrégée des usages spécifiques de l'électricité** (2009-2010)
Projet cofinancé par l'Ademe et la DHUP
Thierry GUIOT
- **HOMES** – Développement d'automatismes de gestion de l'énergie pour minimiser les consommations (2008-2011)
Projet cofinancé par OSEO
Mireille JANDON
- **CQHE** - Concept qualité habitat énergie (2007-2010)
Accompagnement du projet PUCA : 1) Accompagnement des équipes lauréates, 2), Exploitation des concepts : comment les nouveaux standards énergétiques interrogent les autres disciplines ?, 3) Accompagnement du jury pour la sélection de concept de bâtiments
Jean-Marie ALESSANDRINI
- **CLIMHYBU** – Climatisation hybride des immeubles de bureaux (2007-2010)
Projet cofinancé par la Fondation énergie bâtiment (FBE) et coordonné par le CSTB
Jean-Robert MILLET
- **GREEN IT** (2007-2009)
Mise en place d'une base de données sur les matériaux de structure orientée performance énergétique
Projet cofinancé par l'Union européenne
Bernard ABRAHAM, Jean-Luc CHEVALIER, Daniel QUENARD
- **MIGRER** – Maison intelligente et gestion rationnelle des énergies renouvelables (2007-2009)
Programme doctoral
David PENHOUE – ENSIAME, université de Valenciennes
- **MACHA Bis** – Humidité et performance de l'enveloppe : compréhension des transferts de masse pour maîtriser les transferts de chaleur, validation de l'outil de simulation (2007-2009)
ADEME (PREBAT), EDF R&D
Claude POMPEO
- **Monitoring THPE** – Développement d'un boîtier d'acquisition pour le suivi énergétique de bâtiments à très haute performance énergétique (2007-2009)
Projet cofinancé par le MINEFI
Carol BUSCARLET
- **NBDM** – Neutral Building Data Model (2009-2011)
Modèle de données neutre pour la description de bâtiments (interopérabilité des logiciels de simulation et de calcul réglementaire autour de l'évolution du format NBDM)
Projet ANR
Werner KEILHOLZ
- **Maison Passive** – Conception et validation expérimentale de maisons passives (2007-2009)
Projet ANR financé par l'ADEME

Daniel QUENARD

- **Benchmarking – Comparaison internationale « Bâtiment et énergie »** (2005-2007)
Projet PREBAT cofinancé par le PUCA et l'ADEME et coordonné par le CSTB
Jean CARASSUS
- **Benchmark BEPOS – Étude des référentiels BEPOS dans le monde** (2010)
Projet cofinancé par l'ADEME et la DHUP
Charles PELE
- **Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie** (2005-2008)
Programme doctoral
Fadi CHLELA – Université de La Rochelle
- **Développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie** (2005-2008)
Programme doctoral
Nazila Kahina HANNACHI-BELKADI - Université Paris-Est Marne-la-Vallée - École doctorale Ville et Environnement
- **Prise en compte du confort d'été dans des bâtiments à ossature à haute efficacité énergétique : étude numérique en environnement orienté objet et réalisation expérimentale** (2007-2010)
Programme doctoral
Adrien BRUN – Université de Savoie, LOCIE
- **Optimisation globale de la conception architecturale et technique des constructions économes en énergie** (2009-2012)
Programme doctoral
Laëtitia ARANTES – École nationale supérieure d'architecture de Grenoble (ENSAG)
- **Méthodes d'optimisation pour les bâtiments à énergie positive** (2009-2012)
Programme doctoral
Fabien TALBOURDET – École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE)
- **Algorithmes de gestion optimale du confort, de l'énergie et du coût dans le bâtiment utilisant un calcul prévisionnel des besoins** (2010-2013)
Programme doctoral
Yann ALIOU – École supérieure d'électricité (SUPELEC)

2. BRIQUES TECHNOLOGIQUES

Cet axe regroupe les recherches centrées sur les composants du bâtiment dans des perspectives d'utilisation immédiate et/ou à visée plus prospective. Il constitue le centre de gravité du programme de recherche BEPOS et s'attache à étudier deux types de composants :

- des composants d'enveloppes pour lesquels on cherche à maîtriser les ponts thermiques et à améliorer la performance en partie courante tout en tenant compte du jeu complexe de contraintes en œuvre (incendie, étanchéité, durabilité, coût, etc.) ;
- des composants actifs qui peuvent être soit sujets à une dépense d'énergie, soit producteurs d'énergie.

2.1. COMPOSANTS D'ENVELOPPES

Concernant la minimisation des ponts thermiques et l'amélioration de l'étanchéité des composants d'enveloppes, les travaux ont été menés en partenariat avec d'autres laboratoires de recherche et des industriels autour des projets décrits ci-dessous. Sur ces thèmes, le CSTB maintient une relation historique et privilégiée avec le Centre énergétique et Procédés (CEP) de l'École des mines ParisTech – Sophia-Antipolis.

Composant d'enveloppe de bâtiments en acier : le projet **ACIECO** qui associe l'ADEME, le CTICM, le CTSB, l'université de la Rochelle, le CETE de Lyon, Smac Acieroïd et Soprema, est dédié à la mise au point d'un composant d'enveloppe de bâtiments en acier minimisant les ponts thermiques et améliorant l'étanchéité. Pour ce type de bâtiment, la contrainte économique est particulièrement forte et l'état initial de la performance basse. Le consortium a défini des traitements qui ont été mis en œuvre sur trois chantiers. Une double validation par modélisation et expérimentale (imagerie infrarouge) a été menée et a confirmé une amélioration de la performance par un facteur 2. Actuellement Soprema applique ces solutions sur un bâtiment tertiaire de 783 m² de bureaux et 634 m² d'entrepôts. Ce bâtiment sera probablement à énergie positive.

Composant de façade rideau intégrant des matériaux composites et superisolants : les projets **COFAHE 1** et **2** (associant l'ADEME, Goyer, OCV, Compositec, le CSTB, l'ENPC et Exel) ont permis la conception d'un composant de façade rideau (destiné aux bâtiments tertiaires hors IGH) qui exploite les matériaux

composites et les superisolants. Le composant standard de façade est en général en aluminium pour l'interface mécanique avec la dalle. Il présente donc d'importants ponts thermiques. Dans la première phase du projet, les composites sont mis en œuvre en synergie avec l'aluminium (tenue au feu) pour maîtriser les ponts thermiques. Les superisolants sous vide sont exploités en tant que matériaux de remplissage de la partie courante au lieu de la laine de verre. Un coefficient « U » global de la partie courante de l'ordre de $4 \text{ W/m}^2/\text{K}$ en partie courante a été obtenu. La partie verrière reste standard.

La phase 2 du projet verra l'arrivée sur le site de Champs-sur-Marne d'un prototype de $3,7 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}$ pour réaliser des tests à l'étanchéité et des tests mécaniques.

Le projet COFAHE illustre, d'une part, l'apport des matériaux composites permettant de prolonger l'offre architecturale dans un contexte réglementaire qui se durcit considérablement (avec évidemment la nécessité de rester compatible notamment avec la sécurité feu), et, d'autre part, l'enjeu majeur lié aux technologies de superisolants : isoler beaucoup mieux à volume égal, ou bien isoler mieux à volume moindre par rapport au produit courant (l'impact sur la rénovation a été étudié dans le cadre du programme de recherche « Modernisation durable de l'existant »).

Couverture en mat fibreux d'aérogel de silice granulaire : **ISOCOMP** (projet ANR associant le CEP, PCAS, Sirius et le CSTB) a travaillé à l'élaboration d'un processus de fabrication de couverture en mat fibreux d'aérogel de silice granulaire innovant. La technologie courante présente un coût de fabrication incompatible avec une diffusion de masse visée pour la filière du bâtiment. Le procédé mis au point représente une rupture décisive. Le CSTB a caractérisé le produit au niveau acoustique, hygrothermique et thermique (15 mW/m/K).

Le ressourcement amont sur cette thématique est assuré par le biais du programme doctoral (thèses de Benoît MOREL sur le comportement hydrique de silices nanoporeuses et de Géraldine GARNIER sur la conception et l'optimisation des enveloppes pour superisolants).

La dynamique initiée par le projet ISOCOMP se poursuit dans le cadre du **PACTE SIPA-BAT** (orienté industrialisation) avec l'entrée de Edf dans le partenariat.

Rupteur de pont thermique en béton Ductal : le consortium à la tête du projet **RUPTAL** (ADEME, Lafarge, CTSB, Pouget Consultant, Bouygues, SEHR, ENS Cachan) a conçu un rupteur de pont thermique

en béton Ductal dimensionné sur la seule contrainte RT 2012 en matière de pont thermique ($\psi = 0,6 \text{ W/m/K}$). Il s'agit d'un niveau de performance requis pour une solution d'isolation thermique par l'intérieur. Celle-ci permet d'ouvrir des degrés de liberté architecturaux vis-à-vis de l'isolation thermique par l'extérieur, notamment pour le logement collectif où la tendance à des « bâtiments boîte » semble émerger. Le produit a été mis en œuvre sur un chantier expérimental. Il est pour le moment sujet à une fiabilisation de la liaison mécanique à l'interface avec le béton.

Paroi multifonctionnelle à base de matériaux à changements de phase (MCP) : le projet **INERTRANS** coordonné par le CSTB et associant L'ADEME, le CETHIL, le CEP, Cristopia, Saverbat et Sirius est une recherche exploratoire sur un nouveau type d'enveloppe. Le projet vise à concevoir une paroi multifonctionnelle sur la base de MCP translucides à l'état liquide et opaques à l'état solide, utilisés comme matériaux de remplissage de briques de verre. Une couche de superisolant translucide est adjointe en face extérieure. L'enveloppe vise à participer simultanément au confort thermique et au confort lumineux, en sus de la fonction standard de clos et de couvert. Le projet est centré sur la modélisation thermique et lumineuse à l'échelle du composant, sur la base de prototypes de quelques mètres carrés mis en cellule (dont un sur le site du CSTB Grenoble).

PROJETS DE RECHERCHE MENÉS AUTOUR DES COMPOSANTS D'ENVELOPPES

- **InerTrans** – Composant d'enveloppe de bâtiment en briques de verre associant Inertie et Isolation translucide à partir de MCP et d'aérogels granulaires (2007-2009)
Projet ANR coordonné par le CSTB
Kevyn JOHANNES
- **ACIECO** – Bâtiments en acier économes en énergie : réduction de la perméabilité à l'air et traitement des ponts (2008-2010)
Projet ANR
Salem FARKH
- **COFAHE** – Composants de Façades à Hautes performances Energétiques
Phase 1 – Conception et prototype d'un module de façade légère rideau incorporant isolant sur cadre en composite (2007-2009)
Phase 2 : Réalisation de prototypes et caractérisations (2010-2011)

- Projet ANR cofinancé par l'ADEME et coordonné par le CSTB
Hebert SALLEE, Bertrand RUOT
- **EnvHy** – Enveloppe hybride à haute performance énergétique pour maisons à ossature bois (2007-2009)
Projet ANR cofinancé par l'ADEME et coordonné par le CSTB
Kevyn JOHANNES
 - **COST EFFECTIVE** – *Convert facades of existing high-rise buildings into multifunctional energy gaining components* (2008-2012)
Projet cofinancé par l'Union européenne
Dominique CACCAVELLI
 - **RUPTAL** – Rupteur de pont thermique en béton DUCTAL (béton haute performance) (2007-2009)
Projet PREBAT cofinancé par l'ADEME
Salem FARKH
 - **ISOCOMP** – Élaboration, développement et étude de composants d'enveloppes superisolantes à base de silices nanostructurées (2007-2009)
Projet ANR cofinancé par l'ADEME
Daniel QUENARD
 - **Inertie thermique : quels impacts et quelles solutions pour les confort acoustique et visuel ?** (2008-2010)
Kevyn JOHANNES
 - **IMCPBAT** – Intégration de Matériaux à Changement de Phase dans le Bâtiment (2006-2008)
Projet ANR cofinancé par l'ADEME
Daniel QUENARD
 - **POLYVAR** – Plaques en polymère transparent à indice de réfraction variable pour la conception d'une protection solaire active (2008-2011)
Projet ANR cofinancé par l'Ademe
Samuel CARRE
 - **Comportement hydrique de silices nanoporeuses** (2005-2008)
Programme doctoral
Benoît MOREL - Université de Tours
 - **Conception et optimisation des enveloppes pour super-isolants** (2006-2008)
Programme doctoral
Géraldine GARNIER –INPG Grenoble

- **Gestion intelligente et performance énergétique des façades actives de type "double peau"** (2006-2009)
Programme doctoral
Valentin-Florian GAVAN –INSA Lyon, Centre de thermique de Lyon (CETHIL)
- **Modélisation des systèmes de climatisation hybride dans les bâtiments à énergie positive** (2007-2010)
Programme doctoral
Fanny PERNODET –École nationale des travaux publics de l'État (ENTPE)

2.2 COMPOSANTS ACTIFS CONSOMMATEURS – OU PRODUCTEURS – D'ÉNERGIE

Le CSTB s'attache à mettre en évidence les performances effectives de ces systèmes une fois intégrés au bâtiment afin, d'une part, d'apporter des éléments de comptabilité au bilan énergétique réel et complet du bâtiment et, d'autre part, de mettre en place des méthodes d'évaluation capable de prendre en compte l'interaction avec le cadre bâti. Pour le cycle de recherche 2007-2012, les principaux travaux concernent l'éclairage, l'eau chaude sanitaire (ECS) ainsi que les technologies permettant d'exploiter les Enr

Éclairage : La consommation d'éclairage pour les bureaux est un poste important qui est actuellement appréhendé de façon trop simplifiée eu égard aux nouvelles contraintes d'efficacité énergétique. L'action de recherche sur la **Consommation effective de l'éclairage**, appuyée par la thèse d'Amélie Martinez (ENTPE) a permis l'élaboration d'un outil de calcul qui, en contexte bâtiment, simule de façon dynamique le niveau d'éclairage (artificiel et/ou naturel) en prenant en compte la géométrie, la caractéristique des sources et l'anisotropie de l'éclairement du ciel, point clé pour le confort lumineux, le tout avec des temps de calcul raisonnables. Il s'agit d'une évolution de l'outil Phanie aux temps de calcul réductibles en dynamique. Ces développements ont aussi le potentiel pour constituer une méthode précise de calcul des apports internes par le soleil, point central de la conception bioclimatique.

Concernant le volet technologique, de nouvelles sources d'éclairage apparaissent. En conséquence, il convient de revisiter les méthodes d'évaluation existantes. Le projet **CITADEL**, coordonné par le CSTB et mené en partenariat avec l'ADEME, le CEA, le LNE, l'ENTPE, le CNRS, l'institut Simon Laplace et Philips, vise à évaluer l'intérêt de l'utilisation des diodes

électroluminescentes (LED) dans le bâtiment. La définition, la mise en place et le test des caractéristiques intrinsèques d'usage, de vieillissement et d'impact environnemental sont en cours.

Eau chaude sanitaire : Dans le bilan par usage réglementaire de la consommation d'énergie des logements – une fois la consommation d'énergie liée au chauffage réduite par une enveloppe efficace –, le poste ECS est le plus important. Ce travail a été initialement porté par l'action de recherche **ECS basse consommation**, relayée en 2010 par une participation au PACTE ECS de l'Ademe, via le projet **BBC PACS** – ECS thermodynamique pour les bâtiments résidentiels basse consommation –, dont le consortium (constitué par Atlantic, Edf, Armines et le CSTB) travaille à minimiser (15 kWh/m²/an) dans le résidentiel individuel et collectif la consommation liée à l'ECS par l'introduction de pompes à chaleur performantes et par l'usage de sources froides optimisées. Le projet prend en compte la performance, le coût et la durée de vie du dispositif.

Énergies renouvelables : Les BEPOS verront la généralisation du recours aux Enr (la RT 2012 pose déjà des exigences de moyens en la matière). Dans le cadre d'un partenariat avec le BRGM sur la filière géothermie basse température (la filière haute température est couverte par le BRGM), la **thèse de Vincent Partenay** (université de Savoie) propose une méthode d'évaluation des pompes à chaleur géothermiques fondée sur l'émulation numérique pour prendre en compte le cadre bâti sur une période d'un an, tout en déroulant des essais physiques sur quelques jours seulement. La thèse était adossée au projet **GEObat** coordonné par le CSTB et associant le BRGM, l'ADEME et l'École des mines a conduit à la mise en place d'outils technico-économiques pour le stockage intersaisonnier dans le sol par champs de sondes. Les autres recherches sur la filière géothermique ont permis de développer un comparatif performantiel entre un champ de sondes horizontales et un champ de sondes verticales.

Les pompes à chaleur apparaissent donc comme une brique technologique clé en vue d'améliorer l'efficacité énergétique. Elles peuvent être vues comme des amplificateurs de l'effet Joule de l'électricité et possèdent donc un important potentiel de réduction de la consommation d'énergie primaire. Dans la mesure où ne subsiste aucun doute sur la diffusion massive de ce composant phare, un référentiel d'évaluation de sa performance est donc nécessaire. Le projet européen **SEPemo** (associant Armines, Arsenal,

CRES, EDF, EHPA, FIZ Karlsruhe, GtV, Senter Novem, SP et le CSTB) sur les performances saisonnières des pompes à chaleur en Europe étudie la mise en place d'une méthode de suivi harmonisée (que mesurer et où, comment le mesurer ?). Le consortium définit actuellement, sur la base des mesures réalisées, une méthode de calcul de la performance. Ces outils développés seront déployés sur 50 bâtiments dont quatre en France seront suivis par le CSTB.

Pour atteindre un bilan neutre, voire positif, à l'échelle du bâtiment, la technologie photovoltaïque semble une voie privilégiée. Le projet ANR intitulé « **Performance BIPV** » et regroupant le CEA, le LOCIE, TRE et CYTHELIA sous l'égide du CSTB, vise à consolider les méthodes de prévision de la productivité de ces systèmes, d'autres actions de recherche internes s'étant intéressées à leur sensibilité à l'ombrage.

Enfin, sur un plan plus prospectif, le CSTB participe aux côtés d'Arkema, de Photowatt, de l'ISPA et de TBC au projet **Lion Bat**, soutenu par l'ADEME, et destiné à explorer l'intérêt de la fonctionnalité du stockage électrique local sous un angle double : maximiser la pénétration des Enr et consommer localement ce qui est produit localement. Une première étape de cotation de l'impact environnemental est aussi en cours.

PROJETS DE RECHERCHE MENÉS AUTOUR DES COMPOSANTS ACTIFS

- **Évaluation de la consommation effective de l'éclairage d'un bâtiment** (2009-2010)
Michel PERRAUDEAU
- **BBC PACS** – Eau chaude sanitaire thermodynamique pour les bâtiments résidentiels basse consommation (2010-2013)
Projet cofinancé par l'Ademe dans le cadre du PACTE ECS
Charles PELE
- **CITADEL** – Caractérisation de l'Intégration et de la durabilité des dispositifs d'éclairage à LED dans le bâtiment (2008-2010)
Projet cofinancé par l'ADEME et coordonné par le CSTB
Christophe MARTINSONS
- **LUMINOSURF** – Apport des nanomatériaux dans l'éclairage et les surfaces innovantes dans l'habitat et l'habitable (2009-2011)

- Projet cofinancé par le Fonds unique interministériel
Christophe MARTINSONS
- **PACTE LED** –Programme d’actions concertées en technologies de l’énergie pour développer les solutions d’éclairage à base de diodes électroluminescentes (2009-2012)
ADEME
Christophe MARTINSONS
 - **Méthode numérique pour l'évaluation du bilan d'éclairage intérieur** (2008 – 2011)
Programme doctoral
MARTINEZ Amélie – École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE)
 - **Contribution des ENR à l'objectif d'une société sobre en énergie et en ressources** (2008-2010)
Dominique CACCAVELLI
 - **Eau chaude sanitaire basse consommation** (2009-2010)
Charles PELE
 - **Performance BIPV** – Prédiction kWh des systèmes PV intégrés aux bâtiments (2009-2011)
Projet ANR coordonné par le CSTB
Thierry GUIOT
 - **PHOTOBAT** – Panneaux photovoltaïques intégrés en toiture. Optimisation technique, industrielle et économique (2007-2009)
Projet ANR cofinancé par l’ADEME
Simon BODDAERT
 - **QAIST** – *Quality Assurance in Solar Heating and Cooling Technology – keeping track with recent developments* (2007-2009)
Projet cofinancé par l’Union européenne
Dominique CACCAVELLI
 - **SEPEMO Build** – *SEasonal PErformance factor and MOnitoring for heat pump systems in the building sector* (2009-2012)
Projet cofinancé par l’Union européenne
Peter RIEDERER
 - **GEOBAT** – Stockage géothermique pour l'optimisation des consommations énergétiques des bâtiments - Stockage saisonnier avec des champs géothermiques (2007-2009)
Projet cofinancé par l’ADEME et coordonné par le CSTB
Peter RIEDERER
 - **Stockage de l'énergie produite par les BEPOS** (2009-2010)
Sandrine PINCEMIN
 - **MESSIB** –*Multi-source energy storage system integrated in buildings* (2009-2013)
Projet cofinancé par l’Union européenne
Peter RIEDERER
 - **LionBat** –Pour une meilleure gestion de l'électricité photovoltaïque dans l'habitat résidentiel (2009-2011)
Projet cofinancé par l’ADEME
Sandrine PINCEMIN
 - **QUAD-BBC** – Qualité d’air intérieur et systèmes de ventilation dans les bâtiments à basse consommation d’énergie (2009-2011)
Projet ANR
Charles PELE, Jean-Jacques AKOUA
 - **Modélisation et validation expérimentale de nouveaux concepts de ballons solaires à forte stratification** (2005-2008)
Programme doctoral
David BLANDIN – INSA Lyon, Centre de Thermique de Lyon (CETHIL)
 - **Conception et optimisation de fondations géothermiques** (2007-2010)
Programme doctoral
PARTENAY Vincent – Université de Savoie, LOCIE
 - **Laboratoire multisite pour le test et l'évaluation des PAC géothermiques** (2007-2010)
Programme doctoral
Mickaël PHILIPPE – École des mines de Paris

3. SUPPORT SOCIO-ÉCONOMIQUE

L'efficacité des bâtiments doit s'inscrire dans un cadre économique et sociologique viable. L'action de recherche intitulée « **Maîtrise des surinvestissements** » (réalisée en partenariat avec AKOE), adossée à **une étude à destination de la DHUP**, a permis d'estimer le surcoût associé au bâtiment BBC et, à terme, au bâtiment à énergie positive ainsi que sa structure. L'analyse s'attache aussi à identifier les premiers effets d'apprentissage qui exploitent les bonnes pratiques techniques et organisationnelles conduisant à la réduction du surinvestissement.

La matière première de l'analyse est la collecte de terrain réalisée sur des bâtiments tertiaires, des logements collectifs et individuels groupés (afin d'éviter le syndrome du bâtiment démonstrateur ou militant). Le surinvestissement est mesuré par rapport à une solution RT 2005. Ces travaux l'évaluent à + 200 €/m² de surface utile (SU) pour les premières opérations. Il serait actuellement de 135 €/m² SU, soit un surinvestissement de l'ordre de 10 %. Le noyau dur de + 80 €/m² SU associé à l'isolation de l'enveloppe et des ouvrants perdure (structure béton). Le gain est donc localisé sur les systèmes techniques.

Cependant, la base du panel étudié ne permet pas d'identifier clairement aujourd'hui les moteurs de cette diminution du surinvestissement. Au cas par cas ont été mis en avant les effets d'apprentissage organisationnel de la maîtrise d'œuvre, un meilleur choix des solutions et des systèmes techniques, une baisse du prix des solutions techniques et du coût de leur mise en œuvre par l'apprentissage des entreprises, les effets de la crise et la baisse de l'activité de construction de logements sociaux, le développement du marché des bâtiments basse consommation qui permet des économies d'échelle pour les fabricants.

Suivant une approche en coût global, ce surinvestissement est compensé par une réduction de la facture énergétique. En moyenne, sur le parc étudié si les performances sont au rendez-vous et sont stables dans la durée, le taux de rentabilité interne (TRI) sans subvention et avec une inflation de 5 % du coût de l'énergie est estimé à 33 ans. En l'état actuel un modèle économique vertueux ne pourrait donc pas s'appuyer sur la seule baisse de la facture énergétique.

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- **Maîtrise des Surinvestissements, de la structure des coûts des BBC, BEPAS et BEPOS en neuf et réhabilitation par les effets d'apprentissage (2009-2010)**
Marc COLOMBARD-PROUT
- **CENSE – Leading the CEN standards on energy performance to buildings in practice (2007-2010)**
Benchmark des outils de simulation thermique réglementaires en Europe
Projet cofinancé par l'Union européenne
Johann ZIRNGIBL

CONTRIBUTEURS

*Nota : les noms suivis d'une *
sont ceux des personnes ayant
quitté le CSTB*

Responsables des actions de recherche

BODDAERT Simon
BUSCARLET Carol
CACCAVELLI Dominique
COLOMBARD-PROUT Marc
DECORME Régis
FARKH Salem
GUIOT Thierry
KEILHOLZ Werner
JANDON Mireille
JOHANNES Kevyn
MARTINSONS Christophe
MILLET Jean-Robert
PELE Charles
PENHOUE David
PERRAUDEAU Michel
PINCEMIN Sandrine
QUENARD Daniel
RIEDERER Peter
RUOT Bertrand
SALLEE Hebert
ZIRNGIBL Johann

Autres chercheurs

ABRAHAM Bernard
AKOUA Jean-Jacques
ALESSANDRINI Jean-Marie
ALIROL Océane
ANDRIEUX Franck
BANGSITHIDETH Delphine
BARRE Christian
BAULAC Marine
BELZITI Daniela
BERTHINEAU Bruno
BERTRAND Lionel
BONETTI Michel
BOUCHIE Remi
BOURDEAU Marc
CARASSUS Jean
CARRE Samuel
CATARINA Orlando
CAUCHOIS Agnès *
CHAPELEAU Olivier *
CHERKAOUI El-Hafiane
CHEVALIER Jacques

CHEVALIER Jean-Luc
CHLELA Fadi *
CORRALES Patrick
CORREC Olivier
COUILLAUD Nicolas
CUENOT Sophie
DEFRANCE Jérôme
DELAIRE Aurélie
DELMOTTE Patrick
DELPECH Philippe
DELSAHUT Gérard
DEMARQUE Antoine
DERBEZ Mickael
DHIMA Dhionis
DUCRUET Pascal
FADEL Julien *
FAURE Xavier
FLEURY Emmanuel
FLORI Jean-Paul
FORET Rémy
FRANCOIS Claude
GARCIA Michel
GAUDAIRE François
GRILLAUD Gérard
GUIGOU-CARTER Catherine
GUILHOT Julien
HAMEURY Stéphane
JOURNI Haitham
LAGIER Hubert
LAHMIDI Hicham
LAHRECH Rofaïda
LAKEL Abdel
LAUMONIER Chantal *
LAURENCEAU Sylvain
LE DREFF Céline
LEBERT Alexandra
LEGUILLON Franck
MARCOUX Yves
MARTIN Claude
MEHL Céline
MORCANT-LEEMPOELS Karine*
MOREAU Sophie *
MORLOT Rodolphe *
MURESAN Christian
NIBEL Sylviane
NORMAND Cédric
OLIVE François
PAJANI Océane
PALIER Pierre
PASCUAL Eric
POMPEO Claude
RAVEL Pierre
RAVERDY Bruno
REYNIER Laurent
RIBERON Jacques
ROGER Maxime
ROUDIL Nadine

ROUGIER Christophe
SABRE Maeva
SANQUER Stéphane
SARRE Maryse
SCHMICH Isabelle
SETTE Paul
SOULE Madeleine
TETARD Yves
TRICOIRE Aurélie
TROUILHE Marie-Cécile
VIDEAU Jean-Baptiste
VILLOT Michel
VINET Jérôme
VISIER Jean-Christophe
WESIERSKI Valérie
ZIBOUCHE Kamel

Postdoctorants

COSNIER Matthieu (2007-
2008)
HUYNH Quoc-Hung (2007-
2008)
NASSIOPOULOS Alexandre
(2007-2009)

Doctorants

ALIOU Yann (2010-2013)
ARANTES Laetitia (2009-2012)
BLANDIN David (2005-2008)
BRUN Adrien (2007-2010)
CHLELA Fadi (2005-2008)
GARNIER Géraldine (2006-
2008)
GAVAN Valentin-Florian (2006-2009)
HANNACHI-BELKADI Nazila
Kahina (2005-2008)
MARTINEZ Amélie (2008-2011)
MOREL Benoît (2005-2008)
PARTENAY Vincent (2007-
2010)
PERNODET Fanny (2007-2010)
PHILIPPE Mickaël (2007-2010)
TALBOURDET Fabien (2009-2012)

Personnel technique associé

BUSSON Benoît
CHERVIN Paul
DAVID Arnaud
HORLAVILLE Thierry
LAURENT Jérôme
TOURNIE Philippe

BILAN QUANTITATIF

PRODUCTION DE
CONNAISSANCES

PUBLICATIONS

Articles

∞ *Publiés dans une revue scientifique à comité de lecture***Experimental and numerical study of thermal stratification in a mantle tank of a solar domestic hot water system**

KENJO L., INARD C., CACCAVELLI D.
Applied Thermal Engineering, 27/11-12, August 2007, p. 1986-1995
[doi:10.1016/j.applthermaleng.2006.12.008]

Characterization and simulation of microstructure and properties of EPS lightweight concrete

QUENARD D., BOUVARD D., CHAIX J.M., DENDIEVEL R., FAZEKAS A., LETANG J.M., PEIX G.
Cement and Concrete Research, 37/12, December 2007, p. 1666-1673
[doi:10.1016/j.cemconres.2007.08.028]

Heat transfers in a double-skin roof ventilated by natural convection in summer time

POMPEO C., BIWOLE P.H., WOLOSZYN M.
Energy and Buildings, 40/8, February 2008, p. 1487-1497
[doi:10.1016/j.enbuild.2008.02.004]

A new methodology for the design of low energy buildings

CHLELA F., HUSAUNNDEE A., INARD C., RIEDERER P.
Energy and Buildings, 41/9, September 2009, p. 982-990
[doi:10.1016/j.enbuild.2009.05.001]

Realization, test and modelling of honeycomb wallboards containing a phase change material

HASSE C., GRENET M., BONTEMPS A., DENDIEVEL R., SALLEE H.
Energy and Buildings, In press, available online 25 September

2010, 2010, p. 232-238
[doi:10.1016/j.enbuild.2010.09.017]

Experimental and theoretical study of the hot-ring method applied to low-density thermal insulators

COQUARD R., BAILLIS D., QUENARD D.
International Journal of Thermal Sciences, 47/3, March 2008, p. 324-338
[doi:10.1016/j.ijthermalsci.2007.01.015]

Transient modeling of combined conduction and radiation in wood fibre insulation and comparison with experimental data

KAEMMERLEN A., ASLLANAJ F., SALLEE H., BAILLIS D., JEANDEL G.
International Journal of Thermal Sciences, 49/11, November 2010, p. 2169-2176
[doi:10.1016/j.ijthermalsci.2010.06.013]

Experimental investigation of water drop evaporation under moist air or saturated vapour conditions

CIOULACHTJIAN S., LAUNAY S., BODDAERT S., LALLEMAND M.
International Journal of Thermal Sciences, 49/6, June 2010, p. 859-866
[doi:10.1016/j.ijthermalsci.2009.12.014]

Numerical evaluation of earth to air heat exchangers and heat recovery ventilation systems

CHLELA F., HUSAUNNDEE A., RIEDERER P., INARD C.
International Journal of Ventilation, 6/1, June 2007, 11 p.

Radiative Properties of Expanded Polystyrene Foams

COQUARD R., BAILLIS D., QUENARD D.
Journal of Heat Transfer, 131/1, January 2009, 10 p.
[doi:10.1115/1.2994764]

Strengthening and aging of wet silica gels for up-scaling of aerogel preparation

STROM R.A., MASMOUDI Y., RIGACCI A., PETERMANN G., GULLBERG L., CHEVALIER B., EINARSRUD M.A.

Journal of Sol-Gel Science and Technology, 41/3, March 2007, p. 291-298 [doi:10.1007/s10971-006-1505-7]

Application of the hot-plane method to low-density thermal insulators

COQUARD R., BAILLIS D.
Journal of Thermophysics and Heat Transfer, 21/1, March 2007, p. 114-127 [doi: 10.2514/1.21610]

Artisans et énergies renouvelables : une chaîne d'acteurs au coeur d'une situation d'innovation

ROUDIL N.
Les annales de la recherche urbaine, 103, juillet 2007, p. 101-111

Trois modèles de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments : une comparaison internationale

CARASSUS J.
Les annales de la recherche urbaine, 103, Juillet 2007, p. 87-94

Pyrogenic silica ageing under humid atmosphere

MOREL B., AUTISSIER L., AUTISSIER D., LEMORDANT D., YRIEIX B., QUENARD D.
Powder Technology, 190/1-2, March 2009, p. 225-229
[doi:10.1016/j.powtec.2008.04.049]

Solar micro-energy harvesting based on thermoelectric and latent heat effects. Part II: Experimental analysis

ZHANG Q., AGBOSSOU A., FENG Z., COSNIER M.
Sensors and Actuators A: Physical, 163/1, September 2010, p. 284-290
[doi:10.1016/j.sna.2010.06.027]

Numerical study of a hybrid ventilation system for single family houses

JREIJRY D., HUSAUNNDEE A., INARD C.
Solar Energy, 81/2, February 2007, p. 227-239
[doi:10.1016/j.solener.2006.03.013]

Experimental study of a mechanically ventilated double-skin facade with venetian sun-shading device: A full-scale investigation in controlled environment

GAVAN V., WOLOSZYN M., KUZNIK F., ROUX J.J.
Solar Energy, 84/2, February 2010, p. 183-195
[doi:10.1016/j.solener.2009.10.017]

∞ **Publiés dans une revue technique**

Automatismes : perspectives d'avenir pour le CSTB

PENHOUE D.
BACnet France Journal, 2, février 2008, p. 23

Procédés photovoltaïques : en route vers les avis techniques

MEHL C. (collab.)
Bâtiment artisanal, 574, mai 2008, p. 62

Matériaux à changement de phase : limiter l'usage de la climatisation

QUENARD D.
Bâtimentiers - La Revue des Bâtisseurs, 13, décembre 2008, p. 62

Le photovoltaïque, un élément clé des bâtiments à énergie positive

GUIOT T., MEHL C., VISIER J.C.,
Chauffage ventilation conditionnement d'air, 856, novembre-décembre 2008, p. 39-42

Impact de l'isolation thermique de la toiture sur le confort d'été d'un logement

ALESSANDRINI J.M., ABRAHAM B., MILLET J.R.
e-Cahiers, Cahier 3601, juin 2007, 10 p.

L'efficacité énergétique au carrefour du bâtiment et de la ville

ALESSANDRINI J.M., FRANCOIS C., GANGNEUX P., BIZE B.
e-Cahiers, Cahier 3682, octobre 2010, 13 p.

L'énergie solaire thermique sous ses diverses formes

BUSCARLET C., CACCAVELLI D.
Essais industriels, 45, juin 2008, p. 24-26

Modélisation et simulation numérique pour les bâtiments basse consommation et à énergie positive

NASSIOPOULOS A., ANDRIEUX F., KEILHOLZ W.
Essais industriels, 45, juin 2008, p. 27-30

Matériaux à changement de phase en énergétique du bâtiment

JOHANNES K., FAURE X., SALLEE H.
Essais industriels, 45, juin 2008, p. 20-23

Interview : l'avenir de la PAC est-il prometteur ?

RIEDERER P. (collab.)
Le magazine du confort thermique, 5, mai 2008, p. 31-33

Artisans et PME du bâtiment sur la nouvelle scène énergétique

ROUDIL N.
Les Cahiers de l'IAU, 156, septembre 2010, p. 38-39

Vers des bâtiments à énergie positive

QUENARD D.
Newsletter HSE-DD, 9, novembre 2008, 2 p.

Bâtiments à hautes performances énergétiques : nouveaux enjeux pour la ventilation

AKOUA J.J.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 248, 2008, p. 2-5

La gestion technique du bâtiment

PENHOUE D.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 246, mai-juin 2008, p. 23-27

L'énergie solaire pour le chauffage et l'eau chaude

BUSCARLET C., CACCAVELLI D.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 250, septembre-octobre 2008, p. 2-4

Procédés isolants pour toitures inversées

DEMARQUE A.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 239, 04 2007, p. 35-42

Quality seal for photovoltaic systems: a domestic affair

MEHL C. (collab.)
Sun Wind & Energy, 3, March 2008, p. 142-146

∞ **Tirés à part**

Assessment of innovative systems in the context of EPBD regulations

WOUTERS P, HEIJMANS N, ERHORN-KLUTTIG H, ERHORN H, LAHMIDI H, SPIEKMAN M, VAN DIJK D.
EPBD Buildings Platform Information Paper P63, March 2008, 5 p.

How to design a ventilation system - Information paper on EN 13779: Ventilation-performance requirements for ventilation and room-conditioning systems

LAHMIDI H, CARUEL M.
EPBD Buildings Platform Information Paper P112, March 2009, 4 p.

How to calculate airflows - Information paper on EN 15242: Ventilation for buildings- calculation methods for the determination of air flow rates in buildings including infiltration

LAHMIDI H, CARUEL M.
EPBD Buildings Platform Information Paper P110, March 2009, 5 p.

How does ventilation impact global energy consumption? Information paper on EN 15241: Calculation methods for energy losses due to ventilation and infiltration

LAHMIDI H, CARUEL M.
EPBD Buildings Platform Information Paper P111, March 2009, 5 p.

Évaluation of compliance and control in different Member States

LAHMIDI H.
EPBD Buildings Platform
Information Paper P179, August 2009, 5 p.

French handling of alternative cooling techniques: free cooling and ground heat exchanger

LAHMIDI H.
EPBD Buildings Platform
Information Paper P185, October 2009, 5 p.

Air tightness requirements for high performance building envelopes

ERHORN-KLUTTIG H, ERHORN H, LAHMIDI H.
EPBD Buildings Platform
Information Paper P157, March 2009, 5 p.

Inspection of ventilation systems: EN 15239 for the application of EPBD

MILLET J.R, LAHMIDI H.
EPBD Buildings Platform
Information Paper P116,
November 2008, 4 p.

ARTINOVA, le rôle des artisans novateurs dans la diffusion des meilleures techniques énergétiques disponibles : note de synthèse

LAUMONIER C, ROUDIL N.
COLOMBARD-PROUT M. (collab.)
novembre 2007, 6 p.

Communications**∞ Dans des conférences internationales avec actes****Couplage des transferts de chaleur par convection, chaleur sensible et latente dans un système solaire intégré**

FAURE X., JOHANNES K., JOUSSELIN F., PIERSON P., QUENARD D.
18e congrès français de mécanique, 27-31 août 2007, Grenoble, FRA, 6 p.

Du bâtiment à la ville : l'intégration des données énergétiques dans la conception architecturale située

ARANTES L.
1eres Rencontres Doctorales en Architecture, 9-11 septembre 2010, Nantes, FRA, 9 p.

Modelling of heat transfer in nanoporous silica-influence of moisture

COQUARD R., QUENARD D.
8th International vacuum insulation symposium, September 18-19, 2007, Wurzburg, DEU, 13 p.

Optimization, design, and durability of vacuum insulation panels

GARNIER G., QUENARD D., YRIEIX B.
8th International vacuum insulation symposium, September 18-19, 2007, Wurzburg, DEU, 8 p.

A statistical method to improve the energy efficiency of an office building

CHLELA F., HUSAUNDEE A., RIEDERER P., INARD C.
Building Simulation 2007, Proceedings of the 10th International Building Performance Simulation Association Conference, September 3-6, 2007, Beijing, CHN, p. 1756-1764

A zonal approach for modeling stratified solar tanks

BLANDIN D., CACCAVELLI D., KRAUSS G., BOUIA H.
Building Simulation 2007, Proceedings of the 10th International Building Performance Simulation Association Conference, September 3-6, 2007, Beijing, CHN, p. 678-683

Coupling of TRNSYS with Simulink: A method to automatically export and use TRNSYS models within Simulink and vice versa

KEILHOLZ W.P., RIEDERER P., DUCREUX V.
Building Simulation 2009, 11th International Building Performance Simulation Association Conference, July 27-30, 2009, Glasgow, GBR, p. 1628-1633

Dynamic test method for the determination of the global seasonal performance factor of heat pumps used for heating, cooling and domestic hot water preparation

RIEDERER P., PARTENAY V., RAGUIDEAU O.
Building Simulation 2009, 11th International Building Performance Simulation Association Conference, July 27-30, 2009, Glasgow, GBR, p. 752-759

Solving differential equations in TRNSYS without programming

KEILHOLZ W.P., RIEDERER P., DUCREUX V.
Building Simulation 2009, 11th International Building Performance Simulation Association Conference, July 27-30, 2009, Glasgow, GBR, p. 1582-1587

Energy Efficient Buildings: Models, Innovations and Markets

CARASSUS J.
CIB W55-W65 Joint International Symposium "Transformation through construction", November 15-17, 2008, Dubai, ARE, 10 p.

Étude expérimentale et par modélisation de l'impact des barrières d'étanchéité sur la performance thermique des isolants sous vide

DUFORESTEL T., YRIEIX B., POMPEO C.
CIFQ 2007: 8e colloque interuniversitaire franco-québécois sur la thermique des systèmes, 28-30 mai 2007, Montréal, CAN, 7 p.

Using whole building HAM modelling to design experimental facility for testing performance of light building envelopes

PIOT A., WOLOSZYN M., BRAU J., QUENARD D.
CISBAT 2007, September 4-5, 2006, Lausanne, CHE, 6 p.

The simple hourly method of prEN 13790: a dynamic method for the future

MILLET J.R.
Clima 2007 "WellBeing Indoors", June 10-14, 2007, Helsinki, FIN, 8 p.

A new model for BTES systems model development, comparison and application to an office building

PARTENAY V., RIEDERER P., WURTZ E., PINCEMIN S.

Clima 2010, 10th Rehva world congress "Sustainable energy use in buildings", 9-12 May, 2010, Antalya, TUR, 8 p.

Dimensional analysis of ventilation systems to study isothermal flows in steady and transient conditions

LE ROUX N., FAURE X., INARD C., SOARES S., RICCIARDI L.

Clima 2010, 10th Rehva world congress "Sustainable energy use in buildings", 9-12 May, 2010, Antalya, TUR, 8 p.

Évaluation of a new methodology for improving ground coupled systems: an application with geothermal heat pumps

PARTENAY V., RIEDERER P., PINCEMIN S., WURTZ E.,

Clima 2010, 10th Rehva world congress "Sustainable energy use in buildings", 9-12 May, 2010, Antalya, TUR, 7 p.

ICT supported concept of dynamic energy monitoring on a neighbourhood level

KLOBUT K., DECORME R., SCHUBERT M., SCHUELE S., VESANEN T., ALA-JUUSELA M.

Clima 2010, 10th Rehva world congress "Sustainable energy use in buildings", 9-12 May, 2010, Antalya, TUR, 8 p.

Time dependent flow in displacement ventilation considering thermal massive volume

FAURE X., LE ROUX N.

Clima 2010, 10th Rehva world congress "Sustainable energy use in buildings", 9-12 May, 2010, Antalya, TUR, 8 p.

Enveloppe hybride pour bâtiment économe

JOUSSELLIN F., FAURE X., JOHANNES K., QUENARD D., PIERSON P.

CNRIUT 2008 - 14e Colloque National de la Recherche en IUT, 29-30 mai 2008, Villeurbanne, FRA, 9 p.

Monitoring of 120 solar water heaters in France

BUSCARLET C., CACCAVELLI D. ESTEC 2007, 3rd European Solar Thermal Energy Conference, June 19-20, 2007, Freiburg, DEU, 4 p.

Integrated PCMs solar system within the building envelop

FAURE X., JOHANNES K., JOUSSELIN F., PERSON P., QUENARD D.

Heat SET 2007 - Heat transfer in components and systems for sustainable energy technologies, April 18-20, 2007, Chambéry, FRA, 8 p.

Use of PCM in glass block walls for summer thermal comfort

JOHANNES K., FAURE X., BONTEMPS A., QUENARD D.

Heat SET 2007: Heat transfer in components and systems for sustainable energy technologies, April 18-20, 2007, Chambéry, FRA, 8 p.

Simulation de l'efficacité énergétique d'un bâtiment sur fondations géothermiques

PARTENAY V., RIEDERER P., PINCEMIN S.

IBPSA France 2008, 6-7 novembre 2008, Lyon, FRA, 9 p.

Automatic Cx tool for electrical building

COUILLAUD N., JANDON M., VIAUD B., CLEMENCON B.

ICEBO 2007 - International Conference for Enhanced Building Operations, November 1-2, 2007, San Francisco, USA, 8 p.

Physical layer specification for wireless sensor networks dedicated to evaluation of buildings energetic performances

DESSALES D., POUSSARD A-M, VAUZELLE R., RICHARD N., GAUDAIRE F., MARTINSONS C.

ICWITS 2010 - 2010 IEEE International Conference on Wireless Information Technology and Systems, August 28-September 3, 2010, Honolulu, Hawaiï, USA, 4 p. [doi:10.1109/ICWITS.2010.5611851]

Modélisation des propriétés radiatives de matrices mésoporeuses de silice : influence de la structuration

LALLICH S., GRIGOROVA V., GILLES J., ENGUEHARD F., BAILLIS D., QUENARD D.

Matériaux 2000, 18-22 octobre 2010, Nantes, FRA, 10 p.

Performance Comparison Between two Copolymer Hybrid PV/T collectors > txt integral en attente

CRISTOFARI C., NOTTON G., POGGI P., MATTEI M., BODDAERT S.

Proceedings of ISES World Congress 2007 "Solar Energy and Human Settlement", 18-21 September 2007, Beijing, CHN, Springer, 2009, p. 2557-2564 [doi:10.1007/978-3-540-75997-3_517]

SYSMEO: Sustainable Building Management Tool

NIBEL S., ANDRIEUX F., CUENOT S., MAISSA S.

SB10, Sustainable Building Conference, September 22-24, 2010, Espoo, FIN, 10 p.

Experimental and numerical comparison of heat transfer in a naturally ventilated roof cavity

BRUN A., WURTZ E., QUENARD D.

SimBuild 2010 - 4th national conference of IBPSA-USA, August 11-13, 2010, New York, USA, p. 160-169

Comportement thermique et perméabilité des bâtiments : recherche de points singuliers

BERTHINEAU B.

Thermogram' 2007 : thermographie instrumentale et industrielle, 13-14 décembre 2007, Châlons en Champagne, FRA, 8 p.

Étude de la stratification dans les ballons d'eau chaude solaires

BLANDIN D., KRAUSS G., BOUIA H., RIEDERER P., CACCAVELLI D.

VIIIe Colloque interuniversitaire Franco-Québécois sur la thermique des systèmes, 28-30 mai 2007, Montréal, CAN, 6 p.

Étude expérimentale de la production énergétique d'un panneau solaire hybride PVTH intégré au bâti

BODDAERT S., MORLOT R., MENEZO C.
VIIIe Colloque interuniversitaire Franco-Québécois sur la thermique des systèmes, 28-30 mai 2007, Montréal, CAN, 7 p.

Rafraîchissement passif des bâtiments tertiaires à l'aide de matériaux à changement de phase

CHLELA F., ALESSANDRINI J.M., HUSAUNNDEE A., INARD C.
VIIIe Colloque interuniversitaire Franco-Québécois sur la thermique des systèmes, 28-30 mai 2007, Montréal, CAN, 6 p.

A simple, neutral building data model

KEILHOLZ W., FERRIES B., ANDRIEUX F., NOEL J. Zarli A., Scherer R. (Eds.), eWork and eBusiness in architecture, engineering and construction: ECPPM 2008, September 10-12, 2008, Sophia-Antipolis, FRA, Taylor & Francis, 2009, p. 105-109

∞ **Autres communications**

Certification énergétique : comparaison des approches françaises et slovaques et application des méthodes à des bâtiments slovaques, comparaison des méthodes, conclusions

ZIRNGIBL J.
CONECO 2009 Conférence Franco-Slovaque sur les économies d'énergie dans les bâtiments, 31 mars-4 avril 2009, Bratislava, SVK, 8 p.

Certification énergétique : présentation des méthodes françaises, secteur tertiaire public, DPE "Consommations"

ZIRNGIBL J., FRANCOIS C.
CONECO 2009 Conférence Franco-Slovaque sur les économies d'énergie dans les bâtiments, 31 mars-4 avril 2009, Bratislava, SVK, 6 p.

Certification énergétique: présentation de la méthode de calcul française

LAHMIDI H.
CONECO 2009 Conférence Franco-Slovaque sur les économies d'énergie dans les bâtiments, 31 mars-4 avril 2009, Bratislava, SVK, 6 p.

Évaluation de l'amélioration de la photoconversion par refroidissement actif en utilisant une approche Matlab/Simulink

BODDAERT S., MORLOT R., MENEZO C., POGGI P., CRISTOFARI C.
JITH 2007, 13èmes Journées Internationales de Thermique, 28-30 août 2007, Albi, FRA, 5 p.

Guides

Guidebook on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings (IEA-ECBCS Annex 45)

HALONEN L., TETRI E., BHUSAL P. (Eds), avec la collab. de JANDON M., COUILLAUD N. et MARTINSONS C.
Aalto University, 2010, 347 p. + annexes

Quelles solutions pour des bâtiments de bureaux climatisés à moins de 100 kWh/m² ? Guide des solutions pratiques

MARCHIO D., FILFLI S., FLEURY E., ALESSANDRINI J.M., MILLET J.R., DAMOLIS P., GOURMEZ D.
e-Cahiers, Guide technique, Cahier 3588_V2, 2008, 59 p.

Rapports

ARTINOVA : le rôle des artisans novateurs dans la diffusion des meilleures techniques énergétiques disponibles

COLOMBARD-PROUT M., LAUMONIER C., ROUDIL N.
octobre 2007, 137 p.

Comparaison internationale bâtiment et énergie

CARASSUS J. (coord.)
Ademe/PUCA, décembre 2007, 152 p.

Description de bâtiments exemplaires à basse consommation réalisés en France : FICHE-BBC

ALESSANDRINI J.M.
novembre 2008, 62 p.

Energies renouvelables et lutte contre l'exclusion : pour que les énergies renouvelables profitent aussi aux ménages défavorisés

CSTB-Ademe (avec la collab. de BUSCARLET C.)
septembre 2007, 43 p.

Étude de la mise en oeuvre d'une unité compacte de chauffage et ventilation

FLEURY E., DESILLE J.
février 2007, 46 p.

Étude de l'impact d'un faux plafond sur l'inertie thermique et la température opérative à l'intérieur d'un local

MIGNOT O.
juin 2010, 39 p. + annexes

Fiabilisation des modules photovoltaïques en tant que produit verrier de construction

BODDAERT S., FADEL J.
février 2010, 49 p.

Vers des bâtiments à énergie positive : proposition de structuration des actions de recherche

VISIER J-C. *et al.*
juin 2009, 16 p.

CONGRÈS, COLLOQUES, CONFÉRENCES

Rencontres annuelles Énergivie,
Région Alsace-ADEME-CSTB :
– 3e rencontres, 27-30 mars 2007,
Mulhouse
– 4e rencontres, 20-24 mai 2008,
Mulhouse
– 5e rencontres, 15 au 19 avril,
Mulhouse
– 6e rencontres, 23-25 juin 2010,
Strasbourg

**IVIS 2009, 9th International
Vacuum Insulation Symposium,**
September 17-18, 2009, London
Daniel QUENARD (membre du
comité scientifique)

**EUROSUN 2010, International
scientific conference on solar
heating, cooling and buildings,** 28
September-1st October 2010,
Graz, Austria
Dominique CACCAVELLI (relecteur)

**Géothermie très basse
température,** Journée d'échanges
CSTB-BRGM-ADEME, Sophia
Antipolis, 16 -17 décembre 2009
Peter RIEDERER (organisateur)

**Ateliers PUCA organisés dans le
cadre de l'appel à idées CQHE -
Concept qualité habitat énergie,**
Paris-La Défense
– ACV, coût global et énergie en
fonctionnement, 16 avril 2008
– Sécurité et hygiène, 14 mai 2008
– Énergie et modélisation, 25 juin
2008
– Présentation des projets de
l'appel à idées, 5 novembre
2008
– Bâtiment à énergie positive, 17
juin 2010
Jean-Marie ALESSANDRINI
(organisateur)

RÉSEAUX SCIENTIFIQUES

**ANCRE - Alliance nationale de
coordination de la recherche pour
l'énergie**
Hervé CHARRUE (membre du
comité de coordination),
Dominique CACCAVELLI
(Participation au Groupe
Programmatique 4 "Énergies
solaires")

**ANR - Comité scientifique
sectoriel "Énergie"**
Hervé CHARRUE (membre, 2009-
2010)

**CIE - Commission internationale
de l'éclairage, Division 3, Comité
Technique 3.47 sur l'éclairage
naturel dynamique (TC 3-47)**
Michel PERRAUDEAU
(participation)

Cluster Lumière
Christophe MARTINSONS
(membre du CA), François OLIVE
(participant)

**E2BA - Energy Efficient Buildings
Association**
Luc BOURDEAU (secrétaire
général)

**ESTTP - European Solar Thermal
Technology Platform**
Dominique CACCAVELLI
(participation Focus Group 1
"Solar Thermal Systems for
Buildings", WG 1e "System Design
and Performance"), Peter
RIEDERER (participation au Focus
Group 1 "Solar Thermal Systems
for Buildings", WG 1b "Storage")

**GEsSI - Groupe d'Échanges Sur la
Super Isolation**
Claude POMPEO (participation)

**IEA ECBCS Annex 52 "Towards
Net Zero Energy Solar Buildings"
(2008-2013)**
Laurent REYNIER, Charles PELE
(participation)

**PREBAT - Comité Socio-
économique**
Haitham JOUMNI (participation)

**Projet Castor & Pollux (Centre
d'essais et de recherche
thermique du groupe Atlantic) -
Comité scientifique**
Charles PELE (membre)

**SOCOL - Plateforme collaborative
interprofessionnelle sur le solaire
thermique**
Dominique CACCAVELLI
(participation)

VALORISATION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

LOGICIELS

SOLEN - Réalisé par le CSTB
(Département Énergie Santé
Environnement : Dominique
CACCAVELLI, Carol BUSCARLET)
dans le cadre du projet européen
Solar Keymark II, ce logiciel
permet le calcul des performances
des installations solaires
thermiques conformément à la
norme européenne EN 15316-4-3
(évaluation des apports en énergie
solaire, des économies d'énergie
apportées par l'installation et des
émissions de CO2 évitées).

**TRNSYS (TRAnSient SYstem
Simulation Program) 17
Simulation Studio -**
Environnement modulaire de
simulation dynamique de
bâtiments et de systèmes, TRNSYS
17 Simulation Studio est dédié au
calcul des performances
thermiques des bâtiments
multizones et de leurs
équipements, ainsi que des
systèmes thermiques en général.
Co-développé par le département
Technologies de l'Information et
Diffusion du Savoir du CSTB,
TRANSOLAR, University of
Wisconsin Solar Energy Lab (SEL)

ACTIVITÉS DE FORMATION

ACTIVITÉS D'ENCADREMENT

Thèses en cours

Méthode numérique pour l'évaluation du bilan d'éclairage intérieur (2008-2011)

Amélie MARTINEZ
École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE)
Encadrants CSTB : Michel PERRAUDEAU, Christophe MARTINSONS

Un défi pour l'architecture : la conception de constructions économes en énergie - Le cas des "nanotours" et des rénovations (2009-2012)

Laëtitia ARANTES
École nationale supérieure d'architecture de Grenoble (ENSAG)
Encadrant CSTB : Daniel QUENARD

Méthodes d'optimisation pour les bâtiments à énergie positive (2009-2012)

Fabien TALBOURDET
École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE)
Encadrant CSTB : Franck ANDRIEUX

Thèses soutenues

Optimisation d'enveloppe hybride pour bâtiment à haute performance énergétique

Xavier FAURE
Université Joseph Fourier, 2007
Encadrant CSTB : Daniel QUENARD (examineur)

Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie

Fadi CHLELA
Université de La Rochelle, Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert et de l'Instantanéité : Agro-industrie et Bâtiment (LEPTIAB), 2008
Encadrants CSTB : Ahmad HUSAUNDEE, Peter RIEDERER (examineurs)

Développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie

Nazila Kahina HANNACHI-BELKADI
Université Paris-Est Marne-la-Vallée - École doctorale Ville et Environnement, 2008
Encadrant CSTB : Mireille JANDON

Vieillesse thermohydrrique de silices nanométriques

Benoît MOREL
Université de Tours, 2008
Encadrant CSTB : Daniel QUENARD (examineur)

Conception et optimisation des enveloppes pour super-isolants thermiques sous vide

Géraldine GARNIER
INPG Grenoble, 2009
Encadrant CSTB : Daniel QUENARD

Gestion intelligente et performance énergétique des façades actives de type "double peau"

Valentin-Florian GAVAN
INSA Lyon - Centre de Thermique de Lyon (CETHIL), 2009
Encadrant CSTB : Christian MURESAN (examineur)

Conception et optimisation de fondations géothermiques

Vincent PARTENAY
Polytech' Savoie -Laboratoire Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement (LOCIE), 2010
Encadrant CSTB : Peter RIEDERER

Laboratoire multisite pour le test et l'évaluation des PAC géothermiques

Mickaël PHILIPPE
École des Mines de Paris, 2010
Encadrant CSTB : Peter RIEDERER

Modélisation et validation expérimentale de nouveaux concepts de ballons solaires à forte stratification

David BLANDIN
INSA Lyon - Centre de Thermique de Lyon (CETHIL), 2010
Encadrant CSTB : Dominique CACCAVELLI (examineur)

Développement d'une méthode d'optimisation multicritère de scénarios de réhabilitation de bâtiments tertiaires : application à l'évaluation de dispositifs de rafraîchissement hybrides

Fanny PERNODET-CHANTRELLE
École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE), 2010
Encadrant CSTB : Hicham LAHMIDI

Amélioration du confort d'été dans des bâtiments : intégration d'un système de stockage ou déphasage thermique

Adrien BRUN
Polytech' Savoie -Laboratoire Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement (LOCIE), janvier 2011
Encadrant CSTB : Daniel QUENARD

Post-doctorats

Étude expérimentale et numérique d'une paroi contenant des matériaux à changement de phase (2007-2008)

Matthieu COSNIER
Encadrants CSTB : Kevyn JOHANNES, Daniel QUENARD

Thermique de l'enveloppe - Acquisition des connaissances (2007-2008)

Quoc-Hung HUYNH
Encadrants CSTB : Kevyn JOHANNES, Daniel QUENARD

Conception et développement d'une plate-forme ouverte d'intégration de modèles numériques des systèmes innovants pour une approche globale (2007-2009)

Alexandre NASSIOPOULOS
Encadrant CSTB : Werner KEILHOLZ

Accueil d'étudiants (stagiaires de niveau bac+5)

Bâtiments très basse consommation : méthodologie d'évaluation

GARY D.
Projet de fin d'étude,
Département génie civil et construction, ENPC, 2007

Climatisation hybride des immeubles de bureaux : contributions au projet Climhybu

ZAHM A.L.
Projet de fin d'études,
département Ville Environnement Transport, ENPC, 2008

Comportement thermique des modules photovoltaïques intégrés au bâtiment

AIT OUMEZIANE Y.
Projet de fin d'études, spécialité Thermique, ENSMA, 2009

Données météorologiques et confort d'été : étude de cas dans le logement individuel

MARQUE PUCHEU S.
École Centrale de Lyon, 2009

Estimation et valorisation du potentiel des eaux rejetées dans l'habitat

CLERENT O./AUBERT A.
Projet de fin d'étude, École Polytechnique de l'Université de Nantes, 2007

Étude des phénomènes de convection à la surface de capteurs solaires

GRANOUILAC J.
Projet de fin d'étude, École Polytechnique de l'Université de Nantes, 2007

Étude et conception d'un prototype d'outil pour l'évaluation des performances énergétiques et du confort des bâtiments avec ses équipements

COTE A.
Master 2 Sciences de l'Ingénieur, Mécanique des Fluides et Énergétique, Paris VI - Université Pierre et Marie Curie, 2007

Facteur de lumière du jour et autonomie en éclairage naturel : proposer un outil d'estimation adapté au référentiel HQE

LABAT G.
Stage 3e année "Eclairage, Acoustique et Climatisation", École supérieure d'ingénieurs de Poitiers, 2009

Modélisation d'une unité compacte pour le chauffage et le refroidissement des maisons passives

BOYER M.
INSA de Rouen, 2007

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

Cours

Systèmes énergétiques et énergies renouvelables

Dominique CACCAVELLI
Université de Corte, Master Sciences pour l'Environnement 2007-2010 (12h/an)

Solaire thermique

Dominique CACCAVELLI
Lycée Léonard de Vinci, Antibes, Licence Pro Bâtiments à Hautes performances énergétiques 2009-2010 (20h/an)

Production décentralisée de l'électricité

Hicham LAHMIDI
IUT de Marne-La-Vallée, Licence Pro Bâtiment et Construction, option BBC

Production de froid

Hicham LAHMIDI
IUT de Marne-La-Vallée, Licence Pro Bâtiment et Construction, option BBC

Économie d'énergie dans l'habitat

Jean-Marie ALESSANDRINI
Université de Haute Alsace (UHA), Faculté des sciences et techniques, Licence Pro énergie et génie climatique, option énergies nouvelles et développement durable (EN2D) 2008-2009 (16h/an)

Économie d'énergie dans l'habitat

Jean-Marie ALESSANDRINI
Université de Haute Alsace (UHA), Faculté des sciences et techniques, Laboratoire gestion des risques et environnement, Master 2 Risques et environnement, Parcours ingénierie environnementale et énergies nouvelles - 2010 (16h)

La ressource en vent - le potentiel éolien

Maëva SABRE
École Centrale de Nantes, Ingénieur, Mécanique des Fluides & Énergétique Février 2010 (4h)

Éclairage intérieur : artificiel, naturel et mixte

Michel PERRAUDEAU
École Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers (ESIP), 3e année Section Éclairage Acoustique Climatisation 2007-2010 (10h/an)

Éclairagisme et impact énergétique des techniques innovantes d'éclairage intérieur

Michel PERRAUDEAU
Université de La Rochelle, Master 2 Gestion et Intégration de l'Efficacité Énergétique et des Énergies Renouvelables 2007-2010 (4h/an)

Éclairage naturel et mixte

Michel PERRAUDEAU
IUP Saint-Nazaire, Master Génie civil 2007-2010 (8h/an)

Bâtiment et énergie

Sandrine PINCEMIN
Université de Perpignan Via Domitia (UPVD), Licence Pro 2007-2008 (8h)

Stockage d'énergie

Sandrine PINCEMIN
Université de Corte, Master Systèmes énergétiques et énergies renouvelables 2008 (16h)

Photovoltaïque, domaine réglementaire et marché

Simon BODDAERT
Université de Nice Sophia Antipolis, Licence Pro BHPE mars 2010

Formation professionnelle

Évaluation de la performance des produits, équipements et systèmes

Coordination : Nadège BLANCHARD
FPC CSTB, 2009-2010 (2x1j/an)

Mesure de la perméabilité à l'air des bâtiments, identification et traitement des ponts thermiques

Coordination : Salem FARKH
FPC CSTB, 2009-2010 (3x1j/an)

Choix et optimisation des produits et systèmes d'éclairage

Coordination : Christophe MARTINSONS
FPC CSTB, 2009 (2x1j)

Optimisation de l'éclairage et calcul du facteur lumière-jour

Coordination : Christophe MARTINSONS
FPC CSTB, 2010 (1j)

Gestion technique des bâtiments : du cahier des charges à l'exploitation

Coordination : Mireille JANDON
Intervention de Pierre Boisson (une demie j)
FPC CSTB, 2008-2010 (1 à 3x2j/an)

RT 2005 : application à l'enveloppe

Coordination : Jean-Robert MILLET
Interventions de Salem FARKH (RT 2005 et enveloppe, règles de calcul) et Jean-Marie ALESSANDRINI (RT 2005 et confort d'été)
FPC CSTB, 2007-2010 (2x2j/an)

Les labels et certifications énergie dans la construction : connaître le référentiel BBC® Effinergie

Coordination : Rofaïda LAHRECH
FPC CSTB, 2009-2010 (3x1j/an)

Intégrer les ENR dans un projet de construction ou de rénovation

Intervention de Dominique CACCAVELLI
FPC CSTB, 2007-2010 (3x2h/an)

Intégrer l'énergie solaire thermique et photovoltaïque dans les bâtiments

Coordination : Dominique CACCAVELLI

Ponts Formation Edition, 2004-2010 (3x2j/an)

ENR : leviers d'action technico-économiques et montage des projets d'énergie renouvelables

Coordination : Dominique CACCAVELLI
Ponts Formation Edition, 2008-2010 (2j/an)

Climatisation hybride

Hicham LAHMIDI
École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE) (1 j.)

Éclairage intérieur naturel, artificiel et mixte - Confort visuel et consommations

Michel PERRAUDEAU
CREPA Normandie Rouen - Intervention dans le cadre d'une formation HQE à destination des architectes de la Région Normandie, 2008-2010 (6h/an)

Éclairage intérieur naturel, artificiel et mixte - Confort visuel et consommations

Michel PERRAUDEAU
Intervention dans le cadre d'une formation HQE à destination des architectes de la Région Parisienne, 2009-2010 (4h/an)

PARTENARIATS

CONVENTIONS-CADRE DE PARTENARIAT

BRGM - Bureau de recherches géologiques et minières
Coopération inter-Carnot autour de la plateforme géothermique multisite que le BRGM réalise.

COLLABORATIONS AUTOUR DE PROJETS DE RECHERCHE

Partenaires académiques

Armines

CETHIL - Centre de Thermique de Lyon, UMR 5008, CNRS, INSA de Lyon, UCBL

ENSAPLV - École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris La Villette

ENPC - École des Ponts ParisTech

ENS Cachan

ENSMP-CEP - École des Mines ParisTech- Sophia Antipolis, Centre Énergétique et Procédés

ENTPE - École Nationale des Travaux Publics de l'État

INSA Lyon-LGEF - Laboratoire de Génie Électrique et Ferroélectricité

Institut Simon Laplace

LMI - Laboratoire des matériaux Inorganiques, UMR 6002, CNRS, Université Blaise Pascal

LMOPS - Laboratoire Matériaux Organiques à Propriétés Spécifiques, UMR 5041, CNRS, Université de Savoie

Polytech'Savoie-LOCIE - Laboratoire Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement FRE CNRS 3220

Université de La Rochelle-LEPTIAB - Laboratoire d'Étude des

Phénomènes de Transfert, Instantanéité, Agro-ressources, Bâtiment, EA 4226

Université de Lille

UR Navier, UMR 8205, École des Ponts ParisTech, LCPC, CNRS

Agences et opérateurs de recherche publics

ADEME - Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

AIT Austrian Institute of Technology (Arsenal) (Autriche)

BRGM - Bureau de recherches géologiques et minières

CEA - Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives

CETE - Centres d'Études Techniques de l'Équipement

CRES - Centre for Renewable Energy Sources and Saving

FHG - Fraunhofer-Gesellschaft (Allemagne)

INES - Institut National de l'énergie solaire

LNE - Laboratoire national de métrologie et d'essais

SenterNovem (Pays-Bas)

SP Trätek - Technical Research Institute of Sweden (Suède)

Centres de recherche industriels - Laboratoires privés

EDF R&D

LABEIN Tecnalia (Espagne)

Industriels

Acciona (Espagne)

Aereco

Alstom Transport

Anjos

Atlantic

Bouygues

CECA (Arkema)

Conergy France

Cristopia Energy Systems (CIAT)

Delta Dore

EDF - Electricité de France

EXEL Composites

Goyer

Hager

IBC Solar

Lafarge

Legrand

Maison Giraud

OCV Reinforcement

PCAS Longjumeau

Philips (Allemagne, Pays-Bas)

Philips Lighting (Pays-Bas)

Photowatt

Saft - Société des Accumulateurs Fixe & de Traction

Saint Gobain

Saverbat

Schneider Electric

SMAC - Acieroid

Solaire France Sarl

Somfy

Soprema

Vinci Construction France

Maîtrise d'œuvre-Ingénierie

AIGUASOL

Cythèlia

HTC - Habitat et Territoire Conseil

Pouget Consultants

Sirius

SOGREAH

TBC Sarl

TP2E

Transénergie

Tribu énergie

Associations, organisations
professionnellesAdivet - Association pour le
Développement et l'Innovation
en Végétalisation Extensive de
ToitureEHPA - European Heat Pump
AssociationCentres techniquesCERIB - Centre d'Études et de
Recherches de l'Industrie du
bétonCETIAT - Centre Technique des
Industries Aérauliques et
ThermiqueCompositec - Centre de
Ressources des Matériaux
CompositesCTICM - Centre technique de
l'industrie des constructions
métalliques**ACCUEIL DE DOCTORANTS,
CHERCHEURS, ÉTUDIANTS**ENSAG - École nationale
supérieure d'architecture de
GrenobleENSMP - École des Mines
ParisTechENTPE - École Nationale des
Travaux Publics de l'ÉtatESIP - École Supérieure
d'Ingénieurs de Poitiers

INPG Grenoble

INSA Lyon - Centre de Thermique
de Lyon (CETHIL)Polytech' Savoie-Laboratoire
Optimisation de la Conception et
Ingénierie de l'Environnement
(LOCIE)PROMES - Laboratoire PROcédés,
Matériaux et Energie Solaire,
CNRSSUPELEC - École supérieure
d'électricitéUniversité de La Rochelle -
Laboratoire d'Étude des
Phénomènes de Transfert et de
l'Instantanéité : Agro-industrie et
Bâtiment (LEPTIAB)

Université de Tours

Université Joseph Fourier

Université Paris-Est Marne-la-
Vallée

SOUTIEN AUX POLITIQUES PUBLIQUES

ÉVALUATION DE PROGRAMMES ET PROJETS DE RECHERCHE

Ademe et Conseil général Ile de France - Appel à projets pour la promotion des bâtiments basse consommation (BBC), 1ere et 2e sessions, 2009-2010
Jean-Marie ALESSANDRINI (membre du jury)

ANR - "PREBAT : Programme de Recherche et d'Expérimentations sur l'Énergie dans le Bâtiment" (Volet technologique), appel à proposition 2007
Jacques CHEVALIER (expertise de propositions pour avis du jury)

ANR - Programme Stockage Innovant de l'Énergie (Stock-E)
Sandrine PINCEMIN (expertise de projets lors des appels d'offre 2008 et 2010)

MEEDDM - PUCA - Programme "CQFD - Logements optimisés : coûts, qualité, fiabilité, délais" (2e et 3e sessions, 2007-2010)
Jean-Luc SALAGNAC (coordination des expertises et évaluation des projets) ; Stéphane HAMEURY (participation à l'évaluation) et Nicolas TAILLEFER (expert 3e session)

PARTICIPATION À L'EXPERTISE PUBLIQUE

Conseil Général de Martinique
Adaptation de la démarche HQE aux spécificités des collèges de Martinique - AMO et développement d'un référentiel de management de projet et d'évaluation de la QE des bâtiments (2006 -2010)
Thierry ZAMANSKY, Sylviane NIBEL

E2BA+CE
Energy efficient buildings multi-annual roadmap and longer term strategy (2010)
Luc BOURDEAU, Alain ZARLI

MEEDDM - DHUP
→ Détermination des consommations énergétiques des bâtiments (2008-2010)
Charles PELE

→ Benchmark des bâtiments à énergie positive (2009)
Jean-Robert MILLET, Charles PELE

→ Fiches BBC (2008)
Description de bâtiments exemplaires à basse consommation réalisés en France
Jean-Marie ALESSANDRINI

→ Une démarche d'évaluation des potentialités de réduction des surinvestissements par les effets d'apprentissage : l'exemple des bâtiments à basse consommation (2008)
Marc COLOMBARD-PROUT

→ Ventilation naturelle des espaces intérieurs (2008)
Stéphane SANQUER

MEEDDM - Grenelle de l'Environnement
→ Comité opérationnel n°1 "Bâtiments neufs publics et privés"
Alain MAUGARD (pilote)

→ Plan Bâtiment du Grenelle : Groupe de travail "Énergies renouvelables appliquées au bâtiment" (2009-2010)
Jean-Robert MILLET (membre)

AIDE À L'ÉLABORATION ET AU DÉPLOIEMENT DE LA RÉGLEMENTATION

MEEDDM - DHUP
→ Évolution de la réglementation concernant la ventilation des bâtiments (2008)
Charles PELE

→ Modèles et outils de calcul de thermique (2008)
Charles PELE

→ Appui à l'élaboration des dispositifs réglementaires et incitatifs "Bâtiment-Énergie" (2008-2010)
Rofaïda LAHRECH, Laurent REYNIER

→ Réglementation thermique
Le CSTB apporte son soutien technique au ministère pour élaborer la réglementation thermique (RT) et produire les méthodes de calcul et cœurs de calcul des logiciels permettant de les appliquer. De 2007 à 2010, ce support a porté sur les activités et études suivantes :

RT 2012

- Participation à l'écriture de la méthode (Pierre BOISSON)
- Aide à la préparation et labels associés (Alexandra LEBERT, Jacques CHEVALIER)
- Rédaction de la fiche algorithme éclairage (Christophe MARTINSONS)
- Développement cœur de calcul et aide au GT Appicateurs (Charles PELE)
- L'outil Th BCE au service de la qualité de l'air (Charles PELE)
- Révision des règles Th-U pour bâtiments neufs (Salem FARKH)
- Accompagnement de l'application des dispositifs réglementaires (Emmanuel FLEURY)
- Construction d'une méthode de calcul de consommation des ascenseurs et monte charge (Charles PELE)
- Accompagnement de la communication et du contrôle des dispositifs RT (Franck ANDRIEUX)

RT 2005

- Expertise du Titre V, traitement des cas particuliers (Pierre BOISSON)
- Outil d'aide au contrôle de l'application de la réglementation thermique 2005 (Franck ANDRIEUX)

**CONTRIBUTION AU DÉBAT
PUBLIC**

Les Bâtiments de demain
France Inter, Co2 mon amour,
samedi 12 mai 2007, 14h05-15h
Alain MAUGARD

PRODUITS D'INFORMATION

Développement, alimentation et maintenance du **site web réglementation thermique** (www.rt-batiment.fr)

Développement et maintenance du **site de la Fondation Bâtiment Energie** (www.batiment-energie.org)

> MODERNISATION DURABLE DE L'EXISTANT

Édito

Julien HANS | Julien HANS | julien.hans@cstb.fr

Sommaire

BILAN QUALITATIF	118
Axes et actions de recherche	120
1. Connaissance du parc existant	120
2. Audit de la situation initiale d'un bâtiment	121
3. Aide à la décision	122
4. Approche globale des bouquets de solutions	123
5. Ruptures technologiques et bases de données de solutions	125
5.1 Amélioration des systèmes existants	126
5.2 Produits super-isolants	126
5.3 Base de données de solutions technologiques	127
Contributeurs	129
BILAN QUANTITATIF	130

Le parc bâti français à rénover pour réduire nos émissions de gaz à effet de serre représente plus de 3 milliards de mètres carrés, dont 2,4 milliards pour le parc résidentiel. Ce dernier est constitué d'environ 31 millions de logements qui consomment en moyenne 250 kWh/m²/an – jusqu'à 350 kWh/m²/an pour les 21 millions construits entre l'après-guerre et la première réglementation thermique de 1974. Au-delà de l'objectif qui consiste à réduire la contribution du secteur du bâtiment au réchauffement climatique, le véritable enjeu réside dans le fait de proposer des solutions qui ne soient pas trop spécifiquement adaptées à cette unique finalité, afin de ne pas hériter – à l'image des constructions d'après-guerre sur le volet énergétique –, d'un parc futur inadapté vis-à-vis d'autres aspects importants du développement durable.

Il est par conséquent nécessaire de fournir des solutions efficaces énergétiquement et de les valider sur des critères d'analyse larges, tenant compte des enjeux sociaux, environnementaux et économiques. Cela implique une capacité à aborder chaque étude avec une approche fondée sur l'analyse du cycle de vie complet des performances environnementales et économiques, d'une part, et sur une analyse multicritère intégrant les performances techniques permettant une maîtrise intégrée des risques, les impacts environnementaux, sanitaires, ainsi que les performances de confort et d'usage, d'autre part.

C'est dans ce contexte que le CSTB a structuré ses efforts de recherche sur la modernisation durable de l'existant (MDE) depuis 2007 autour de grands axes allant de la connaissance du parc existant à l'identification des ruptures technologiques nécessaires à sa modernisation. Les projets autour de ces thèmes reposent sur les contributions d'une centaine de chercheurs qui travaillent en lien très étroit avec les acteurs socio-économiques de la construction et le réseau scientifique et technique français et européen, en particulier dans le cadre des projets collaboratifs, qui représentent plus de la moitié des actions de recherche du programme.

Cette organisation – reflet des grands enjeux liés à la modernisation du parc qui impliquent la mise en synergie de nombreux champs disciplinaires – relève d'une construction collective, fondée sur la compréhension des enjeux, des besoins et des approches inhérents aux différents thèmes mobilisés par le programme MDE, donne d'ailleurs des résultats encourageants, en particulier en termes de production de connaissances et d'outils répondant de manière beaucoup plus complète aux attentes des acteurs de la construction.

BILAN QUALITATIF

Le programme de recherche « Modernisation durable de l'existant » (MDE) vise à apporter des connaissances, à développer des outils d'analyse ou de modélisation. Il est structuré en cinq sous-programmes présentant de fortes intrications, et représentatifs des différents points névralgiques à analyser pour reconstruire un parc de bâtiments sobre énergétiquement et respectueux des principes du développement durable. Ces sous-programmes portent sur :

- la connaissance du parc existant (typologie et cartographie) ;
- l'audit de la situation initiale permettant de déterminer le potentiel de réhabilitation des bâtiments existants, notamment du point de vue énergétique ;
- les méthodes et outils d'aide à la décision ;
- la cohérence des différents bouquets de solutions disponibles avec la performance globale attendue ;
- les ruptures technologiques nécessaires à l'amélioration de la performance énergétique ;
- l'élaboration d'une base de données permettant de rassembler et capitaliser les connaissances autour des solutions technologiques adaptées à la réhabilitation énergétique (enveloppe et équipements).

Depuis 2007, pour faire avancer la recherche sur ces thèmes, les chercheurs du CSTB issus des départements les plus concernés par ces problématiques (Économie et sciences humaines, Enveloppe et revêtement, Acoustique et éclairage, Énergie-Santé-Environnement, Technologies de l'information et diffusion du savoir, Sécurité-Structures-Feu) se sont organisés autour d'équipes pluridisciplinaires favorisant des réponses décroisées aux questions posées à la recherche.

Connaissance du parc existant

Orienter les politiques publiques et assister les gestionnaires de patrimoine dans leur stratégie immobilière nécessite une connaissance relativement précise des parcs de bâtiments. Cette connaissance qui touche aux domaines techniques, sociologiques, financiers ou économiques est très diversifiée. D'une part, chacun de ces domaines se décline lui-même en différentes thématiques faisant intervenir un grand nombre de caractéristiques, d'informations et de données à recueillir. D'autre part, le parc existant est très important et hétérogène, les bâtiments se différenciant par leurs caractéristiques

constructives, leurs usages et leurs occupants, et ayant souvent subi des transformations. Cela engendre des problématiques et des interventions de différents niveaux en regard d'enjeux et de contextes également variés.

Des maquettes numériques de bâtiments représentatifs du parc de bâtiments français, sémantisées avec l'ensemble des éléments susceptibles d'héberger une étude de rénovation complète, sont aujourd'hui en cours de développement. Elles permettront d'expérimenter l'usage des outils interopérables pour les études et recherche à venir.

Audit de la situation initiale d'un bâtiment

En complément des études à l'échelle du parc, ce sous-programme travaille à l'échelle d'un ouvrage particulier. Une des spécificités d'une opération de réhabilitation est la complexité des jeux de contraintes et d'opportunités que présente le bâtiment à rénover. Prendre en considération conjointement la structure, la morphologie, la localisation du bâtiment existant, la nature des acteurs décisionnels (occupants, financeurs, entreprises...), les aspects réglementaires (urbanisme, thermique, acoustique, incendie, séisme, etc.) nécessite avant tout une capacité à réaliser un audit rigoureux sur chaque domaine d'expertise.

L'hypothèse privilégiée dans ce cadre est qu'une telle superposition d'expertises ne peut être intégrée qu'au travers d'un outil construit par des spécialistes de différentes disciplines, et pensé avec et pour les acteurs de terrain.

C'est dans ces perspectives qu'a été développé l'outil *Réhascope* depuis 2007.

Aide à la décision

Ce sous-programme doit permettre d'appréhender l'ensemble des éléments à prendre en considération – en vue de réhabiliter et de capitaliser l'expérience des opérations réalisées –, afin de proposer des packs de solutions avec assistance maximale aux utilisateurs et une approche pluridisciplinaire. On y construit des guides et des outils permettant la discussion avec les acteurs (outils de type contrats de performance énergétique ou d'aide au choix, méthodes de calculs ou d'optimisation de solutions capables de quantifier les performances du bâtiment avant et après rénovation). Il s'agit d'un enjeu majeur, puisqu'il est question *in fine* de permettre la préconisation et le choix des bouquets de solutions qui valident l'ensemble des points réglementaires (incendie, sismique, stabilité, acoustique,

thermique, etc.) mais aussi volontaires (développement durable, environnement, sanitaire, économiques, etc.), en s'adaptant au mieux aux contraintes et aux exigences imposées par l'ouvrage à rénover (son environnement, son usage et ses occupants).

En plus d'orienter vers les bonnes décisions, ces outils doivent également permettre de déclencher la prise de décision, en vue d'augmenter le taux de renouvellement du parc existant, aujourd'hui seulement de 1%. Une action spécifique sur les copropriétés, en collaboration avec FONCIA et la Banque Populaire, a permis la construction de processus innovants portant sur de nouveaux montages financiers, des bouquets de travaux adaptés à des performances attendues, le développement de nouvelles compétences et de nouvelles méthodes de travail du gestionnaire de copropriétés et de ses partenaires.

Approche globale des bouquets de solutions

Ce sous-programme fait le lien entre les travaux de recherche portant sur l'aide à la décision et ceux portant sur les ruptures technologiques. Il vise à assurer la cohérence des bouquets de solutions proposés avec l'ensemble des performances attendues d'un ouvrage dans son environnement. Son objectif est de dimensionner des bouquets de solutions adaptés à différentes typologies de bâtiments en permettant une analyse holistique et performancielle de leur intégration dans le bâti existant. Une fois les bouquets de solutions identifiés, le CSTB sera en situation de proposer de façon systématique des solutions pour sécuriser les résultats globaux à l'échelle de l'ouvrage.

À titre illustratif, les projets ODMIR 4 et MITECH ont développé cette approche sur le segment des maisons individuelles, pendant que le projet SIRTERRI vise à développer un système industrialisé d'isolation thermo-acoustique pour les bâtiments tertiaires.

Ruptures technologiques

Si la rénovation des bâtiments existants est loin d'être un défi purement technologique, les travaux autour des nouvelles technologies restent néanmoins indispensables, en particulier en ce qui concerne l'intégration des isolants minces, le solaire thermique et photovoltaïque (ainsi que la problématique du stockage, etc.), les pompes à chaleur (PAC), les systèmes de ventilation adaptés à la modernisation, la récupération d'eau ou encore la récupération d'énergie sur eaux usées, air, etc.

Base de données de solutions technologiques

Si un effort doit encore être réalisé sur les développements des technologies nouvelles telles que les produits superisolants, les technologies nécessaires à la rénovation du parc existant sont majoritairement déjà développées, mais il reste un travail conséquent à réaliser sur leur caractérisation globale. À cet effet, une base de solutions technologiques regroupant l'ensemble des performances essentielles au bon fonctionnement de l'ouvrage et permettant d'alimenter les bouquets de solutions adaptés à chaque type d'ouvrages et d'occupants a été développée. À terme, elle doit également permettre d'identifier les besoins nouveaux en termes de développement et de communiquer sur des « fiches produits » complètes, permettant une évaluation objective des solutions mises à disposition.

AXES ET ACTIONS DE RECHERCHE

Les travaux et les résultats des recherches menées depuis 2007 sont présentés par sous-programme, suivis de la liste des actions et des projets de recherche au travers desquels ils se sont déployés.

1. CONNAISSANCE DU PARC EXISTANT

Responsable : Rofaïda LAHRECH

La France compte aujourd'hui 31 millions de logements et assimilés, dont 26 millions de résidences principales, 3 millions de résidences secondaires et 2 millions de logements vacants. Parmi les résidences principales, on compte 11 millions de logements destinés à la location et 15 millions occupés par leur propriétaire. Le parc se décompose en 15 millions de maisons individuelles et 11 millions de logements en immeubles collectifs (dont 25 % sont des copropriétés et 35 %, du logement social). Les bâtiments qui consomment le plus d'énergie sont ceux qui ont été construits entre 1949 et 1974. Ils représentent environ 21 millions de logements (70 % du parc) et consomment aux alentours de 350 kWh/m²/an, alors que sur l'ensemble du parc existant la dépense énergétique est d'environ 250 kWh/m²/an.

Les immeubles destinés à une activité tertiaire ou commerciale représentent 34 % du parc bâti (800 millions de mètres carrés dont 65 % pour le commerce, l'enseignement et les bureaux) et présentent une consommation moyenne aux environs de 220 kWh/m²/an. Les bâtiments publics constituent la moitié de ce parc dont le taux annuel de renouvellement se situe aux alentours de 3 %.

Les questions relatives à la modernisation du parc français posent des problèmes différents, fonction non seulement de l'âge des bâtiments, de leur localisation, de leur statut d'occupation et d'autres critères intrinsèques, mais également des types d'interventions en vue de leur rénovation, de la nature des intervenants et des résultats attendus. Pour y répondre, travailler sur la connaissance des bâtiments existants en segmentant le parc selon des familles homogènes apparaît comme une voie prometteuse, mais qui pose néanmoins la question de la segmentation adaptée pour répondre aux divers besoins.

La réflexion menée autour de cette problématique au CSTB vise à disposer des connaissances sur les bâtiments existants en vue de leur modernisation. Dans ce cadre, les typologies de bâtiments sont considérées comme un moyen concret pour rassembler les différentes connaissances et les faire évoluer.

Pour les bâtiments résidentiels, la typologie retenue est fondée sur l'âge des bâtiments et leur type (maison individuelle [MI] / logement collectif [LC]). En croisant sept périodes, fonction des dates d'achèvement de la construction avec les deux types de logements (MI ou LC), on aboutit à quatorze segments de parc différents.

Le travail consiste ensuite à rassembler et à organiser les connaissances selon un formalisme structuré autour de trois points essentiels :

- les connaissances sur l'ensemble du segment : repères historiques, repères architecturaux et de construction, éléments statistiques, études déjà réalisées, description générale (formes architecturales, caractéristiques du bâti et des équipements, pathologies, modernisation-organisation des acteurs et types d'actions engagées) ;
- la définition et la justification, pour un segment donné, de familles homogènes selon leurs spécificités ;
- la description détaillée, pour chaque famille, d'au moins un bâtiment de type représentatif.

La collecte et l'organisation des connaissances ainsi que la description de bâtiments-types permettent de couvrir à ce jour environ 45 % des résidences principales françaises (RPF).

Ce travail d'exploration de l'ensemble du parc de bâtiments résidentiels a permis d'apporter des éléments essentiels pour les autres thèmes du programme MDE, en particulier pour les études sur la précarité énergétique, celles concernant les solutions de rénovation thermo-acoustique ainsi que pour les travaux relatifs à l'élaboration des maquettes numériques des bâtiments-types.

L'état d'avancement des travaux ouvre aujourd'hui des perspectives de partenariat avec la DRIEA (Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'aménagement).

Parallèlement, une étude sur le comportement des ménages a été engagée en 2009, ayant pour objet de proposer un outil susceptible d'identifier les pratiques de l'espace habité (qu'il s'agisse de logements ou d'immeubles tertiaires). Il est en effet difficilement envisageable, lorsqu'il est question des pratiques de l'habiter, de produire une classification des comportements comme il est courant de le faire pour répertorier les produits de

construction. Néanmoins, il est possible de faire émerger des figures de l'habiter indissociables d'une problématique de recherche qui questionne le rapport au logement, à l'espace de travail ou de service. L'importance de l'analyse des usages de l'habiter en corrélation avec celle des caractéristiques du bâti est manifeste, mais il s'agit aujourd'hui d'utiliser ces analyses, orientées sur les sciences sociales, comme des moyens de construire un raisonnement pluridisciplinaire en amont, plutôt que comme variable explicative du comportement des individus en fin de raisonnement.

C'est dans ce cadre que se déploie le projet ENERGIHAB, mené en collaboration avec le CNRS et EDF (programme « Villes et territoires durables »), afin d'analyser les modalités selon lesquelles se construisent et s'organisent les rapports à l'énergie des ménages dans le logement mais également dans les pratiques quotidiennes et occasionnelles de mobilité.

PROJETS DE RECHERCHE MENÉS AUTOUR DE LA CONNAISSANCE DU PARC

- **Base de connaissances bâtiments existants – cartographie du parc** (2008-2010)
Rofaïda LAHRECH
- **Portrait ROBOT et bâtiments types** (2010)
Stéphanie DEROUINEAU
- **Outil Diagnostic de Performance Énergétique (DPE)** (2008)
Dominique BOIRET
- **Comportement des ménages et énergie** (2009-2010)
Nadine ROUDIL
- **BAT EXIST CONSO** (2008-2009)
Projet cofinancé par l'Ademe et la DHUP sur la mise en place de la Réglementation bâtiment existant
Rofaïda LAHRECH

2. AUDIT DE LA SITUATION INITIALE D'UN BÂTIMENT

Responsables : Bertrand RUOT, Charlotte ABELE

Les travaux de recherche menés dans le cadre de l'action « Réhascope : comment définir la situation énergétique initiale d'un bâtiment à réhabiliter ? » visent à déterminer le potentiel de réhabilitation énergétique d'un bâtiment existant. Cette étude est centrée sur les bâtiments d'habitation construits entre la fin de la Seconde Guerre mondiale et 1974, année de l'entrée en application de la première réglementation thermique. L'objectif est d'identifier, de structurer et de quantifier les paramètres susceptibles d'influencer les choix techniques d'amélioration énergétique d'un bâtiment.

L'outil final résultant de ces travaux est un outil informatique d'aide au diagnostic qui doit permettre, grâce à la hiérarchisation des différents paramètres, de faciliter la reconnaissance d'un bâtiment et d'en créer une image utilisable pour construire ensuite un projet de rénovation. Sa valeur ajoutée est apportée par l'analyse du diagnostic avec la formulation de recommandations face à une technique ancienne, sujette aux dégradations, à des difficultés financières éventuelles ou bien encore dans un contexte réglementaire précis.

Pour atteindre cet objectif, il a été nécessaire de capitaliser et d'améliorer les connaissances de l'ensemble du parc de logements, qu'il s'agisse d'immeubles collectifs ou de maisons individuelles, en particulier sur les aspects suivants :

- la nature des acteurs décisionnels ;
- la connaissance des techniques constructives rencontrées dans le bâti existant ;
- l'état du bâtiment à rénover ;
- les leviers et freins identifiés pour la construction d'un projet de rénovation.

L'ensemble de ces points a fait l'objet de recherches de 2007 à 2010 qui ont dans un premier temps pris la forme de spécifications écrites pour être ensuite intégrées dans l'outil informatique. La construction de l'outil a consisté en l'assemblage des différentes briques composant la description d'un bâtiment initial existant, suivi de la démonstration des possibilités de saisies, de traitement des données saisies par le biais d'une restitution de règles expertes, ainsi que de calculs déduits dans une application informatique utilisable en ligne.

Les recherches à venir visent d'une part à valider et à intégrer l'ensemble des briques thématiques ou technologiques (acoustique, environnementale, social, équipements, enveloppe, structure, etc.) dans l'outil ainsi que les règles expertes associées, et d'autre part à permettre la génération d'un rapport de situation et d'analyse de l'opération. La mise en place d'un espace de gestion permettant la saisie de nouvelles règles expertes par un utilisateur de profil non informaticien est également prévue.

3. AIDE A LA DECISION

Les concepteurs ou rénovateurs de bâtiments ont aujourd'hui pour objectif de construire des bâtiments à faibles impacts environnementaux (consommation d'énergie totale, d'eau, de ressources naturelles, émission de déchets, etc.), à coûts maîtrisés et d'un niveau de confort optimal. Les acteurs intervenant lors de la conception ou de la réhabilitation des bâtiments sont ainsi amenés à travailler ensemble dès la définition du projet pour garantir les performances globales visées. Dans ce contexte, l'utilisation d'outils multicritères permet de faciliter la prise de décision.

Dans le cadre de la recherche MULTIOPT, une équipe d'experts a mis en place une méthode d'optimisation multicritère fondée sur des algorithmes génétiques intégrant l'énergie, le coût, le confort thermique, le confort visuel, l'environnement et l'acoustique. De manière à la rendre généralisable à tout type de bâtiment, la méthode a été développée dans la plateforme TRNSYS. Fondée sur l'étude typologique du CSTB détaillé dans le sous-programme « Connaissance du parc », différentes morphologies de bâtiments sont proposées aux utilisateurs. À l'issue des optimisations, une méthode d'agrégation multicritère a été élaborée. Ce projet illustre la nécessité de mettre à disposition des décideurs des informations permettant d'assister l'analyse des possibilités techniques selon une démarche multicritère.

Parallèlement, à la demande de l'ANAH, le CSTB et le COSTIC ont réalisé douze fiches guide de réhabilitation énergétique performante. Celles-ci sont destinées aux propriétaires de maisons individuelles, de logements en immeubles collectifs et aux syndicats de copropriétés. Chaque fiche concerne une famille donnée de bâtiments et aborde, à travers un exemple concret, les

questions liées à la réhabilitation énergétique. Le but consiste à montrer, à travers des scénarios de solutions performantes et réalistes, la faisabilité d'une amélioration de la performance énergétique qui atteint le niveau basse consommation et/ou le facteur 4. L'accent est mis sur les impacts énergétiques, économiques et environnementaux. Cependant, des recommandations sont apportées pour prévenir les désordres et prendre garde aux aspects relatifs à la qualité d'air, ainsi qu'au confort d'été et au confort acoustique. En s'appuyant sur ces fiches, les propriétaires disposent d'éléments intéressants dans la phase de choix et dans leurs discussions avec les professionnels.

Mais assister l'aide à la décision, c'est aussi prendre en considération les jeux d'acteurs. La recherche sur les copropriétés réalisée en collaboration avec FONCIA et la Banque Populaire consiste à faciliter les décisions à prendre dans le cadre d'une démarche complexe sur ce segment de parc. Elle permet aux copropriétaires d'organiser leurs décisions en cinq étapes successives :

1. Décision d'une étude préalable présentant différents scénarios possibles d'amélioration
2. Décision de commanditer un audit
3. Décision de commanditer un cahier des charges de travaux
4. Décision de commanditer des travaux, de (re)négocier le contrat de chauffage et d'informer les occupants
5. Décision de mesurer et d'analyser les consommations réelles, après travaux et nouveau contrat de chauffage

Ce dispositif d'aide à la décision comporte également cinq dimensions :

1. Technique (étude préalable, audit, travaux, pilotage, installation)
2. Économique (coûts d'investissement et d'exploitation)
3. Financière (financement de l'audit et des travaux par subvention, prêt, crédit d'impôt, etc.)
4. Juridique (contrats d'assistance à la maîtrise d'ouvrage, d'audit, de maîtrise d'œuvre, de travaux, de chauffage)
5. Communication (contenu pédagogique de l'étude préalable, de la présentation des résultats de l'audit, du programme de travaux, argumentaire pour chaque copropriétaire comprenant l'économie de charges, l'amélioration du confort, le prix de revente du logement, etc.)

Concernant la lutte contre la précarité énergétique, le CSTB a cherché à évaluer les travaux nécessaires à l'amélioration thermique des logements et leur faisabilité d'un point de vue socio-technique et économique. Un outil d'aide à la décision permettant de susciter une dynamique d'engagement financière par l'amélioration thermique des maisons individuelles a été développé dans le cadre d'une étude de terrain dans la communauté d'agglomération Orléans – Val-de-Loire.

La faisabilité d'un Observatoire national de la précarité énergétique répondant aux attentes (nombreuses et variées) des professionnels travaillant sur ce champ a également été étudiée à la demande de l'ADEME.

PROJETS DE RECHERCHE MENÉS AUTOUR DE L'AIDE À LA DÉCISION

- **Outil d'optimisation et de cotation multicritère** (2009-2010)
Hicham LAHMIDI
 - **Innovation et efficacité énergétique des copropriétés** (2008-2010)
Jean CARASSUS
 - **Étude de l'impact économique, social et énergétique de travaux de réhabilitation et de dispositifs palliatifs et préventifs sur des situations de précarité énergie identifiées** (2009-2010)
Isolde DEVALIERE, Rofaïda LAHRECH, Augustine FERY
 - **Précarité énergétique** (2007-2009)
Projet cofinancé par l'Ademe
Isolde DEVALIERE
 - **Guide pour les contrats de performance énergétique pour les établissements d'enseignement secondaire** (2008-2009)
Projet cofinancé par l'Ademe
Orlando CATARINA
 - **ODMIR 4** – Outils d'aide à la décision pour des maisons individuelles réhabilitées facteur 4 (2007-2010)
Outil d'aide à la décision pour la réhabilitation (solutions industrialisables pour les maisons Phénix)
Projet cofinancé par la fondation Bâtiment-Énergie
- Stéphanie DEROUINEAU, Pierre BOISSON, Mireille JANDON
 - **OPTISOL** – Combinaison optimale de solutions performantes pour les bâtiments tertiaires (2006-2009)
Méthodologie et outil permettant d'estimer les consommations totales d'un bâtiment neuf et la dépense d'exploitation annuelle, et de comparer la consommation annuelle estimée après amélioration à l'existante dans le cas d'une rénovation.
Projet cofinancé par l'ANR
Hicham LAHMIDI
 - **EI Education** – *Energy Intelligent Education for Retrofitting of Social Houses* (2006-2007)
Guide et programme de formation pour la rénovation énergétique des logements sociaux à destination des gestionnaires de parc
Projet cofinancé par l'Union européenne
Dominique CACAVELLI
 - **Modèles culturels, pratiques de l'habitat et pratiques énergétiques en logement social et copropriétés dégradées** (2008-2011)
Programme doctoral
Marguerite BONNIN – Université Paris-X – École d'architecture Val-de-Seine

4. APPROCHE GLOBALE DES BOUQUETS DE SOLUTIONS

Poussé par le Grenelle de l'environnement et des politiques énergétiques plus drastiques, le monde du bâtiment évolue rapidement et de nombreuses opérations de rénovation sont entreprises dans le but d'une amélioration de la performance énergétique.

Dans ce cadre, le CSTB étudie comment moderniser le plus efficacement possible différents types de bâtiments (maisons individuelles, collèges, bureaux, bâtiments publics, logements collectifs, sociaux, etc.). Il s'intéresse également aux possibilités de déploiement de certains *packs* de technologies sur l'ensemble de ces ouvrages, nommés « bouquets de solutions ».

La prise en compte de l'ensemble des exigences essentielles (au sens de la directive européenne « Produits de construction ») de l'ouvrage est primordiale pour étudier globalement les solutions proposées, et en particulier l'exigence de confort acoustique, afin d'éviter toute dégradation de

cette performance à la suite d'une modernisation, et au contraire, de permettre son amélioration.

Dans ce cadre, l'objectif de l'action de recherche « Solutions de rénovation thermo-acoustique » est de fournir aux différents acteurs du bâtiment, les clés pour réussir la réhabilitation d'un bâtiment qui combine le confort acoustique et le respect de la réglementation thermique. Des solutions de rénovation thermo-acoustiques sont proposées. Leur but est le développement du concept de décibel gratuit dans les réglementations thermiques sur l'existant.

Des typologies de bâtiments ont donc été sélectionnées pour couvrir différentes périodes de la construction française. Un ensemble de solutions thermiques a été déterminé pour ces différentes typologies et la performance acoustique associée à cet ensemble de solutions thermiques évaluée pour ces typologies.

Si une amélioration de la performance acoustique de l'enveloppe du bâtiment (vis-à-vis des bruits extérieurs) peut être obtenue, celle-ci ne doit pas s'accompagner d'une détérioration globale du confort acoustique intérieur des occupants (les sources de bruits intérieurs peuvent devenir d'autant plus gênantes qu'elles sont alors mieux perçues par les occupants du logement). Pour maintenir un confort acoustique suffisant, il est donc judicieux de profiter de la réhabilitation thermique pour effectuer une réhabilitation acoustique permettant d'augmenter les isolements entre logements, voire entre les logements et les circulations communes, et de conserver un bon équilibre entre bruits extérieurs et intérieurs.

Un guide intitulé *Concilier efficacité énergétique et acoustique dans le bâtiment* a été réalisé pour la DHUP. Un partenariat pourrait voir le jour sur cette thématique avec CERQUAL dont la certification Patrimoine Habitat inclut une rubrique « Confort acoustique des logements » visant à améliorer les qualités acoustiques des bâtiments d'habitation devant faire l'objet d'une rénovation. Un projet Ademe à la suite de l'appel d'offre « Bruit et nuisances sonores : amélioration des performances acoustiques des bâtiments et traitement des points noirs du bruit » est en cours de montage (le préprojet soumis ayant déjà obtenu une évaluation positive).

Le projet de recherche MITECH, financé par la fondation « Bâtiment-Énergie », a été coordonné par un incubateur d'innovation de 2007 à 2009 et a mobilisé des experts du CSTB, des architectes de l'UNSA, plusieurs industriels (isolation thermique extérieure, ventilation, fenêtres, etc.) et deux banques (Banque Populaire et LCL). L'ambition est

de permettre un accompagnement des acteurs, allant de la définition du programme de travaux au montage financier et à l'obtention du label Effinergie. En 2008, un test a été réalisé sur une maison située dans les Yvelines. Cette démarche vise à articuler des logiciels de reconnaissance photographique, de simulation thermique et d'estimation des coûts qui permettraient de procéder à la requalification architecturale et thermique de la maison à un coût et dans un délai raisonnables.

PROJETS DE RECHERCHE SUR LES BOUQUETS DE SOLUTION

- **Solutions de rénovation thermo-acoustique (2008-2010)**
Catherine GUIGOU-CARTER
- **MITECH (2006-2010)**
Projet cofinancé par la Fondation Bâtiment-Énergie
Mise en place d'une offre globale pour la rénovation technique et architecturale des maisons individuelles avec un objectif de labellisation basse consommation
José FONTAN, Jean CARASSUS, Dorothée MARCHAND
- **EPI-CREM – Energy Performance Integration in Corporate and public Real Estate Management (2008-2010)**
Projet cofinancé par l'Union européenne
Amélioration énergétique des bâtiments publics européens
Rofaïda LAHRECH
- **EPI-SoHo – Energy Performance Integration in Social Housing (2006-2008)**
Projet cofinancé par l'Union européenne
Amélioration énergétique des logements sociaux en Europe
Rofaïda LAHRECH, Mireille JANDON
- **RS4E – Rénovation scolaire, énergie, éducation, efficacité, exemplarité (2008-2009)**
Projet cofinancé par la DRAST
Méthode globale de rénovation applicable à tous les collèges de Seine-et-Marne à destination des maîtres d'ouvrage publics
Pierre BOISSON
- **RECOLCI – Réhabilitation énergétique des immeubles de logements collectifs par composants intégrés (2008-2009)**
Projet ANR cofinancé par l'Ademe

Solution de composants multifonctionnels et intégrés autorisant une rénovation par l'extérieur des petits bâtiments collectifs anciens ; contribution française à l'annexe 50 de l'Agence internationale de l'énergie (« *Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings* »)
Bertrand RUOT

- **SIRTERI** – Système industrialisé de rénovation du tertiaire par l'intérieur (2008-2011)
Projet cofinancé par le Fonds unique interministériel
Développement d'un système industrialisé d'isolation thermo-acoustique et de régulation thermique et hygrothermique des locaux tertiaires par l'intérieur
Hebert SALLEE
- **ABC** – Amélioration des bâtiments construits (2009-2012)
Projet cofinancé par l'Ademe
Élaboration d'un guide d'amélioration énergétique (démarche, solutions techniques) et rédaction d'un fascicule équivalent à celui des « Règles Th Bât » pour l'existant avec prise en compte des solutions d'améliorations.
Salem FARKH
- **RENOKIT** – Système intégré pour la rénovation par l'intérieur des logements existants (2006-2009)
Projet cofinancé par l'Ademe et coordonné par le CSTB
Développement d'un concept de panneaux préfabriqués intégrant des super-isolants et des matériaux à changement de phase (MCP)
Hebert SALLEE, Kevyn JOHANNES
- **EFFINOV Bois** – Systèmes constructifs « Bois » pour la réhabilitation des enveloppes – Efficacité énergétique, comportement hygrothermique et industrialisation (2009-2012)
Projet cofinancé par l'ANR
Optimisation des complexes génériques industrialisés multifonctionnels à base de bois, destinés à la réhabilitation des façades par l'extérieur
Salem FARKH

5. RUPTURES TECHNOLOGIQUES ET BASES DE DONNÉES DE SOLUTIONS

Tout comme la réalisation de bâtiments à énergie positive, la modernisation des bâtiments existants implique de nouvelles exigences sur la caractérisation des technologies existantes. Elle impose également le développement de solutions en rupture technologique par rapport à l'offre actuelle. À cette fin, deux axes de recherche sont engagés, l'un concernant les réductions des déperditions thermiques des bâtiments, l'autre le développement des productions d'énergies renouvelables (éolien, solaire thermique, solaire photovoltaïque).

Ces deux axes sont éminemment liés dans la mesure où, pour valoriser correctement les énergies renouvelables, il convient dans un premier temps de réduire significativement les consommations énergétiques. Les déperditions thermiques étant engendrées par les pertes au niveau des parois opaques, des parois transparentes, des ponts thermiques et de la ventilation, des travaux sont entrepris sur ces applications.

Concernant les déperditions par les parois opaques, il existe (notamment pour les bâtiments neufs) des solutions pour réduire les dépenses énergétiques, mais dans bien des cas les solutions proposées aujourd'hui ne conviennent pas ou n'existent pas, par exemple pour les bâtiments anciens.

Nous devons ainsi développer des solutions adaptées pour couvrir l'ensemble des demandes et répondre aux enjeux de la réhabilitation des bâtiments anciens.

Pour y parvenir, les actions de recherche de ce sous-programme sont structurées en trois grandes familles :

- la première concerne l'amélioration des systèmes existants : après analyses des améliorations théoriquement et techniquement possibles, des modifications sont proposées. La cohérence des différentes caractéristiques des nouveaux systèmes est vérifiée ;
- la deuxième partie concerne le développement des super-isolants. Ceux-ci doivent permettre d'apporter une réponse ciblée à des demandes spécifiques, notamment lorsqu'il y a peu d'espace pour l'isolation. Des études ont été réalisées pour

développer ces produits super-isolants et pour les intégrer à des systèmes constructifs ;

- la troisième consiste à établir une base de données commune des différentes solutions (existantes et en cours d'étude). Y sont notamment analysés puis décrits l'efficacité énergétique, l'aptitude à l'emploi, la durabilité et l'impact environnemental et sanitaire de chacun des procédés.

5.1 AMÉLIORATION DES SYSTÈMES EXISTANTS

L'amélioration des systèmes existants a débuté par l'étude des dispositifs d'isolation thermique par l'extérieur. Il s'agit d'un procédé apprécié dans le cadre de la réhabilitation, car il permet d'améliorer les performances énergétiques d'une paroi tout en conservant l'intégrité de l'habitat intérieur. L'évolution de la réglementation thermique engendrant l'utilisation de fortes épaisseurs d'isolant pour les systèmes de bardages rapportés et d'enduits sur isolants, rend caduque les méthodes de dimensionnement actuelles.

La recherche menée dans ce cadre a donc pour objectif de proposer un dimensionnement optimisé de ces procédés. Elle s'articule autour des exigences essentielles requises pour les produits du bâtiment car, là encore, l'amélioration de la performance énergétique, maillon central, ne doit pas conduire à la dégradation des autres caractéristiques. Les simulations numériques sur les aspects thermiques ont dans un premier temps montré qu'une épaisseur d'isolant d'environ 200 mm était optimale pour les systèmes de bardages rapportés, les ponts thermiques liés aux nombreux points de fixation au support étant plus défavorables pour des épaisseurs plus importantes.

La caractérisation acoustique des enduits sur isolants montre que la présence de fortes épaisseurs d'isolant sur la paroi diminue les performances acoustiques de celle-ci. Cependant, les simulations numériques donnent une dégradation très faible à l'échelle globale du bâtiment, les surfaces vitrées constituant les points faibles acoustiques.

D'un point de vue mécanique, les fortes épaisseurs d'isolant engendrent une sollicitation accrue des fixations dont les caractéristiques devront par conséquent être revues.

Par ailleurs, l'incidence de cette épaisseur sur la propagation des flammes le long d'une façade reste à déterminer. Cette partie de la recherche se

poursuit actuellement, et la mise en relation de tous les paramètres doit conduire à proposer la configuration la plus favorable.

Une étude similaire est aujourd'hui en cours sur les procédés industriels de couverture afin de proposer des solutions optimales vis-à-vis des exigences essentielles.

5.2 PRODUITS SUPER-ISOLANTS

De nouveaux systèmes intégrant des produits super-isolants peuvent apporter des solutions technologiques complémentaires à celles des systèmes existant aujourd'hui. Ils sont composés de produits nanostructurés à la pression atmosphérique et de produits isolants sous vide qui peuvent être nanostructurés.

Des travaux ont été entrepris afin de déterminer les méthodes d'évaluation de ces nouveaux systèmes pour ensuite qualifier les produits nanostructurés. Après analyse des phénomènes physiques détaillant leur évolution, des nouvelles adaptations des produits ont été élaborées en collaboration avec des industriels et des laboratoires de recherche. Des méthodes de caractérisation ont été mises au point, notamment pour évaluer les caractéristiques des produits en fonction de la température, du taux d'humidité du produit et de la pression partielle résiduelle.

Pour les isolants sous vide, les dernières études portent sur l'amélioration des silices pour notamment développer un produit ayant une meilleure durabilité tout en diminuant son prix de revient.

Des approches similaires ont été menées sur les films-barrières. Ces films ont une importance fondamentale dans la mesure où la durabilité du produit en œuvre en dépend. Un nombre important de films a été testé. Il en ressort que l'aluminium reste le mieux adapté pour réduire les transferts de gaz. Il peut se retrouver dans ces films-barrières sous la forme d'un dépôt en couches de quelques dizaines de nanomètres ou sous forme d'une feuille laminée de quelques micromètres d'épaisseur. Des méthodes de caractérisation de la perméabilité à la vapeur d'eau de tous ces films ont été mises au point ou modifiées afin de répondre aux exigences de mesure sur des perméabilités aussi faibles.

5.3 BASE DE DONNÉES DE SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

Pour avoir une vision plus générale de l'ensemble des solutions proposées pour la rénovation des bâtiments existants, il est apparu nécessaire de créer une base de données qui permette de décrire les bouquets de travaux de façon cohérente et objective, et d'identifier les technologies faisant encore défaut aussi bien au niveau de l'enveloppe que pour les équipements.

Chaque solution est analysée suivant 30 critères répartis en six thèmes distincts : confort ; sécurité ; environnement (gaz à effet de serre, consommation d'énergie grise, etc.) ; santé ; durabilité (durée de vie estimée, évolution des performances, etc.) ; et marché (coût de mise en œuvre, coût de formation, où les trouver, etc.).

Des raisonnements systématiques sur l'ensemble du cycle de vie sont réalisés, permettant d'intégrer, par exemple, l'énergie grise (énergie primaire totale « prélevée » par le produit de construction sur l'ensemble de son cycle de vie) dans les analyses, et ainsi de mettre en synergie les secteurs de l'industrie et du transport pour la production et l'acheminement des produits de construction. Il est également prévu de présenter ensemble, à l'avenir, les performances techniques et environnementales, ce qui préfigure de nouvelles conditions nécessaires à l'« intégrabilité » des solutions technologiques dans les bâtiments durables – pour lesquels les performances techniques, acoustiques et thermiques doivent être analysées conjointement avec des éléments économiques. Il est également nécessaire de prendre en compte de façon plus fine la pérennité des performances en intégrant des notions de robustesse à l'usager ou à la mise en œuvre.

Les études entreprises jusqu'à présent ont permis de renseigner une grande partie des informations relatives aux systèmes de l'enveloppe du bâtiment (mur, toiture et plancher) recensés dans la base de données, ainsi que celles concernant 120 équipements utilisant les énergies renouvelables.

En complément de ce recueil, des solutions technologiques ont été développées avec différents industriels pour répondre aux défaillances des systèmes existants. Ces solutions technologiques intègrent, dans la plupart des cas, des produits super-isolants et (ou) des matériaux à changement de phase. Ces solutions, mises au point dans le cadre d'autres sous-programmes, sont analysées et évaluées dans le cadre des

travaux autour de la base de solutions technologiques.

Parmi ces études en cours, les plus avancées sont les suivantes :

- Le projet RENOKIT a pour objet le développement d'un concept de panneaux préfabriqués intégrant des super-isolants et des matériaux à changement de phase (MCP). Ce projet a permis de réaliser la réhabilitation d'un bureau en utilisant le concept « boîte dans la boîte » en kit. Le *monitoring* complet des bureaux a rendu possible le suivi très fin du comportement thermique. Les mesures ainsi que la simulation montrent un faible impact de la rénovation sur la température ambiante en confort d'été. Cependant, elles montrent que des gains de consommation de l'ordre de 50 % peuvent être obtenus par rapport à une rénovation « classique ».
- Un prototype de rupteur de pont thermique (liaison plancher/mur) a été réalisé, dans le cadre du projet RUPTISOLE, permettant un gain de 65 % en réhabilitation par comparaison avec une solution où le pont thermique n'est pas traité. La réalisation d'une maquette comportant le doublage thermique des murs et la mise en place des rupteurs de ponts thermiques doit encore être réalisée.
- La conception et la mise en œuvre de nouveaux isolants en régimes permanent et transitoire dans le projet ECOTEP a permis d'améliorer les connaissances en matière de transferts couplés conduction-radiation dans trois types d'isolants : mousse XPS, laine de bois et matériaux nanostructurés. Les premiers résultats montrent également l'intérêt d'étudier le comportement thermique en régime transitoire de ces isolants, pris séparément ou en assemblage.
- Le projet SIPA-BAT a pour but d'obtenir à grande échelle deux familles de super-isolants que sont les *blankets* (mâts fibreux imprégnés d'aérogel), super-isolants avec une conductivité proche de 15 mW/m.K), ou les matériaux architecturés à base d'aérogel de silice divisée et de liants.

D'autres projets, comme SIRTERI et NANOCEL devraient permettre de compléter les études mentionnées ci-dessus.

PROJETS DE RECHERCHE AUTOUR DES RUPTURES TECHNOLOGIQUES ET BASES DE DONNÉES DE SOLUTIONS

- **B2D** : une base de données de solutions technologiques en réhabilitation énergétique (2009-2010)
Bertrand RUOT
- **PRORUPTECH** – Caractérisation des produits en rupture technologique (2009-2010)
Claude POMPEO
- **Mise en application des nouvelles exigences énergétiques : approche globale des conséquences technologiques sur les systèmes d'isolation thermique par l'extérieur** (2009-2010)
Claire GRENIER
- **ACTIFEN REHAB** – Fenêtre active pour la réhabilitation (2007-2010)
Projet ANR cofinancé par l'Ademe et coordonné par le CSTB
Fenêtre intelligente autonome multiperformance (contrôle solaire, ventilation active et contrôle acoustique)
Bertrand RUOT
- **ECLIPSE** – Échangeur géothermique compact pour logement individuel et performance du système énergétique associé (2008-2011)
Projet cofinancé par l'ANR
Développement d'un échangeur optimisé, intégré dans un système énergétique intelligent
Peter RIEDERER
- **RUPTISOLE** – Rupteur de pont thermique pour système intégré d'isolation par l'intérieur des bâtiments existants (2008-2010)
Projet cofinancé par l'ANR et l'Ademe et coordonné par le CSTB
Développement d'un concept d'éléments préfabriqués d'isolation par l'intérieur des bâtiments anciens intégrant le traitement des ponts thermiques murs/planchers et refends ainsi que les points singuliers
Hebert SALLEE
- **RénEauSol** – Production d'eau chaude solaire adaptée à la rénovation énergétique grâce à une approche innovante de l'intégration du stockage au capteur (2009-2011)
Projet cofinancé par l'ANR
Développement d'un concept nouveau de capteur solaire intégrant le stockage (CSIS)

Matthieu COSNIER

- **BARISOL** – Conception et optimisation des enveloppes pour super-isolation (2006-2010)
Projet cofinancé par l'ANR et l'ADEME
Nouveaux matériaux d'isolation et de super-isolation pour la réhabilitation et la construction neuve
Claude POMPEO
- **NANOCEL** – Matrices cellulose nanostructurées pour super-isolants thermiques (2009-2012)
Projet cofinancé par l'ANR
Élaboration d'une matrice cellulosique nanostructurée très isolante permettant, à terme, de renforcer mécaniquement les silices super-isolantes, sans nuire à leur très basse conductivité thermique
Hebert SALLEE
- **ECOTEP** – Étude, caractérisation et optimisation des transferts énergétiques dans la paroi (2006-2009)
Projet cofinancé par l'ANR
Conception et mise en œuvre de nouveaux isolants en régimes permanent et transitoire
Claude POMPEO
- **ADEME – PACTE SIPA-BAT** – Super-isolants thermiques fibreux (2010-2011)
Performance en situation des isolants fibreux
Bernard ABRAHAM, Hebert SALLEE
- **Ventil'Renov** (2007-2009)
Projet cofinancé par l'ANR
Utilisation de produits monobloc de ventilation mécanique répartie double flux avec récupération de chaleur dans l'habitat collectif existant
Jean-Jacques AKOUA
- **Étude numérique du changement de phase par convection naturelle** (2009-2012)
Programme doctoral
MIRANDA-FUENTES Johann – INSA Lyon
- **Façades/toitures en matériaux composites pour la rénovation énergétique** (2009-2012)
Programme doctoral
KOTELNIKOVA Natalia – École des Ponts ParisTech

CONTRIBUTEURS

*Nota : les noms suivis d'une *
sont ceux des personnes ayant
quitté le CSTB*

**Responsables des actions de
recherche**

ABELE Charlotte
AKOUA Jean-Jacques *
ABRAHAM Bernard
ANDRIEUX Franck
BOIRET Dominique
BOISSON Pierre
BONETTO Régis
CACAVELLI Dominique
CARASSUS Jean *
CATARINA Orlando
COSNIER Matthieu
DEROUINEAU Stéphanie
DEVALIERE Isolde
FARKH Salem
FONTAN José
GUIGOU-CARTER Catherine
JOHANNES Kevyn
LAHMIDI Hicham
LAHRECH Rofaïda
MORCANT- LEEMPOELS Karine *
MORLOT Rodolphe *
POMPEO Claude
RIEDERER Peter
ROUDIL Nadine
RUOT Bertrand
SALLEE Hebert

Chercheurs associés

ALIROL Océane
BAULAC Marine *
BLANCHARD Nadège
BODDAERT Simon
BONHOMME Martial
BOUCHIE Remi
BOUGRAIN Frédéric
BUS Nicolas
CARASSUS Jean
CATARINA Orlando
CAUCHOIS Agnès *
CHARVIER Brice
CHENE Jean-Baptiste
CHERKAOUI El-Hafiane
CHEVALIER Bruno

CHEVALIER Jacques
CHEVALIER Jean-Luc *
CHLELA Fadi *
CHORIER Julien *
CIUTI Elisa
COLOMBARD-PROUT Marc
COUDRET Florent
COUILLAUD Nicolas
DABIN Philippe
DEMARQUE Antoine
DEMOUGE François
DHIMA Dhionis
ELIAS Patrick
FERY Augustine
FLEURY Emmanuel
FORET Rémy
GADUEL Éric
GASIGLIA Baptiste
GILLIOT Stéphane
GOESSEL Marc
GRENIER Claire
HAMEURY Stéphane
HANS Julien
HILAIRE Bruno
HOGNON Bernard
JALLET Paul
JANDON Mireille
JOURNI Haitham
KEILHOLZ Werner
KIRCHNER Séverine
LAAROUSSI Ahmed
LABEDENS Romain
LAGIER Hubert
LAURENCEAU Sylvain
LEBERT Alexandra
LEGUILLON Franck
LEJEUNE Christian
MAISSA Sandrine
MARCHAND Dorothée
MARTIN Claude
MARTINSONS Christophe
MAUCOTEL Arnaud
MAUPETIT François
NICOLAS Mélanie
OLIVE François
PICINBONO Guillaume
QUENARD Daniel
REYNIER Laurent
ROGER Maxime
SALAGNAC Jean Luc
SALIMBENI Eliette
SETTE Paul
SOULE Madeleine
THIRIET Cécile *
TRAUB-PAGET Camille
VILLOT Michel
VINOT Benoit

VISIER Jean-Christophe
WESIERSKI Valérie
WETTA Roland
WIATT Lucie

Doctorants

Marguerite BONNIN (2008-2011)
Natalia KOTELNIKOVA (2009-2012)
Johann MIRANDA-FUENTES (2009-
2012)

Personnel technique associé

BERGER Erich
BUSSON Benoit
DUCRUET Pascal
PARDON Dominique

BILAN QUANTITATIF

PRODUCTION DE CONNAISSANCES

PUBLICATIONS

Articles

∞ *Publiés dans une revue scientifique à comité de lecture*

Development of a multicriteria tool for optimizing the renovation of buildings

PERNODET F., LAHMIDI H., KEILHOLZ W., EL MANKIBI M., MICHEL P.
Applied Energy, Available online: November 2010, 9 p.
[doi:10.1016/j.apenergy.2010.10.002]

∞ *Articles techniques*

Dossier "Acoustique, thermique et ventilation"

CHENE J.B. (coord.)
Acoustique et techniques,, décembre 2010, 80 p.

Interaction acoustique et thermique : nécessité d'une approche pluridisciplinaire

CHENE J.B.
Acoustique et techniques, n° spécial "Acoustique, thermique et ventilation", décembre 2010, p. 4-11

Compatibilité acoustique et thermique, deux systèmes à la loupe : le vitrage isolant avec "warm-edges" et les systèmes d'isolation thermique par l'extérieur

FORET R.
Acoustique et techniques, n° spécial "Acoustique, thermique et ventilation", décembre 2010, p. 12-20

La réhabilitation thermique des bâtiments et son impact sur la performance acoustique

GUIGOU-CARTER C.
Acoustique et techniques, n° spécial "Acoustique, thermique et ventilation", décembre 2010, p. 62-67

Communications

∞ *Dans des conférences internationales avec actes*

Experimental investigation of high airflow rate ventilation system with improved noise performance by passive and active means

GUIGOU-CARTER C., MAILLARD J., WETTA R.
ACTIVE 2009, 2009 International Symposium on Active Control of Sound and Vibration, 20-22 August 2009, Ottawa, CAN, 5 p.

Use of genetic algorithms for multicriteria optimization of building refurbishment

PERNODET F., LAHMIDI H., MICHEL P.
Building Simulation 2009, 11th International Building Performance Simulation Association Conference, July 27-30, 2009, Glasgow, GBR, p. 188-195

Effet d'une rénovation thermique sur la performance acoustique des bâtiments

GUIGOU-CARTER C., FORET R., VILLOT M., CHENE J.B.
CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 6 p.

Développement de systèmes de rafraîchissement hybride : méthode d'optimisation globale

PERNODET F., LAHMIDI H., MICHEL P.
CIFQ 2009 : Ville Colloque Interuniversitaire Franco-Québécois sur la Thermique des Systèmes, 18-20 mai 2009, Lille, FRA, 6 p.

Multicriteria optimization of hybrid cooling systems in sustainable buildings

PERNODET F., LAHMIDI H., EL MANKIBI M., MICHEL P.
Clima 2010, 10th Rehva world congress "Sustainable energy use in buildings", 9-12 May, 2010, Antalya, TUR, 8 p.

Optimization method for designing high performance and green building

LAHMIDI H., PERNODET F., MARCHIO D., FILFLI S., ROUJOL S.
Clima 2010, 10th Rehva world congress "Sustainable energy use in buildings", 9-12 May, 2010, Antalya, TUR, 8 p.

Predicting the acoustic performance of multilayered structures submitted to structural excitation

GUIGOU-CARTER C., VILLOT M.
DAGA 2007: 33rd German Annual Conference on Acoustics, March 19-22, 2007, Stuttgart, DEU, 2 p.

Effect of spacer designs on acoustic performances of windows

FORET R., CHENE J.B., GUIGOU-CARTER C., JEAN P.
Euronoise 2009, October 26-28, 2009, Edinburgh, GBR, 10 p.

Effect of thermal renovation on acoustic performance of buildings

GUIGOU-CARTER C., FORET R., VILLOT M., CHENE J.B.
Euronoise 2009, October 26-28, 2009, Edinburgh, GBR, 10 p.

A collaborative knowledge platform for a Europe wide community

BUS N., ANDRIEUX F., VINOT B.
ICE 2007, Proceedings of the 13th international conference on concurrent enterprising, June 4-6, 2007, Sophia-Antipolis, FRA, p. 171-178

Chapitres d'ouvrage collectif

For a rationalized refurbishment of the 1960s-70s towers: the core-skin-shell concept

ARANTES L., ROLLET P., BAVEREL O., QUENARD D.
BREBBIA C. (Ed.) The sustainable world, WITT Press, 2010, 12 p.
[ISBN 978-1-84564-504-5]

Guides**Améliorer le confort d'été dans l'habitat social : guide de solutions pratiques à l'usage des décideurs du secteur de l'habitat social**

SESOLIS B., ALESSANDRINI J.M., MILLET J.R., MEUNIER J.A., BARRE L.
e-Cahiers, Guide Technique, Cahier 3619, 2008, 17 p.

Concilier efficacité énergétique et acoustique dans le bâtiment

AKOUA J.J., CHENE J.B., FARKH S., FORET R., GUIGOU-CARTER C., VILLOT M., WETTA R.
Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer, novembre 2010, 119 p.

CONGRÈS, COLLOQUES, CONFÉRENCES**Journées techniques du Groupe d'échanges sur la Super Isolation (GESI), EDF R&D, Les Renardières**

– 3e Journée Matériau pour super isolation thermique, 28 mai 2008
– 4e journée Avancées techniques et scientifiques, 5 octobre 2010
Claude POMPEO (organisateur)

CENSE Workshops

– Improvement of building energy performance and of building services, 15-18th of October 2008, Sinaia, Romania
– Methods and procedural aspects for energy performance characterization: Experiences from implementation of CEN standards by Member States, 1st December 2008, Prague, Czech Republic
– Towards Pan-European Software for Building Energy Performance, 29th of June 2009, Brussels, Belgium
– Adaptation of CEN standards for defining a national calculation methodology for energy performance of buildings in Turkey, 15th of August, 2009, Istanbul, Turkey

– EPBD-CEN standards for defining Croatian calculation methodology, 8-9th of December 2009, Zagreb, Croatia
Johann ZIRNGIBL (organisateur)

Recasting the EPBD: Current developments and the way forward to achieve an increased use of EPBD Standards, CEN-CENSE Conference, Paris, September 25, 2009
Johann ZIRNGIBL (organisateur)

Isolation thermique, isolation acoustique, ventilation : compatibilité ou incompatibilité ? Journée thématique CIDB-GIA-CSTB, 26 novembre 2008, Paris
Jean-Baptiste CHENE (organisateur)

Rénovation des bâtiments : concilier thermique, acoustique et ventilation, Colloque CIDB-GIA-CSTB- réseau APPEL-Communauté urbaine du Grand Lyon, 25 juin 2009, Lyon
Jean-Baptiste CHENE (organisateur)

REVUES

Constructii
Johann ZIRNGIBL (membre du comité scientifique)

RÉSEAUX SCIENTIFIQUES

CAH - Club d'Amélioration de l'Habitat, Groupe de travail "Précarité énergétique" (2008-2010)
Isolde DEVALIERE (membre)

E2BA - Energy Efficient Buildings Association
Luc BOURDEAU (secrétaire général)

Groupe d'exploitation de l'Enquête Nationale Logement 2006 de l'INSEE (2008-2011)
Isolde DEVALIERE (membre)

IEA ECBCS Annex 50 "Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings" (2007-2010)
Bertrand RUOT (participation)

Observatoire sur les Performances et les consommations énergétiques (animé par la DAUI - 2009)
Isolde DEVALIERE (membre du comité de pilotage)

RAPPEL - Réseau des Acteurs de la Pauvreté et de la Précarité Énergétique dans le Logement (2007-2011)
Isolde DEVALIERE (membre du comité de pilotage)

VALORISATION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE**LOGICIELS**

ODMIR 4 - Outils d'aide à la Décision pour des Maisons Individuelles Réhabilitées facteur 4 (maisons Phénix) - Logiciel qui propose des bouquets de travaux adaptés, cohérents et fractionnables afin d'étaler les travaux dans le temps.
Développé par les départements Énergie Santé Environnement et Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB, en collaboration avec PHENIX, l'ENSMP et EDF

Multiopt - Outil d'optimisation multicritère de scénarios de réhabilitation des bâtiments, notamment en ce qui concerne l'enveloppe, le chauffage et le rafraîchissement de l'air, et les stratégies de contrôle des équipements.
Développé par les départements Énergie Santé Environnement et Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB (Hicham LAHMIDI, Fanny PERNODET CHANTRELLE, Werner KEILHOLZ)

ACTIVITÉS DE FORMATION

ACTIVITÉS D'ENCADREMENT

Thèses en cours

Pratiques de consommation d'énergie : modèles culturels, pratiques de l'habitat et pratiques énergétiques en logement social et copropriétés (2008-2011)

Marguerite BONNIN
Université Paris X - École d'architecture Val de Seine
Encadrant CSTB : Nadine ROUDHIL

Optimisation mécanique et énergétique d'enveloppes en matériaux composites pour les bâtiments (2009-2012)

Natalia KOTELNIKOVA
École des Ponts ParisTech (ENPC),
UR Navier - Structures
Hétérogènes
Encadrant CSTB : Daniel QUENARD

Étude numérique du changement de phase par la méthode de Boltzmann sur le réseau (2009-2012)

Johann MIRANDA-FUENTES
INSA Lyon
Encadrant CSTB : Kevin JOHANNES

Accueil d'étudiants (stagiaires de niveau bac+5)

Besoins et consommations d'énergie dans les bâtiments : synthèse bibliographique, études de cas

DETRIE A.
Université de Savoie, 2007

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

Formation professionnelle

Performances énergétiques et compatibilités acoustique, qualité de l'air et sécurité incendie

Coordination : Salem FARKH
Interventions de Nicolas TAILLEFER (Impact sur la sécurité incendie), François MAUPETIT (Impact sur la qualité de l'air), et Jean Baptiste CHENE (Impact sur le confort acoustique)
FPC CSTB, 2009-2010 (3x1j/an)

Isolation thermique par l'extérieur

Coordination : Bertrand RUOT (2009-2010), Agnès Cauchois (2007-2008)
FPC CSTB, 2007-2010 (2 à 3x1j/an)

Les contrats de performance énergétique : marchés et contrats de partenariat

Coordination : Marc COLOMBARD-PROUT, Orlando Catarina
FPC CSTB, 2008-2010 (2x1j/an)

Piloter une opération de rénovation énergétique

Coordination : Marc COLOMBARD-PROUT
FPC CSTB, 2008-2010 (2x2j/an)

Les dispositifs réglementaires sur l'énergie dans le neuf et l'existant : RT, études de faisabilité, DPE...

Coordination : Rofaïda LAHRECH,
FPC CSTB, 2009-2010 (5x3j/an)

Piloter et mettre en œuvre une politique énergétique d'un parc immobilier

Coordination : Marc COLOMBARD-PROUT
FPC CSTB, 2009-2010 (3x1j/an)

Optimisation économique et financière d'un projet d'efficacité énergétique

Coordination : Orlando CATARINA
FPC CSTB, 2009-2010 (2x1j/an)

Vitrages et menuiseries en neuf et en rénovation : systèmes traditionnels et innovants

Coordination : Hubert LAGIER,
Intervention de François Olive
FPC CSTB, 2009-2010 (3x2j/an)

Isolation en neuf et en rénovation : systèmes traditionnels et innovants

Coordination : Bernard ABRAHAM
Avec la participation de Salem FARKH, Aurélie DELAIRE, Hafiane CHERKAOUI, Franck LEGUILLON, Rémi BOUCHIE, Charlotte ABELE et Claude POMPEO
FPC CSTB, 2009-2010 (3x2j/an)

PARTENARIATS

COLLABORATIONS AUTOUR DE PROJETS DE RECHERCHE

Partenaires académiques

Armines

CETHIL - Centre de Thermique de Lyon, UMR 5008, CNRS, INSA de Lyon, UCBL

CRISMAT - Laboratoire de cristallographie et sciences des matériaux, UMR 6508 CNRS, ENSICAEN, Université de Caen Basse-Normandie
DTU - Technical University of Denmark (Danemark)

EMAC - École des Mines d'Albi-Carmaux

ENSMP - École des Mines ParisTech

ENSMP-CEMEF - École des Mines ParisTech- Sophia Antipolis, Centre de Mise en Forme des Matériaux

ENSMP-CEP - École des Mines ParisTech- Sophia Antipolis, Centre Energétique et Procédés

ENTPE - École Nationale des Travaux Publics de l'État

GES - Groupe d'Étude des Semi-conducteurs, UMR 5650 CNRS, Université Montpellier II

Hochschule Luzern - Technik & Architektur (Suisse)

ICG - Institut Charles Gerhardt, Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux de Montpellier, UMR 5253, CNRS, Universités Montpellier 1 et 2, ENSCM

LAPLACE - Laboratoire PLASma et Conversion d'Énergie, UMR 5213 CNRS, INP, UPS

LAVUE - Laboratoire d'Architecture, Ville, Urbanisme, Environnement, UMR 7218, École d'Architecture Paris Val-de-Seine, École d'Architecture de Clermont-

Ferrand, Université Paris 12, CNRS

LEMTA - Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée, UMR 7563, CNRS, INPL, UHP

LERFoB - Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt-Bois, UMR 1092 INRA, AgroParisTech

LERMAB EA4370 - Laboratoire d'Études et de Recherche sur le Matériau Bois, Nancy-Université, Faculté des Sciences et Techniques, ENSTIB

LMDC - Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions, EA 3027, INSA Toulouse - Université Paul Sabatier

Politecnico di Milano (Italie)

Polytech'Savoie-LOCIE - Laboratoire Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement FRE CNRS 3220

SIMAP - Science et Ingénierie des Matériaux et Procédés, UMR 5266, CNRS, Grenoble INP, Univ. Joseph Fourier

TREFLE - Transferts Écoulements Fluides Énergétique, UMR 8508, CNRS, ENSAM, ENSCPB, Université Bordeaux 1

Université de La Rochelle-LEPTIAB - Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert, Instantanéité, Agro-ressources, Bâtiment, EA 4226

UVSQ-C3ED - Centre d'Économie et d'Éthique pour l'Environnement et le Développement, Université de Versailles Saint-Quentin

Agences et opérateurs de recherche publics

CEA - Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives

CEA-LFSM - Laboratoire des Fluides Supercritiques et Membranes, CEA Marcoule

CETE - Centres d'Études Techniques de l'Équipement

CETE Ouest-ERA EEB - Centre d'Études Techniques de l'Équipement de l'Ouest, Équipe de recherche associée, Efficacité Énergétique des Bâtiments

FHG - Fraunhofer-Gesellschaft (Allemagne)

INES - Institut National de l'énergie solaire

INSEE - Institut national de la statistique et des études économiques

TNO - Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (Pays-Bas)

Centres de recherche industriels - Laboratoires privés

EDF R&D

EIFER - European Institute for Energy Research (Allemagne)

Industriels

Accor

Acome

Aldes - Atelier Lyonnais D'Emboutissage Spécial

Arcelor-Mittal

Baikowski

BASF

Bouygues Construction

CECA (Arkema)

CIAT

Cristopia Energy Systems (CIAT)

Dow France SAS, Drusenheim

DuPont de Nemours Sarl (Luxembourg)

EDF - Électricité de France

GEOXIA (Phénix évolution)	<i>Maîtrise d'ouvrage-Acteurs territoriaux</i>	UNTEC - Union Nationale des Economistes de la Construction
Goyer		
GVC Entreprises	CG77 - Conseil Général de Seine-et-Marne	
HEF Groupe	Grand Lyon	ACCUEIL DE DOCTORANTS, CHERCHEURS, ÉTUDIANTS
Isover (Saint-Gobain)	Palais de la Découverte	CEA- GRETh - Groupement pour la Recherche sur les Echangeurs Thermiques, CEA Grenoble
Lafarge		
Lapeyre	<i>Etablissements bancaires</i>	École centrale de Nantes
LIGNATEC	Banque populaire	
Microtherm	LCL	École des Ponts ParisTech (ENPC), UR Navier - Structures Hétérogènes
Ossabois		
PCAS Longjumeau	<i>Groupes immobiliers</i>	ENTPE - École Nationale des Travaux Publics de l'État
Phenix Évolution (Geoxia)	FONCIA	INSA Lyon
Photowatt	<i>Organismes certificateurs</i>	INSA Rouen
PLAtec (Lafarge Plâtres)	Effinergie	LAVUE - Laboratoire d'Architecture, Ville, Urbanisme, Environnement, UMR 7218, École d'Architecture Paris Val-de-Seine, École d'Architecture de Clermont-Ferrand, Université Paris 12, CNRS
Rexor	Promotelec	
Rhodia	Cequami	
Saunier-Plumaz (Visio-Technic)	Cerqual	
Schneider Electric	Certivéa	LEGI - Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels, UMR 5519, CNRS, UJF, INP Grenoble
Somfy		
Tecnisun	<i>Centres techniques</i>	
Viessmann	CRITT BOIS - Centre de Ressources des Industries du Bois	Polytech'Savoie-LOCIE - Laboratoire Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement FRE CNRS 3220
Vinci Construction France	FCBA - Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement	U10- Université Paris 10 Nanterre
	<i>Maîtrise d'œuvre-Ingénierie</i>	
AETIC - Architectes	IRABOIS - Institut de Recherches Appliqués au Bois	Université Paris-Est Marne-la-Vallée
Araïs		
Ingélux	<i>Organisations professionnelles</i>	
ITF - Ingénierie Tous Fluides	CAPEB - Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment	
NEOTIM - Innovations en Thermique Instrumentation Mesure	COSTIC - Centre d'études et de formation pour le génie climatique et l'équipement technique du bâtiment	
SMEE		
TBC Sarl	FFB - Fédération française du bâtiment	

SOUTIEN AUX POLITIQUES PUBLIQUES

ÉVALUATION DE PROGRAMMES ET PROJETS DE RECHERCHE

AERES - Comité de visite du Centre de Thermique de Lyon (Cethyl), UMR 5008, CNRS, INSA de Lyon, UCBL (2010)
Hervé CHARRUE (membre du comité d'expert)

ANR - Programme "HABISOL - HABitat Intelligent et SOLaire photovoltaïque"
François OLIVE, Hébert SALLEE (expertise des dossiers, 2008)

OSEO

Expertise pour projet sur un nouveau concept de module photovoltaïque intégré dans une charpente métallique, 2010
Simon BODDAERT

PUCA - Programme "REHA - Requalification de l'Habitat collectif à haute performance énergétique" (2009)
Charlotte ABELE, Julien HANS, Bertrand RUOT (membres du jury de l'appel à projet)

PARTICIPATION À L'EXPERTISE PUBLIQUE

MEEDDM - Grenelle de l'Environnement

→ **Comité opérationnel n°1**
"Bâtiments neufs publics et privés"
Alain MAUGARD (pilote)

→ Plan Bâtiment, **Chantier "Bâtiments publics de l'État"** (2009-2010)
Marc COLOMBARD-PROUT (participation au groupe de travail)

→ Plan Bâtiment, **Chantier "Copropriétés"**, sous-groupe
"Contrats de performance énergétique" (2009-2010)
Marc COLOMBARD-PROUT

E2BA+CE

Energy efficient buildings **multi-annual roadmap** and longer term strategy (2010)
Luc BOURDEAU, Alain ZARLI

AIDE À L'ÉLABORATION DE LA

RÈGLEMENTATION

MEEDDM - DHUP

→ Modèles et outils de **calcul thermique** (2008)
Charles PELE

→ **Individualisation des frais de chauffage** pour les immeubles collectifs (révision des textes de la loi 74-908 du 29 octobre 1974) (2009-2010)
Rofaïda LAHRECH

→ **RT Existant** (2008-2010)

- Mise en place de la réglementation et contribution à la définition de référentiels techniques d'application, animation de groupe de travail de professionnels, restitution des expériences européennes
Rofaïda LAHRECH
- Accompagnement de l'application des dispositifs réglementaires
Emmanuel FLEURY
- Impact de la réglementation thermique de l'existant sur les performances acoustiques des bâtiments concernés
Michel VILLOT
- Accompagnement de la communication et du contrôle des dispositifs concernant la réglementation et le diagnostic de performance énergétique (DPE) ; Évaluation des logiciels DPE
Franck ANDRIEUX, Dominique BOIRET

CONTRIBUTION AU DÉBAT PUBLIC

Précarité énergétique, ménages et trajectoires

Semaine de l'Énergie, Nantes, 21 Novembre 2008
Isolde DEVALIERE

Précarité énergétique - Paroles

France Bleu Touraine, 18 février 2010
Isolde DEVALIERE



3 | Maîtrise des risques

- > BÂTIMENT ET SANTÉ
- > RISQUES NATURELS ET ACCIDENTELS
- > GESTION INTÉGRÉE DES RISQUES

> BÂTIMENT ET SANTÉ

Édito

Séverine KIRCHNER | Responsable du programme | severine.kirchner@cstb.fr

Sommaire

BILAN QUALITATIF	140
Axes et actions de recherche	143
1. Caractérisation et maîtrise des sources de pollution	143
2. Comportement des acteurs et des occupants	149
3. Évaluation de l'exposition des populations aux pollutions et aux nuisances	151
4. Caractérisation et gestion des pollutions	156
5. Approche numérique transversale	163
Contributeurs	165
BILAN QUANTITATIF	166

Les pollutions observées dans les bâtiments, en continuité avec l'environnement extérieur, ont des conséquences importantes sur l'état de santé de la population, en particulier les personnes sensibles ou vulnérables comme les enfants, les personnes âgées, les asthmatiques, les cardiaques ou les insuffisants respiratoires. Les décideurs sont amenés à prendre des mesures dans des situations souvent caractérisées par de fortes incertitudes scientifiques, où les sources de risques peuvent représenter d'importants enjeux économiques et soulever des questions d'acceptabilité sociale dépassant le cadre strict des impacts sanitaires. Les dossiers de l'amiante, du plomb, du radon ou de la canicule ont ainsi placé le bâtiment au centre de crises de santé publique, tout en posant la question des responsabilités tant individuelles que collectives.

Par ailleurs, l'émergence de nouveaux facteurs de risques en lien avec l'innovation technologique (nanotechnologies, chimie de synthèse), les changements climatiques ou le contexte général de mutations sociales favorisant la résurgence de maladies transmissibles renforcent le besoin de connaissances sur ces situations nouvelles en termes d'impacts sanitaires sur les espaces bâtis afin de préparer l'action et la décision. En particulier, les nouveaux challenges donnés au secteur de la construction en matière d'économies d'énergie accentuent la criticité de la question de la qualité de l'air intérieur : comment des bâtiments mieux isolés et plus étanches pourvoient-ils, demain, aux besoins de renouvellement d'air ? Quel sera l'impact, à l'usage, des systèmes de ventilation mécanisée et de chauffage (pompes à chaleur, combustion de la biomasse) sur la qualité de l'air ? Le confort des occupants sera-t-il satisfaisant ?

Le CSTB a engagé depuis une vingtaine d'années des actions de recherche importantes dans le domaine de la sécurité sanitaire des bâtiments. Les travaux effectués depuis 2007 s'inscrivent directement dans les priorités du deuxième Plan national santé environnement (PNSE) qui décline les engagements concernant la santé et l'environnement du Grenelle de l'environnement. Trois grands axes de recherche ont été ciblés afin de :

- _ caractériser et maîtriser les sources de pollution ;
- _ prendre en compte le comportement des occupants et des acteurs du bâtiment ;
- _ évaluer l'exposition des populations aux pollutions et aux nuisances ;
- _ caractériser et gérer les pollutions.

En complément, un travail a été mené afin de définir une stratégie de développement et d'intégration de la modélisation dans le domaine de l'évaluation et de la gestion des risques sanitaires.

BILAN QUALITATIF

La recherche menée par le CSTB dans le domaine de la sécurité sanitaire des bâtiments s'attache tout particulièrement à accompagner l'ensemble des acteurs concernés par cette thématique et notamment :

- donner aux *gestionnaires de risques* (ministères, agences de sécurité sanitaire, collectivités territoriales, etc.) des éléments d'appréciation des risques, le plus en amont possible, pour la mise en place des politiques sanitaires et techniques concernant les bâtiments ;
- accompagner les *professionnels du bâtiment* dans la définition et l'optimisation des pratiques de construction ainsi que dans l'innovation pour prévenir les situations à risques sanitaires et protéger la population ;
- intégrer les problématiques sanitaires dans le processus de progrès ambitieux du Grenelle de l'environnement sur la performance énergétique des bâtiments et, notamment, le renforcement de la réglementation et le relèvement progressif des normes en vue de la généralisation des bâtiments à énergie neutre ou positive.

Au cours des dernières années cette recherche a été largement marquée par les orientations du PNSE 2 dont les mesures proposées visent en particulier à améliorer la qualité de l'air intérieur des bâtiments et à accompagner les efforts d'amélioration de la performance énergétique : limiter les sources de pollution (action 7), améliorer la qualité de l'air intérieur par une aération saine des locaux, en portant une attention particulière aux dispositifs de ventilation et en menant des actions visant à mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur (action 8), mettre en œuvre des actions de gestion et de surveillance de la qualité de l'air dans certains lieux clos ouverts au public (action 9), renforcer la lutte contre l'exposition au plomb (action 18), réduire les expositions dans les bâtiments accueillant des enfants (action 20), réduire l'exposition au radon dans l'habitat (action 42), organiser l'information et la concertation sur les ondes électromagnétiques (action 47).

Les travaux de recherche menés au CSTB se sont structurés autour de trois grands axes sur lesquels ils ont permis d'avancer de manière significative sur :

- 1- La caractérisation et la maîtrise des sources des pollutions ;

- 2- Le rôle de l'être humain ;
- 3- L'évaluation de l'exposition des populations aux pollutions et aux nuisances ;
- 4- La caractérisation et la gestion des pollutions.

1- LA CARACTÉRISATION ET LA MAÎTRISE DES SOURCES DES POLLUTIONS afin de réduire les expositions responsables de pathologies à fort impact sur la santé (cancers, maladies cardiovasculaires, pathologies respiratoires, neurologiques, etc.). Les sources de pollution étudiées ont concerné en priorité **les sols**. L'impact de ces derniers sur la sécurité sanitaire des bâtiments est d'autant plus crucial que, en plus des situations de pollution liées au radon, les contraintes, en termes d'occupation des sols, incitent à construire de plus en plus fréquemment sur d'anciennes friches industrielles en zone périurbaine, dont les sols sont potentiellement pollués. L'évaluation des transferts de polluants organiques volatils (composés organiques volatils [COV]) – d'une zone source dans les sols vers l'air intérieur d'un bâtiment en fonction des typologies rencontrées –, ainsi que l'amélioration de la gestion des pollutions avec, pour le cas plus spécifique du radon, l'évaluation des conflits et des gains potentiels entre les stratégies d'économies d'énergie et la réduction de l'exposition au radon dans les bâtiments ont été abordés. Les **produits de construction et de décoration**, visés par la mise en place d'un étiquetage obligatoire relatif aux émissions, notamment de COV et de formaldéhyde – à compter du 1er janvier 2011 pour les produits en contact avec l'air, et à compter du 1er janvier 2012 pour tous les autres –, ont également été au cœur des recherches menées avec le développement en cours d'un modèle de prédiction de l'impact de ces produits sur la qualité de l'air intérieur.

Également ciblées dans le PNSE 2, **les activités domestiques** ont été caractérisées au regard de leurs émissions en particules ultrafines (leur contribution à la pollution particulaire intérieure apparaît non négligeable) et en COV ainsi que de leur contribution à la formation de produits de réaction secondaires tels que le formaldéhyde et les aérosols organiques secondaires. Au cœur des priorités du plan « Particules », les appareils de **chauffage au bois/biomasse** ont quant à eux fait l'objet de travaux pour mieux connaître les polluants qu'ils émettent dans l'atmosphère et en air intérieur, et évaluer les systèmes de traitement existants ainsi que la durabilité et l'entretien des conduits de fumée (corrosion, encrassement, ramonage). L'étude spécifique des **systèmes**

d'épuration de l'air intérieur – avec le développement d'une méthodologie expérimentale permettant l'étude de leur innocuité couplé à l'évaluation de leurs performances intrinsèques, actuellement en cours de développement normatif –, met en évidence les impacts délétères sur la qualité de l'air renforçant la nécessité d'une évaluation de ces systèmes. **Les équipements liés à l'éclairage** ont également fait l'objet de recherches spécifiques en lien avec les questions sur les risques sanitaires posées par le déploiement de ces équipements dans les environnements intérieurs. Enfin la caractérisation des champs électromagnétiques basse fréquence émis par les **équipements électriques présents dans les bâtiments (éclairage, installations PV, transformateurs, etc.)** a été effectuée. À l'échelle d'un quartier urbain un système permettant la cartographie en temps réel des niveaux d'exposition électromagnétique a été élaboré.

2- LE RÔLE DE L'ÊTRE HUMAIN dans les risques sanitaires liés aux bâtiments a également été abordé. L'homme est en effet au cœur de son environnement et s'il est légitime de réduire l'impact des bâtiments, notamment des pollutions environnementales, sur la santé humaine, il est tout aussi indispensable de limiter les agressions de l'homme sur son environnement proche. Axe majeur de l'amélioration de la qualité de l'air intérieur avec la maîtrise des sources de pollution, la ventilation des bâtiments a ici été étudiée par le biais des relations phénoménologiques entre la ventilation et la qualité de l'air afin de pouvoir à terme définir des **stratégies de ventilation adaptées aux besoins de l'occupant** au regard de la Qualité de l'air intérieur (QAI), du confort et de l'énergie. Par ailleurs une **analyse psychosociologique des crises survenant dans les bâtiments** est en cours sur la base d'études de cas réels dans le but d'élaborer un guide méthodologique de gestion de crise. Largement sous-estimée dans l'évaluation et la gestion des pollutions intérieures dans les bâtiments, la prise en compte du facteur humain et notamment des usages devrait faire l'objet, dès 2011, d'un projet de recherche structuré autour des grandes thématiques du bâtiment (santé, confort, sécurité, changement climatiques, etc.).

3- L'ÉVALUATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS AUX POLLUTIONS ET AUX NUISANCES est également un axe majeur de recherche pour le CSTB. Coordinateur de l'Observatoire de la qualité de l'air (OQAI) intérieur

depuis sa création, le CSTB assure la collecte et la valorisation de données, à l'échelle nationale, sur la connaissance et la compréhension des environnements intérieurs et de leurs occupants dans le but d'agir sur la qualité sanitaire et le confort de ces lieux de vie. Après les **logements** (campagne nationale 2003-2005), l'OQAI a élargi son champ d'actions aux **lieux de vie accueillant des enfants** (crèches, établissements d'enseignement, lieux de loisirs) et aux immeubles de **bureaux** avec la préparation de deux campagnes nationales respectives. Il s'est également intéressé à de nouveaux **polluants émergents** comme les composés organiques semi-volatils (pesticides, phtalates, retardateurs de flamme bromés, etc.) et les particules ultrafines. Avec l'analyse des **typologies constructives**, la prise en compte des **usagers des bâtiments** ainsi que la mesure des **paramètres de pollution et de confort**, l'approche systémique a permis de mieux aborder l'ensemble des déterminants de la santé, du confort et du bien-être dans les bâtiments. Enfin, à l'heure où les enjeux du bâtiment s'inscrivent dans des priorités d'économie d'énergie et de développement durable, l'OQAI s'est ouvert aux problématiques connexes, indissociables de la qualité de l'air intérieur, telles que le **confort et le bien-être des occupants dans les logements performants en énergie**.

D'autres travaux d'ampleur nationale sont menés par le CSTB comme une étude sur la **contamination au plomb** des logements accueillant des enfants de 6 mois à 6 ans, qui a permis, pour la première fois, de faire un état de la contamination de ces logements.

4- LA CARACTÉRISATION ET LA GESTION DES POLLUTIONS complète les actions menées pour accompagner les décisions de politiques publiques. Les actions de recherche ont en particulier été ciblées sur les **contaminations microbiologiques** en lien notamment avec la pandémie grippale – compréhension des modes de transmission (air, surfaces) des agents d'origine virale dans les espaces clos, capitalisation des connaissances sur l'émission, le transport et la persistance de ces entités biologiques, évaluation des moyens de prévention et de décontamination pertinents et applicables au bâtiment – et la contamination microbienne – développement d'outils de détections innovants (outils moléculaires basés sur l'ADN des micro-organismes).

Plusieurs outils d'aide à la décision ont été développés et permettent la surveillance de la contamination des environnements – réalisation

de **microcapteurs gaz**, élaboration de nouveaux **traitements préventifs des contaminations fongiques** adaptés aux environnements intérieurs, mise au point de **stratégies de recherche des aérosols de légionelles**, en cas de situation épidémique, pour évaluer rapidement les zones potentiellement concernées par un risque de contamination, développement d'un dispositif de collecte des aérosols microbiologiques destinés à l'étude de la **biocontamination dans les établissements de santé**. Un **procédé de régulation et de contrôle du confinement de l'air intérieur** (LUM'AIR) permettant de gérer au fil du temps les situations de confinement a également été mis au point et déployé dans 150 écoles et crèches dans le cadre des travaux préparatoires à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les lieux clos ouverts au public du PNSE 2.

DES PARTENARIATS ont été noués dans ce cadre par le CSTB **avec de nombreux organismes** (laboratoires de recherches, structures publiques, bureaux d'études, associations) tant dans le domaine **de la santé** (INSERM⁷, InVS, INPES, EHESP, CNR des légionelles Lyon, ORS, Laboratoire de santé publique et environnement de l'université Paris-Descartes, Service de pneumologie allergologie de l'hôpital Nord de Marseille, SEPIA Santé, LHVP, CIRE Franche-Comté, faculté de médecine de Nancy, hôpital Lariboisière, etc.) que **de l'environnement** (INERIS, LEBTIAB de l'université de la Rochelle, Laboratoire d'océanographie et du climat [LOCEAN] – Institut Pierre-Simon-Laplace, BURGEAP, IMFT, LHYGES, TERA Environnement, INRS, CEA, etc.). Les **partenariats industriels** ont également été développés (CIAT, Faure QEI, RENAULT, ALPHAS MOS, etc.).

Enfin, l'ouverture des travaux à l'international, conforté par le récent démarrage de nouveaux projets européens, a permis la mise en place de collaborations avec plusieurs équipes de recherches dans le cadre de **consortiums européens ou nord-américains**.

LA VALORISATION des recherches pour la **collectivité nationale et internationale** a été privilégiée et ont permis d'influencer fortement les évolutions techniques réglementaires sur les sujets de la sécurité sanitaire des bâtiments. Les données acquises dans le cadre des travaux ont servi de

base à la mise en place des politiques publiques engagées notamment dans le cadre du Grenelle et du PNSE 2 (plan de lutte contre la pandémie grippale, étiquetage sanitaire des produits de construction, valeurs guides d'air intérieur, surveillance de la qualité de l'air des écoles et des crèches, etc.), et sont très largement utilisées par les agences de sécurité sanitaire pour l'évaluation des risques sanitaires.

Plusieurs chercheurs du CSTB ont également participé activement à **L'EXPERTISE** sur la thématique « Bâtiment & Santé » dans différentes instances nationales (ANSES, Observatoire des résidus de pesticides, PRIMEQUAL, Société française de santé publique, Société française de thermique, etc.) et internationales (OMS, European Collaborative Action *Urban Air, Indoor Environment and Human exposure*). On citera en particulier la participation du CSTB à l'ANSES sur la mise en place des valeurs guides d'air intérieur (VGA), l'élaboration de la procédure de qualification des émissions de composés organiques volatils par les matériaux de construction et produits de décoration, l'évaluation des risques sanitaires liés au formaldéhyde ou à la présence de virus influenza pandémique dans l'air des bâtiments ou la caractérisation des émissions électromagnétiques des lampes fluo compactes.

Les connaissances ont également permis **d'accompagner les acteurs de la construction** (industriels, maîtres d'ouvrages, gestionnaires de parcs de bâtiments) ainsi que **le grand public** sur les questions de sécurité sanitaire.

Enfin, quatre **BREVETS** (dosage d'ergostérol et de mycotoxines, procédé de détection d'une contamination fongique, procédé de régulation et de contrôle du confinement de l'air intérieur, système de microdétection d'une contamination fongique) ont été déposés.

⁷ Tous les sigles sont repris et développés dans la partie quantitative du bilan dans la rubrique « Partenariats.

AXES ET ACTIONS DE RECHERCHE

1. CARACTERISATION ET MAÎTRISE DES SOURCES DE POLLUTION

1.1. PRÉSENTATION

Les recherches réalisées sur la caractérisation et la maîtrise des sources de pollution dans les bâtiments se sont focalisées tant sur des pollutions connues pour leur impact sanitaire majeur et leur fort enjeu en termes de santé publique (radon, COV, particules) que sur des nuisances émergentes (éclairage à LED) ou aux effets encore discutés sur le plan sanitaire (champs électromagnétiques).

Les principales sources de pollution étudiées de manière plus spécifique sont :

- **les sols** : les recherches ont permis de mieux évaluer les transferts de polluants organiques volatils (COV) du sol vers l'air intérieur d'un bâtiment en fonction des typologies rencontrées et, ainsi, d'améliorer la gestion des pollutions résiduelles en lien avec les aménagements existants ou futurs. Sont concernés l'évaluation des techniques de protection spécifique contre le radon, l'élaboration de protocoles de contrôle des technologies associées à la protection des bâtiments et la réalisation de bases communes de formation pour la mesure du radon, la prévention et la remédiation dans les bâtiments ;
- **les produits de construction et de décoration**. Un travail de recherche a été engagé pour développer un modèle de prédiction de l'impact de l'exposition aux différents polluants de l'air intérieur – et notamment des polluants émis par les produits de construction et de décoration –, sur les occupants des bâtiments ;
- **les installations de combustion utilisant la biomasse**. Une connaissance approfondie des polluants émis par les appareils de chauffage au bois/biomasse dans l'atmosphère et en air intérieur a été acquise. L'évaluation des systèmes de traitement existants, la durabilité et l'entretien des conduits de fumée (corrosion, encrassement, ramonage) sont actuellement étudiés ;
- **les réseaux de distribution d'air** avec notamment l'aide à la conception hygiénique des réseaux des industries alimentaires ;
- **les systèmes d'épuration de l'air intérieur** avec le développement d'une méthodologie

expérimentale pour l'étude de l'innocuité des systèmes d'épuration de l'air intérieur, (à coupler avec les méthodologies d'évaluation de leurs performances intrinsèques actuellement en cours de développement normatif) ;

- **les activités domestiques**. Les activités domestiques ont été caractérisées au regard de leurs émissions en particules ultrafines et en COV ainsi qu'à leur contribution à la formation de produits de réaction secondaires tels que le formaldéhyde et les aérosols organiques secondaires ;
- **les équipements liés à l'éclairage**. L'utilisation supposée massive de nouvelles lampes (LED) suscite de nombreuses interrogations dans le domaine de la santé et des risques visuels associés. Les travaux réalisés ont permis de caractériser l'exposition à la lumière bleue émise par les dispositifs d'éclairage à LED et d'évaluer les risques photobiologiques pour la rétine ;
- **les sources de champs électromagnétiques basse fréquence**. La caractérisation des champs électromagnétiques basse fréquence émis par les équipements électriques présents dans les bâtiments (éclairage, installations PV, transformateurs, etc.) a été effectuée. Un système permettant la cartographie en temps réel des niveaux d'exposition électromagnétique à l'échelle d'un quartier urbain a notamment été élaboré.

1.2 ACTIONS DE RECHERCHES

⇒ POLLUTIONS LIÉES AUX SOLS

→ Étude de l'impact des polluants gazeux du sol sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments (2008-2010)

Bernard COLLIGNAN

Partenariats engagés : LEPTIAB (université de la Rochelle)

L'objectif de cette action de recherche est de contribuer à l'amélioration de l'évaluation de l'impact des polluants gazeux venant du sol sur la qualité d'air intérieur. En effet, les outils actuels d'évaluation sont trop incertains. Notamment, il a été montré qu'ils prennent mal en compte les paramètres du bâtiment et ne permettent donc pas d'aider à optimiser la gestion des situations rencontrées. Un travail de thèse a débuté en 2008, visant à quantifier les transferts aérauliques et de polluants venant du sol vers l'environnement

intérieur des bâtiments, en fonction des typologies rencontrées. Ce travail doit permettre d'améliorer les modèles d'évaluation actuels vis-à-vis de la prise en compte des transferts à l'interface sol-bâtiment.

Un second objectif vise à travailler à la caractérisation et au dimensionnement de solutions innovantes de protection des bâtiments contre l'entrée de ces polluants dans les bâtiments.

Les travaux réalisés ont permis le développement de modèles analytiques adaptés au transfert aéraulique entre le sol et le bâtiment pour différentes typologies de soubassement, la confortation inter-modèles en fonction des données disponibles, l'intégration de ces modèles analytiques dans un modèle numérique de ventilation des bâtiments et des premières études de sensibilité. La caractérisation de la perméabilité à l'air des bétons (importance du niveau de fissuration, de la teneur en eau, caractérisation de béton conventionnel) et la réalisation d'études expérimentales relatives à l'étude du transport des flux d'air sol-bâtiment, notamment vis-à-vis de la maîtrise de l'injection de gaz traceur dans le soubassement afin d'étudier les transports aérauliques sol-bâtiment, ont été réalisées. Enfin la réalisation et l'exploitation d'une étude expérimentale relative à l'efficacité d'un système de dépressurisation des sols (SDS) utilisant les forces naturelles de tirage thermique et du vent ont complété ces travaux.

Les perspectives d'actions viseront à approfondir l'analyse du modèle aéraulique des bâtiments intégrant les lois analytiques de transfert sol-bâtiment, de compléter ces modèles de transfert (terme diffusif, perméabilité des points singuliers) et de développer un outil de dimensionnement du SDS naturel.

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Étude du transport de polluants gazeux entre le sol et les environnements intérieurs de bâtiments (2007 -2010) ; Malya ABDELOUHAB - Université de la Rochelle - Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment (LEPTIAB)

→ **FLUXOBAT Développement d'outils optimisés pour l'évaluation des transferts de COV depuis une source dans le sol vers l'air atmosphérique et l'air intérieur des bâtiments** (2009-2013)

Bernard COLLIGNAN

Projet ANR

Partenariats engagés : INERIS, BURGEAP, IMFT, LHYGES, TERA Environnement

Le programme de recherche FLUXOBAT vise à fournir aux acteurs et aux décideurs de la gestion des sites et sols pollués en France (et potentiellement en Europe) des outils méthodologiques permettant d'améliorer les pratiques actuelles d'évaluation des transferts de COV depuis une zone source dans les sols vers l'air intérieur d'un bâtiment ou l'air atmosphérique extérieur et ainsi d'améliorer la gestion des pollutions résiduelles en lien avec les aménagements existants ou futurs.

L'objectif du projet FLUXOBAT est le développement de méthodologies visant à estimer :

- les concentrations en COV dans les sols, l'air atmosphérique et les bâtiments ;
- les flux sol/air atmosphérique et sol/bâtiment ;
- les transferts entre et au sein de ces différents compartiments.

Décomposé en plusieurs tâches visant à lever les verrous scientifiques constatés (tâches 1 à 4) ou à transmettre les acquis de la recherche (production de rapports publics et guide méthodologique, communication) le projet allie des expérimentations en laboratoire et *in situ* :

- Tâche 1 : état de l'art comprenant la théorie des transferts polyphasiques en condition isotherme et non isotherme, les pratiques actuelles en termes de métrologie et de modélisation, les dispositions constructives actuelles, les méthodologies, en usage en France et à l'étranger, de reconnaissance *in situ* de la pollution et d'évaluation des transferts.
- Tâche 2 : transferts à l'échelle des laboratoires. Deux laboratoires partenaires étudient spécifiquement le milieu poreux (IMFT) et les bétons (CSTB).
- Tâche 3 : transferts à l'échelle de deux sites pilotes. Deux environnements uniques et complémentaires sont retenus : le bassin expérimental de SCERES (IMFS) et la maison expérimentale MARIA (CSTB).
- Tâche 4 : transferts à l'échelle d'un site réel. À ce stade, la complexité du site réel (hétérogénéité de la pollution, des transferts

et des équilibres dans le milieu souterrain et aérien) est étudiée.

- Tâche 5 : rédaction et publication des rapports finaux exhaustifs dont deux rapports publics (état de l'art actualisé et résumés des travaux menés ; guide méthodologique).

Parallèlement, un travail de fond transversal est réalisé concernant la mise en œuvre, l'amélioration et le développement de meilleures techniques et outils pour : la réalisation de prélèvements, mesures et analyses dans les différents milieux (sol, eau, air, interface sol ou dalle-atmosphère, etc.) ; la schématisation et la prédiction des transferts par modélisation réalisées à chaque échelle de mesures.

À ce jour, la tâche 1 est finalisée. Les autres tâches sont en cours de réalisation. Fin prévue du programme : 2013.

→ RADPAR - RADon Prevention And Remediation (2009-2012)

Bernard COLLIGNAN

Cofinancement de l'Union Européenne

Partenariats engagés : Université de Macédoine (Grèce) coordinateur, Bundesamt für Strahlenschutz (Allemagne), University of Mainz (Allemagne), University of Oxford (Grande-Bretagne), Institute Superiore di Sanita (Italie), Austrian Agency for Health and Food Safety (Autriche), Norwegian Radiation Protection Authority (Norvège), Radiation and Nuclear Safety Authority (Finlande), International Bureau for Environmental Studies (Belgique), National Radiation Protection Institute (République tchèque), Organisation mondiale de la santé (OMS, Suisse), Federal Office of Public Health (Suisse), Health Protection Agency (Grande-Bretagne), Technical University of Helsinki (Finlande), University of Cantabria (Espagne), University of Porto (Portugal), Radiological Protection Institute of Ireland (Irlande), Joint Research Centre (Italie)

Dans le cadre de la DG SANCO, un programme européen RADon Prevention And Remediation (RADPAR) a débuté au cours de l'été 2010 pour une période de trois ans. Coordonné par l'université de Macédoine (Grèce), ce programme réunit 19 organismes de 15 pays européens.

Les objectifs généraux de ce programme sont :

- d'évaluer précisément l'impact sanitaire pour la population générale de l'exposition au radon ;
- d'améliorer la prévention et les stratégies de remédiation qui sont actuellement en place ;

- de développer des stratégies de communication sur le risque lié à l'exposition au radon ;
- de proposer des procédures normalisées de contrôle des technologies ;
- d'évaluer la rentabilité de la prévention et des stratégies de remédiation dans l'UE ;
- d'améliorer les formations sur la mesure du radon, la prévention et la remédiation dans les bâtiments.

Le CSTB dirige le groupe de travail sur l'évaluation des techniques de protection contre le radon, dont les objectifs concernent l'évaluation des conflits et des gains potentiels entre les stratégies d'économies d'énergie et la réduction de l'exposition au radon dans les bâtiments ; l'établissement de protocoles de contrôle des technologies associées à la protection des bâtiments ; la réalisation de trames communes de formation pour mesure du radon, la prévention et la remédiation dans les bâtiments.

→ Soutien technique à la gestion du risque radon : guide pour la prévention dans les bâtiments neufs, référentiel de caractérisation des produits, appui aux acteurs de terrain (2007-2009)

Bernard COLLIGNAN

Cofinancement de la DHUP

Partenariats engagés : IRSN, InVS, Conseil régional du Limousin

Dans un objectif de santé publique, la réduction des expositions au radon est désormais une priorité des pouvoirs publics, inscrite comme une action du Plan national santé environnement.

C'est pourquoi un programme d'action interministériel animé par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) est actuellement en cours afin de coordonner les différentes composantes de la gestion du risque lié au radon dans les bâtiments. Par ailleurs, de nouvelles réglementations donnent obligation de mesure et de remédiation en cas de dépassement du seuil pour les établissements publics et certains lieux de travail dans 31 départements identifiés comme prioritaires. Les réglementations relatives à l'habitat existant et les bâtiments neufs sont en cours d'élaboration.

Ainsi, la sensibilisation à ce problème va grandissant, et les acteurs du bâtiment doivent se mobiliser pour intégrer cette nouvelle problématique dans le cadre de la remédiation et la prévention des bâtiments vis-à-vis de ce risque.

Les travaux réalisés visaient plusieurs études complémentaires qui s'intègrent dans la logique du plan d'action interministériel : le développement et l'édition d'un guide pour la protection des bâtiments, la définition d'un référentiel d'appréciation des membranes (barrières au radon), le renforcement de l'appui technique et méthodologique des acteurs de terrain, la réalisation et la mise à jour d'un site d'information sur la problématique (<http://ese.cstb.fr/radon>) ainsi que la capitalisation de retours de terrain sur l'efficacité des solutions de protection des bâtiments. L'appui scientifique et technique aux pouvoirs publics est poursuivi à travers plusieurs commandes (DHUP, DGS, ASN) dont les objectifs généraux sont d'améliorer les techniques de protection des bâtiments et les outils de gestion, l'information et la formation des acteurs de la filière bâtiment.

⇒ PRODUITS DE CONSTRUCTION ET SYSTÈMES DU BÂTIMENT

→ Quantification et réduction des émissions polluantes dans l'air provenant des installations de combustion utilisant la biomasse (2008-2010)

Céline LE DREFF, Marc DUFRESNE DE VIREL

Les produits de combustion imbrûlés (monoxyde de carbone [CO], Hydrocarbure Totaux [THC], composés organiques volatils [COV], hydrocarbures aromatiques polycycliques [HAP], oxydes d'azote [NO_x], dioxyde de soufre [SO₂], particules [PM]) émis par les appareils de chauffage au bois/biomasse peuvent être nocifs pour la santé en fonction de leurs concentrations et des durées d'exposition qu'il convient d'évaluer. Les polluants émis par la biomasse-énergie représentent aujourd'hui un sujet d'intérêt majeur tant pour l'opinion publique, que pour les communautés industrielle, scientifique et politique de ce secteur. La caractérisation de ces émissions polluantes (à l'atmosphère et en air intérieur), l'évaluation de solutions de réduction des polluants et l'étude de cette pollution à l'échelle du quartier sont autant de points-clés de cette problématique. Parallèlement, l'évaluation de l'impact du ramonage chimique sur la pollution émise et du chauffage au bois sur la durabilité du conduit sont des éléments à ne pas négliger.

Les travaux réalisés ont permis au CSTB :

- d'acquérir une connaissance approfondie des polluants émis par les appareils de chauffage au bois/biomasse (à l'atmosphère et en air intérieur) ;

- d'être en mesure de fournir un avis sur les systèmes de traitement existants (et les solutions envisageables) et sur l'impact de ces systèmes sur la durabilité du conduit de fumée (corrosion) ;
- d'appréhender l'exposition des occupants en air intérieur.

→ Performances de la biomasse énergie – Évaluation de solutions de réductions des émissions polluantes (gazeuses et particulaires) d'appareils de chauffage résidentiels alimentés à la biomasse (2009-2011)

Céline LE DREFF, Marc DUFRESNE DE VIREL

Cofinancement de l'ADEME

Partenariats engagés : LGRE (université de Haute-Alsace), D2I/INVICTA, FONDIS, LORFLAM, TEN, PYROLITHE

Dans le contexte actuel où les émissions polluantes générées par la biomasse-énergie questionnent tant l'opinion publique, que les communautés industrielle, scientifique et politique de ce secteur d'activités, ce projet vise à évaluer différentes solutions de réduction de ces polluants gazeux et particulaires. Il se divise en trois phases :

- phase 1 : recensement des solutions de réduction des émissions polluantes potentiellement applicables à des appareils de chauffage résidentiels et étude de faisabilité de leur mise en œuvre ;
- phase 2 : évaluation des performances des systèmes actuellement commercialisés, *via* des mesures des polluants gazeux (CO, THC, COV, HAP, SO₂, NO_x) et particulaires (TSP, PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁, PM_{0,1}), et *via* une prise en compte de leur impact sur l'ouvrage dans son ensemble (appareils de chauffage et conduits) ;
- phase 3 : étude de l'impact d'une optimisation de la combustion de trois appareils de chauffage résidentiels distincts sur les émissions de polluants gazeux et particulaires.

Autour du CSTB, ce projet regroupe un laboratoire de recherche (LGRE), un fabricant de conduits (TEN) et quatre fabricants d'appareils de chauffage résidentiels : poêles, inserts et poêles de masse (D2I/INVICTA, FONDIS, LORFLAM, PYROLITHE).

Actuellement, la phase 1 de ce projet est finalisée, tandis que la phase 2 et la phase 3 sont en cours de réalisation.

→ **Étude de l'innocuité des systèmes d'épuration de l'air intérieur** (2009-2010)

Mélanie NICOLAS

Afin d'améliorer la qualité de l'air intérieur, l'utilisation de systèmes d'épuration commence à se développer. De nombreux systèmes d'épuration (portatifs ou intégrés au système de ventilation-climatisation) sont actuellement en cours de développement, voire déjà sur le marché. Des travaux normatifs sont en cours afin de caractériser l'efficacité de ces systèmes. Cependant, il convient également d'appréhender expérimentalement leur innocuité et de s'assurer qu'ils ne dégradent pas la qualité de l'air intérieur par l'émission de sous-produits réactionnels nocifs.

L'objectif de ces travaux de recherche consiste donc à développer une méthodologie expérimentale permettant l'étude de l'innocuité des systèmes d'épuration de l'air intérieur, à coupler avec les méthodologies d'évaluation de leurs performances intrinsèques actuellement en cours de développement normatif.

Les premiers travaux réalisés sur un système reposant sur le principe de la photocatalyse ont démontré qu'en absence de polluants, ce système est susceptible de produire des sous-produits réactionnels potentiellement nocifs pour la santé (O₃, NO_x, COV). De plus, en présence d'une pollution chimique caractéristique d'un logement et définie selon les résultats de la campagne nationale logement de l'OQAI (2006), ce système peut s'avérer délétère pour la santé humaine par la production de sous-produits réactionnels résultant de la dégradation partielle des polluants (NO_x, COV, formaldéhyde, particules ultrafines). L'impact des conditions environnementales (humidité relative) a également été étudié. Une intégration de ce système dans un environnement réaliste à échelle 1 est prévue afin d'évaluer le système dans des conditions réalistes d'intégration dans le bâti, en présence de sources réelles de pollution (mobilier, équipements électroniques, matériaux de construction, etc.).

Un groupe de travail composé du CSTB, du CEA, de GDF et de l'université de Savoie a été créé afin de proposer un projet de recherche commun courant 2011.

→ **Traçabilité des paramètres santé environnement des produits dans la construction (PNSE traçabilité)** (2008-2009)

Cofinancement de la DGUHC

→ **Développement d'un outil de prédiction de l'impact des produits de construction sur la qualité l'air intérieur** (2009-2010)

François MAUPETIT

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Développement d'un outil de prédiction de la qualité de l'air intérieur (2008 -2011) ; Hélène PRIN – Université de la Rochelle – Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment (LEPTIAB)

→ **HealthyAir** (2007-2010)

François MAUPETIT

Cofinancement de l'Union Européenne

⇒ **ACTIVITÉS DOMESTIQUES**

→ **Caractérisation physico-chimique des sources de particules dans l'air intérieur** (2005-2007)

Olivier RAMALHO

Cofinancement : PRIMEQUAL/MEDDTL

Partenariats engagés : CERTES (université Paris-XII), ARCANE (Centre d'étude nucléaire de Bordeaux-Gradignan), Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris, LEPTIAB (université de La Rochelle)

Le projet de recherche a permis de caractériser une vingtaine d'activités domestiques (cuisson selon différents scénarios, chauffage d'appoint au pétrole, bougies, encens, aspirateur, fumée de tabac, sprays aérosol) ou de bureautique (imprimantes laser) au regard de leurs émissions en particules ultrafines. Le chauffage d'appoint et les activités de cuisson représentent les plus fortes contributions pour la pollution particulaire (exprimée en nombre de particules). Par ailleurs, le dépôt des particules sur les surfaces a été caractérisé en enceinte et en maison expérimentale et dépend non seulement des conditions aérauliques, mais aussi de la nature et de la rugosité à la fois du revêtement et des particules considérées. L'approche numérique a mis en évidence le rôle prépondérant du positionnement des entrées et des sorties d'air sur l'efficacité de réduction de la concentration de particules, mais aussi sur la répartition des particules déposées sur l'ensemble des surfaces.

→ **ADOQ - Activités DOMestiques et Qualité de l'air intérieur : émissions, réactivité et produits secondaires** (2010-2012)

Mélanie NICOLAS

Cofinancements : ADEME-PRIMEQUAL /MEDDTL

Partenariats engagés : INERIS, IRCELYON

Les activités domestiques (utilisation de produits ménagers) entraînent des émissions de composés organiques volatils pouvant réagir avec des oxydants présents dans les environnements intérieurs par transfert depuis l'extérieur ou provenant d'équipements électroniques. En particulier, les terpènes peuvent réagir avec l'ozone pour former notamment du formaldéhyde, dont les effets sur la santé ont été démontrés. Des aérosols organiques secondaires dont la composition chimique n'est encore que partiellement connue mais dont les effets sanitaires commencent à être démontrés, peuvent également réagir avec l'ozone. Les émissions des produits ménagers ainsi que les composés secondaires formés, doivent donc être identifiés pour évaluer leur toxicité et l'exposition des occupants qui en résulte.

Le SCHER identifie la réactivité et les émissions liées à leur emploi comme un aspect encore peu connu de la pollution des milieux clos nécessitant une amélioration des connaissances. De plus, le projet de loi « Grenelle 1 » recommande (article 35) la publication d'une étude sur les potentielles sources de polluants volatils dans l'air intérieur, autres que les matériaux, tels que les produits d'entretien.

Le projet ADOQ propose d'approfondir les connaissances quant à l'impact des activités domestiques sur la qualité de l'air intérieur, d'une part, en caractérisant les émissions de polluants liées à ces activités et en quantifiant les facteurs qui les influencent et, d'autre part, en estimant la contribution réelle des produits de réaction secondaires sur la qualité de l'air intérieur.

La méthodologie employée repose sur la combinaison de mesures en atmosphère réelle (maison expérimentale MARIA du CSTB) et en atmosphère simulée (évaluation des produits ménagers en chambre d'émission, dans des conditions réalistes, simplifiées, contrôlées). Cette combinaison est indispensable à l'identification des émissions des produits, à l'étude de l'impact des paramètres environnementaux et à la compréhension des mécanismes de formation de produits secondaires.

→ **Caractérisation des émissions de composés organiques volatils par les papiers. Recherche de traceurs pour caractériser leur état de dégradation : application à la conservation des matériaux du patrimoine** (2007-2008)

Olivier RAMALHO

Cofinancement : Ministère de la Culture/Programme national de recherche sur la connaissance et la conservation des matériaux du patrimoine culturel

Partenariat engagé : Centre de recherche sur la conservation des collections (CRCC-MNHN)

Les émissions de COV ont été caractérisées pour quatre types de papiers artificiellement vieillis représentatifs de ceux utilisés dans les vieux livres issus du patrimoine culturel au regard de leur état de dégradation. À partir de ces données, il a été possible de construire un modèle capable de prédire l'état de dégradation du papier selon l'émission spécifique de COV. Cette approche permet de s'affranchir d'un prélèvement de matériau normalement nécessaire pour déterminer son état de dégradation, et ainsi de préserver l'œuvre dans son intégralité.

⇒ **TECHNOLOGIES ÉMERGENTES RAYONNANTES (CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET ÉCLAIRAGE À LED)**

→ **Risques associés aux technologies émergentes rayonnantes : champs électromagnétiques basses fréquences (CEM) et éclairage à LED** (2008-2010)

Michel GARCIA et François GAUDAIRE

Partenariats engagés : ANSES et ADEME (contrats de R&D en cours d'élaboration avec les deux agences dans le domaine de l'éclairage et de l'électromagnétisme)

L'action concerne deux paramètres physiques, émergents (éclairage à LED) ou socialement très sensibles (champs électromagnétiques basse fréquence), qui ont fait l'objet d'une attention toute particulière par les ministères et agences de sécurité sanitaires :

1. Les éclairages à LED

La directive européenne EuP/2005/32/CE prévoit le bannissement des lampes non directionnelles énergivores entre 2009 et 2016. À terme, les lampes à incandescence sont appelées à disparaître de nos foyers et de nos lieux de travail. Progressivement celles-ci seront remplacées par d'autres lampes moins coûteuses en consommation électrique. Parmi les sources émergentes, les LED font une percée très

importante sur le marché de l'éclairage. L'utilisation de ces nouvelles lampes suscite de nombreuses interrogations dans le domaine de la santé et des risques visuels associés. Les travaux réalisés ont permis de caractériser l'exposition à la lumière bleue émise par les dispositifs d'éclairage à LED et d'évaluer les risques photobiologiques pour la rétine. L'élaboration de règles pour la conception des luminaires à LED non éblouissants pour l'éclairage général des bureaux a également été effectuée. Elle a donné lieu à une nouvelle offre d'essai proposée en laboratoire par le CSTB de Grenoble, et dédiée à l'évaluation du risque photobiologique sur la rétine. Des prestations sont effectuées depuis octobre 2010 pour le compte de l'industrie de l'éclairage. Les perspectives d'actions viseront le développement d'outils d'évaluation *in situ* des risques liés aux dispositifs d'éclairage (risques photobiologiques, exposition aux champs électromagnétiques, éblouissement, papillotement de la lumière).

2. Les champs électromagnétiques (CEM) de basse fréquence dans les bâtiments

Une campagne d'expérimentation est en cours pour évaluer et caractériser les champs électromagnétiques émis par les équipements électriques présents dans les bâtiments (éclairage, installations PV, transformateurs, etc.). La plateforme « PHELINE » dédiée à l'environnement électromagnétique a été mise en place. Plusieurs études sur l'exposition aux CEM sont réalisées conjointement par du personnel CSTB, l'université Joseph Fourier (UJF) et Floralis (filiale valorisation de UJF).

→ SAMPER - Système d'acquisition et de modélisation pour la prédiction de l'exposition radioélectrique (2008-2010)

François GAUDAIRE

Cofinancement : ANR

Partenariats engagés : Armines, Orange Labs, CSTB, Satimo et la ville de Grenoble

Ce projet vise à réaliser un système permettant la cartographie en temps réel des niveaux d'exposition électromagnétique à l'échelle d'un quartier urbain. Ce système est fondé sur des sondes fixes de mesure installées dans le quartier, des algorithmes de modélisation de la propagation des ondes et des méthodes d'analyse et d'interpolation statistique.

Les travaux réalisés ont porté sur les développements métrologiques (sondes fixes de mesure de champs électromagnétiques), la

réalisation de campagnes de mesure et d'analyse de la variabilité statistique des signaux, le développement d'algorithmes de modélisation de la propagation des champs électromagnétiques et de la méthode d'interpolation permettant à partir de quelques résultats de mesure d'estimer le champ électromagnétique en tous points de la zone d'étude et l'erreur associée. Pour la dernière phase du projet (octobre 2010 à juin 2011), la mise en place d'un démonstrateur est prévue dans un quartier de Grenoble (sept sondes installées ainsi qu'un serveur ftp et un serveur web avec affichage des cartes d'exposition en temps réel).

Pour en savoir plus :

<http://extranet.cstb.fr/sites/samper>

2. COMPORTEMENT DES ACTEURS ET DES OCCUPANTS

2.1 PRÉSENTATION

Les travaux menés par l'OQAI ont montré le rôle majeur de l'occupant sur les niveaux de pollution auxquels il est soumis par le biais notamment de son comportement aggravant (tabagisme, utilisation de produits d'entretien, de masquant d'odeur, bricolage, etc.) ou améliorant (comportements d'aération) les situations. Parallèlement, l'occupant est également victime de dysfonctionnements liés à son environnement proche (niveaux de pollution élevés en lien avec des systèmes de ventilation, de chauffage, de produits de construction ou de décoration), ou démuné face au choix de produits mis sur le marché sans information sur leurs caractéristiques sanitaires. Ces situations peuvent entraîner des situations de crises où l'incertitude des impacts sanitaires, la difficulté d'identification des sources d'émission et l'environnement psychosocial sont autant de facteurs aggravants dans la gestion de ces crises. Ces éléments montrent toute l'importance de la prise en compte de l'être humain (acteurs de la construction et usagers) dans toutes les phases de la vie des bâtiments – conception, mise en œuvre, usage et maintenance des bâtiments.

Les recherches menées au sein de ce programme se sont focalisées sur deux thématiques spécifiques :

Le rôle de l'occupant dans les stratégies de ventilation : axe majeur de l'amélioration de la qualité de l'air intérieur avec la maîtrise des sources de pollution, la ventilation des bâtiments

est ici étudiée par le biais des relations phénoménologiques entre la ventilation et la qualité de l'air afin de pouvoir à terme définir des stratégies de ventilation adaptées aux besoins de l'occupant au regard de la QAI, du confort et de l'énergie.

L'analyse des crises survenant dans les bâtiments et le développement d'un guide méthodologique de gestion de crise adapté.

La prise en compte du facteur humain devrait faire l'objet, dès 2011, d'un projet de recherche structuré autour des questions du champ des usages (usages et utilisations ; pratiques et usages, etc.) dans une perspective interdisciplinaire (physicochimie ; microbiologie, biologie moléculaire, physique des aérosols, physique, sciences humaines et sociales, etc.) à la croisée de plusieurs thématiques (santé, énergie, confort). Il s'agira de caractériser les pratiques de l'habiter (comportements), connaître le rapport à l'espace habité (tertiaire comme habitat individuel) et ses caractéristiques, le rapport aux produits, aux systèmes, qui constituent le bâtiment, les innovations et pratiques des ménages et des occupants (systèmes intelligents, habitat BBC, ventilation, automatisation, etc.) ainsi que le rôle des acteurs de la construction (formation aux produits de construction et à leur toxicité, rapport au risque et à la vulnérabilité à mettre en parallèle avec la compétence à construire selon les normes RT ou BBC).

2.2 ACTIONS DE RECHERCHES

→ Stratégie de ventilation pour une meilleure maîtrise de la QAI et de l'énergie dans les bâtiments : prise en compte du rôle de l'occupant (2008-2010)

Jacques RIBERON

Les recherches menées se sont focalisées sur les relations phénoménologiques entre la ventilation et la qualité de l'air afin de pouvoir à terme définir des stratégies de ventilation adaptées aux besoins de l'occupant au regard de la QAI, du confort et de l'énergie. Les travaux réalisés ont permis de :

- développer un outil de mesure *in situ* de l'état des ouvrants des bâtiments par technique non filaire afin de qualifier en conditions réelles les stratégies d'aération adoptées par les occupants en faisant appel à des mesures continues et simultanées du confinement de l'air (CO₂), de la présence des occupants et des ouvertures de fenêtres et de portes ;

- d'exploiter statistiquement les données collectées dans le cadre de la campagne nationale logement de l'OQAI au regard des conditions d'aération. L'analyse a permis entre autres de mieux connaître les situations existantes d'aération des logements, de montrer le rôle important de l'occupant dans l'aération des logements, d'établir des liens entre conditions d'aération et pollution de l'air intérieur et de quantifier l'impact du comportement de l'occupant sur les niveaux de pollution intérieure ;
- d'étudier des situations de confinement de l'air dans les écoles et crèches et d'analyser des changements de comportements des personnes en charge des enfants en fonction de leur connaissance du niveau de confinement ;
- de faire une étude bibliographique sur le rôle des occupants sur l'aération des bâtiments avec notamment une recherche des moteurs d'action sur le système de ventilation et en particulier sur l'ouverture des fenêtres (qu'est-ce qui nous conduit à ouvrir et à fermer les fenêtres ?).

La suite du travail visera à appliquer à large échelle la technique non filaire développée afin :

- de collecter des données de terrain en situation réelle pour établir des modèles prédictifs de comportement des occupants vis-à-vis de l'ouverture des fenêtres ;
- de mieux comprendre le comportement des personnes en charge des enfants (exploitation statistique des données de la surveillance de la qualité de l'air dans 300 écoles et crèches) ;
- d'aider à la gestion de l'aération des logements au regard d'un critère de confinement de l'air intérieur (campagne d'expérimentations dans l'habitat) ;
- d'analyser les différentes stratégies d'aération et les changements éventuels de comportement.

→ Proposition d'une méthode d'analyse psychotechnique de crises sanitaires environnementales (2009-2010)

Dorothée MARCHAND

Partenariats engagés : INSPQ (Québec), INPES, InVS

L'objectif de la recherche en cours est de développer un guide méthodologique de gestion de crise survenant dans les bâtiments. Il s'agit d'une part d'analyser des crises pour en dresser une typologie et d'autre part de développer des

outils de gestion de crise adaptés. Le travail mené dans le cadre du projet de recherche Psychobat analyse une crise en cours pour en traduire la complexité psychosocio-technique des syndromes des bâtiments malsains (SBM).

Par ailleurs, dans la logique d'une recherche menée en 2009 – sur l'évaluation des guides de réduction de la vulnérabilité des bâtiments en zone inondable (DGALN) – conduisant à l'inadéquation des outils de communication développés par l'État, une recherche spécifique est en cours sur l'évaluation de la pertinence des outils de communication émis par les institutions sanitaires dans ce cadre. Le constat est que cette problématique est quasiment inexistante. Les rares outils disponibles ne sont pas utilisés notamment parce qu'ils ne relèvent pas d'axes stratégiques concernant le secteur de la santé.

Les perspectives d'actions viseront à approfondir les questions de communication tant dans les modalités de gestion de crise que dans la prise de conscience des risques sanitaires. Le développement de la question des conséquences sanitaires des risques *inondation* entre la santé et le ministère de l'Environnement (DGPR et DGAL) sera également abordé.

3. ÉVALUATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS AUX POLLUTIONS ET AUX NUISANCES

3.1 PRÉSENTATION

Le travail de recherche se structure autour de projets d'ampleurs sur la connaissance des expositions des populations sur un ensemble de pollutions et de nuisances susceptibles d'être à l'origine d'impacts sanitaires. Ainsi les travaux menés dans le cadre de l'**Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI)**, programme national coordonné par le CSTB, confirment son positionnement national sur la connaissance et la compréhension des environnements intérieurs et de leurs occupants dans le but d'agir sur la qualité sanitaire et du confort de ces lieux de vie. En particulier, l'analyse des typologies constructives et la prise en compte des usagers des bâtiments en lien avec le mesurage des pollutions et du confort a permis d'aborder l'ensemble des déterminants de la santé, du confort et du bien-être dans les bâtiments (logements, lieux d'accueil des enfants, lieux de loisirs). Par ailleurs la prise en compte des nouveaux enjeux liés à la réduction de la

consommation énergétique dans le domaine du bâtiment est une orientation qui permet au CSTB d'être présent dans le grand chantier qui se présente aujourd'hui. D'autres travaux d'ampleur nationale comme l'étude de la **contamination au plomb** des logements accueillant des enfants de 6 mois à 6 ans ont également permis d'avoir une meilleure connaissance du parc existant.

3.2 ACTIONS DE RECHERCHES

⇒ **OBSERVATOIRE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (2007-2010)**

Séverine KIRCHNER

Cofinancements : MEDDTL/DHUP, MEDDTL/DGPR, DGS, ADEME

Partenariats engagés : ANSES, AASQA, EHESP, INSERM, INERIS, Service de pneumologie allergologie de l'hôpital Nord de Marseille, SEPIA Santé, LHVP, Laboratoire de Santé publique et Environnement de l'université Paris-Descartes, Laboratoire d'océanographie et du climat (LOCEAN) – Institut Pierre-Simon-Laplace, Statistique appliquée Conservatoire national des arts et métiers, etc.

Créé en juillet 2001, l'OQAI est placé sous la tutelle des ministères en charge de la construction, du logement, de l'écologie et de la santé avec le concours du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) et de l'Agence nationale de l'habitat (ANAH).

Sa mise en œuvre opérationnelle et sa coordination scientifique sont assurées par le CSTB sous la direction de Séverine Kirchner. Plus d'une centaine de professionnels et de doctorants (chimistes, microbiologistes, statisticiens, médecins, toxicologues, épidémiologistes, évaluateurs de risques, architectes, économistes, sociologues...) appartenant à une cinquantaine d'organismes français sont associés aux travaux et se réunissent régulièrement au sein de groupes de travail destinés à planifier et à mettre en œuvre les études, puis à en exploiter et valoriser les résultats.

L'orientation stratégique des travaux et la déontologie des actions de l'OQAI sont garanties par le conseil de surveillance. Les protocoles et les résultats des études sont validés par le conseil

scientifique. Enfin, les liens avec le grand public et les acteurs du bâtiment et de la santé sont assurés *via* le comité consultatif.

Le budget de l'OQAI provient de fonds publics ; il est discuté annuellement en conseil de surveillance et est dimensionné selon le programme de travail validé par le conseil scientifique.

De l'observation à la gestion

Les missions de l'OQAI couvrent un large spectre et ses objectifs peuvent être résumés ainsi :

- connaître les environnements intérieurs (parc des bâtiments, systèmes de ventilation en place, temps passé et comportements des occupants...);
- hiérarchiser les paramètres de pollution intérieure sur la base de critères sanitaires ;
- caractériser les polluants présents qu'ils soient chimiques, biologiques ou physiques et identifier les facteurs à l'origine des situations de pollution intérieure (sources et déterminants) ;
- gérer et valoriser les données disponibles sur la qualité de l'air intérieur à l'échelon national ;
- fournir des éléments utiles à la gestion des risques sanitaires (indices de qualité d'air intérieur, modules de confinement) ;
- informer le grand public, former les professionnels et émettre des recommandations.

Les travaux menés par l'OQAI se déclinent en cinq programmes d'actions :

→ Logements

Engagée en octobre 2003, la **campagne nationale « Logements »**, menée sur un échantillon représentatif du parc des résidences principales de France métropolitaine continentale, s'est achevée en janvier 2006. Les distributions des concentrations des polluants dans l'air des logements français ont été publiées et sont désormais largement utilisées pour évaluer les expositions de la population et les risques sanitaires associés à la présence des polluants (travaux de l'ANSES), dimensionner la gestion des risques (décrets Grenelle sur l'étiquetage des produits de construction, European Chemical Agency) ou lors de la fixation de valeurs de gestion pour la qualité de l'air intérieur (ANSES, OMS).

En complément de cet état de la pollution dans le parc de logements, un descriptif de la ventilation a été effectué et les données très complètes sur les

budgets « espace-temps » des ménages sont aujourd'hui disponibles. Des typologies de logements, ménages et comportements ont été élaborées pour caractériser les lieux de vie domestiques. Les travaux d'exploitation des données se poursuivent pour identifier les déterminants de la pollution, comprendre le rôle des systèmes de ventilation et des pratiques d'aération, quantifier les contributions des produits, des équipements et de l'air extérieur, examiner plus spécifiquement les relations avec les inégalités socio-économiques et la précarité énergétique. Enfin une étude des relations entre polluants domestiques et effets sanitaires a été réalisée.

Par ailleurs, une étude spécifique sur la **qualité de l'air, le confort des occupants et les consommations énergétiques** réelles est en cours **dans sept logements performants en énergie**. Engagée en 2008 dans le cadre d'une recherche financée par le CSTB, cette étude a été intégrée dans le programme d'actions de l'OQAI en 2010. Le suivi mené à la réception des logements, ainsi qu'à l'occupation des lieux en période de chauffe et hors chauffe met en avant la survenue de plusieurs problèmes techniques liés aux équipements et systèmes récents et innovants équipant ces habitations. Il apparaît également qu'une phase d'appropriation de ces habitations « non conventionnelles » par les occupants est nécessaire et une période d'adaptation, plus longue que dans une habitation « traditionnelle », est observée.

→ Lieux de vie fréquentés par les enfants.

À l'instar de la campagne nationale « Logements », l'OQAI prépare une **campagne nationale sur un échantillon représentatif du parc français des écoles maternelles et élémentaires**. Cette dernière vise à acquérir une connaissance plus complète des niveaux d'exposition des enfants aux différents polluants de l'air dans ces locaux. Le développement et le test d'un protocole harmonisé ciblé sur un groupe de polluants et indicateurs de pollution d'intérêts prioritaires (particules, composés organiques volatils et semi-volatils [pesticides, phtalates, retardateurs de flammes], allergènes, bioaérosols, métaux) sont en cours dans une cinquantaine d'écoles. Enfin le développement d'une application informatique permettant l'intégration dans une base de données et la validation en temps réel des données collectées est en cours.

Dans le cadre d'une étude sur la **qualité microbiologique de l'air des établissements d'accueil et d'enseignement**, six établissements ont été investigués (deux crèches, une école maternelle, une école élémentaire, un collège et un lycée). Une méthodologie originale a été développée associant pour la première fois un échantillonnage représentatif des volumes investigués et une analyse moléculaire de la microbiologie de l'air. Une vision qualitative et quantitative est proposée au travers de l'association de plusieurs outils moléculaires fondés sur l'ADN des micro-organismes (bactéries et eucaryotes) : PCR quantitative en temps réel et inventaire moléculaire. Cette étude montre une vision différente de celle retrouvée habituellement dans ces environnements par les méthodes de cultures. En effet, 66 % de la diversité bactérienne retrouvée dans l'air de ces environnements ne sont pas cultivables et les bactéries à Gram négatif dominant avec plus de 50 % de la diversité bactérienne. Les niveaux des charges bactériennes et eucaryotes apparaissent respectivement 1 000 et 100 fois supérieurs aux niveaux de charges habituellement mesurés par culture. La source humaine de l'aérobiocontamination, déjà mise en évidence dans la littérature à travers d'autres approches (culture, biomarqueurs, etc.) est confirmée par les résultats de cette étude où la présence des occupants est corrélée notamment à l'augmentation de la charge bactérienne en aérosol, et à la proportion d'espèces pathogènes fréquemment impliquées dans les pathologies du nourrisson et du jeune enfant. À la suite de cette étude, cinq crèches et cinq écoles font l'objet d'une évaluation complémentaire dans le but d'établir à terme des indicateurs de la qualité microbiologique de l'air de ces espaces de vie.

La multiplicité des **produits utilisés pour l'entretien des locaux, l'hygiène des enfants ou les activités** est une hypothèse communément avancée pour expliquer les concentrations intérieures parfois élevées en COV dans les écoles et crèches. Une vingtaine de produits d'entretien et de fournitures scolaires utilisés dans une école maternelle font actuellement l'objet de tests d'émission de COV et d'aldéhydes par le CSTB. Ce travail a pour but de fournir un premier éclairage sur le rôle possible de ces produits dans la dégradation de la qualité de l'air intérieur. Parallèlement, les substances entrant dans la composition des produits sont recensées sur la base des documents disponibles (par exemple, les fiches de données de sécurité), afin d'examiner dans quelle mesure ces informations permettent d'expliquer les situations de pollution rencontrées.

Si possible, elles seront confrontées aux données issues des tests en chambre expérimentale. Cette phase exploratoire permettra d'identifier les besoins futurs (protocoles de caractérisation des émissions dédiés, base de données, etc.) sur un volet déterminant de la qualité de l'air intérieur.

Dans le cadre d'une étude sur la **qualité microbiologique de l'air des établissements d'accueil et d'enseignement**, six établissements ont été investigués (deux crèches, une école maternelle, une école élémentaire, un collège et un lycée). Cette étude originale réalisée dans des établissements dépourvus de systèmes spécifiques de ventilation avait pour objectif de comparer les paramètres de confinement, de qualité d'air intérieur, de confort et de déperditions énergétiques dans une pièce (salle d'activité ou salle de classe) avant et après l'installation d'un **indicateur lumineux de confinement**. Dans les six bâtiments, la connaissance du niveau de confinement, basé sur la mesure de la concentration en dioxyde de carbone (CO₂), traceur des bioeffluents humains, s'est traduite systématiquement par un changement du comportement des personnes en charge des enfants vis-à-vis de l'aération, par utilisation des ouvrants selon des scénarios diversifiés (ouverture quasi exclusive des fenêtres, ouverture des portes intérieures, etc.). L'indicateur de confinement a pleinement joué son rôle et s'avère ainsi un excellent outil pédagogique. Les changements de comportement conduisent à des situations de qualité d'air intérieur et de consommations énergétiques assez variées reflétant des stratégies d'aération qui le sont également. Si toutes les stratégies d'aération conduisent à une diminution du confinement de l'air intérieur, la qualité de l'air, elle, ne s'améliore pas systématiquement sur l'ensemble des indicateurs étudiés. Les stratégies adoptées ne conduisent pas à une augmentation systématique des déperditions par renouvellement d'air surtout lorsqu'elles font appel à une aération par ouverture bien maîtrisée des fenêtres.

S'agissant des lieux de loisirs, les piscines ont fait l'objet d'une étude sur la **contamination de l'atmosphère des piscines couvertes par les sous-produits de désinfection de l'eau des bassins**. Les principaux points examinés portent sur les concentrations en trichlorure d'azote (NCl₃) et en trihalométhanes (THM) dans l'air et sur les principaux déterminants de cette pollution. Les mesures ont été réalisées dans quinze établissements choisis en fonction du potentiel de formation des composés volatils dans l'eau des bassins (fréquentation au regard du volume d'eau

disponible) et des conditions de dispersion du flux de polluants émis par ces derniers.

→ **Bureaux**

Seconds lieux fréquentés (en temps passé) pour une large proportion de la population adulte, les bâtiments de bureaux restent à ce jour des locaux où la qualité de l'air reste largement méconnue en France. Après une étude pilote réalisée en juin 2009, une **campagne nationale dans les immeubles de bureaux** de plus de cinquante personnes débutera en 2011. Outre la qualité de l'air, le confort et la santé des occupants, la dimension « performance énergétique » sera prise en compte pour une approche globale des enjeux du bâtiment.

→ **Indices de qualité d'air intérieur et outils d'aide à la décision**

L'élaboration d'indices et de modèles prédictifs de la pollution intérieure, simples, faciles à mettre en œuvre et compréhensibles par tous représente l'un des objectifs de l'OQAI.

Ont été créés, un **Indice de Confinement de l'air dans les Écoles (ICONE)** et un **dispositif (LUM'AIR)** intégrant deux outils complémentaires (Brevet FR 09 52971 : le calcul direct de ICONE et l'affichage du confinement par diodes lumineuses. L'indice ICONE permet de connaître l'état du confinement d'une salle en tenant compte à la fois de l'intensité des pics en CO₂ mesurés et de leur fréquence. Il est compris entre 0 et 5, la note 0 correspondant au confinement nul – situation la plus favorable –, et la note 5, au confinement extrême – situation la plus défavorable. La visualisation du confinement par trois diodes lumineuses permet quant à elle de gérer au fil du temps les situations rencontrées : si le voyant lumineux est vert, l'ambiance n'est pas confinée et il convient de maintenir les ouvrants fermés ; s'il est orange, l'ambiance est légèrement confinée et il est utile d'ouvrir les fenêtres pour réduire le confinement ; s'il est rouge, il faut ouvrir les fenêtres pour augmenter le renouvellement d'air de la pièce.

Afin de mieux comprendre ce qui détermine les **comportements vis-à-vis de l'aération dans les établissements d'enseignement et d'accueil de la petite enfance**, une **enquête nationale** a débuté en janvier 2010 auprès d'un échantillon de 2 000 écoles maternelles et élémentaires et de 1 000 crèches collectives, tiré au sort et représentatif du parc français. Cinq questionnaires sont adressés à chaque établissement, pour le directeur et les

professeurs des écoles et/ou les personnes en charge des enfants. Ils permettent de documenter les caractéristiques des ouvrants, les habitudes et stratégies d'aération, les freins à l'aération par ouverture des fenêtres et les souhaits des occupants (modification des types d'ouvrants, automatisation ou asservissement des ouvertures, etc.). Les résultats seront fondamentaux pour l'élaboration d'outils d'aide à la gestion de l'aération dans ces lieux (proposition de solutions d'aération envisageables et adaptées à ces bâtiments) et pour les futures actions de sensibilisation.

→ **Veille, communication, information et formation**

La valorisation des résultats des études de l'OQAI fait l'objet d'un programme dédié qui se traduit par des actions de formation et d'information : élaboration de guides, organisation d'ateliers grand public et de conférences scientifiques. Une **veille bibliographique** est également assurée au sein de ce programme. Récemment, dans le cadre de cette veille, un état des connaissances sur l'épuration de l'air intérieur par les plantes a pu être réalisé avec l'appui des scientifiques français et étrangers impliqués dans le domaine.

Pour plus d'informations : <http://www.air-interieur.org>

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

→ **Développement et mise en place d'une méthode de classification multicritère du parc de bâtiments à usage de bureaux** (qualité de l'air intérieur – santé – confort – performance énergétique) (2010 -2013)

Mory OUATTARA - Université Paris-VI, Pierre-et-Marie-Curie – CEDRIC, Centre d'étude et de recherche en informatique du CNAM

Effectué en lien avec la campagne nationale sur les bâtiments à usage de bureaux lancée par l'OQAI, ce travail doctoral a pour objectif d'élaborer des indicateurs spécifiques pour qualifier les bâtiments de bureaux en termes de qualité d'air intérieur, de confort et de santé perçus par les occupants et de performance énergétique ; de concevoir une méthode de modélisation multicritère permettant de classer les bâtiments de bureaux français sur la base des indicateurs retenus (QAI, santé, confort, performance énergétique) ; d'élaborer un modèle prédictif de la qualité des bâtiments au regard des

différents critères en parallèle, d'accompagner la collecte des données de la campagne nationale « Bureaux » de l'OQAI en termes de validation, complétion des données manquantes, agrégation, pour intégration au modèle conçu.

→ **Modélisation de l'exposition domestique aux composés organiques volatils et évaluation de l'impact de cette exposition sur la santé respiratoire et l'allergie, chez le jeune enfant : bilan au terme d'une année de suivi d'une cohorte de nouveau-nés à Paris (2008 -2011)**

Céline RODA - Université Paris-XI – École doctorale de santé publique

Le travail de doctorat de Céline Roda porte sur la cohorte PARIS « *Pollution and Asthma Risk: an Infant Study* ». Cette cohorte de nouveau-nés franciliens suivis de la naissance jusqu'à l'âge de 7 ans a été mise en place dans le but d'évaluer l'incidence d'une symptomatologie respiratoire et allergique chez ces enfants et d'étudier les relations avec les facteurs comportementaux et environnementaux des milieux où ils vivent. Une investigation environnementale spécifique menée chez 196 enfants de la cohorte a montré que le formaldéhyde était omniprésent dans les logements. L'objet de l'étude était de modéliser les concentrations de formaldéhyde en utilisant les données issues de l'investigation environnementale et des renseignements fournis par questionnaires afin d'estimer, pour chaque enfant de la cohorte, son exposition à ce polluant et d'examiner les relations entre exposition et la survenue d'une symptomatologie respiratoire et allergique, au cours de la première année de vie.

Des modèles annuels et saisonniers d'exposition au formaldéhyde ont été élaborés par régression logistique. Les facteurs prédictifs retenus sont les sources continues de formaldéhyde (présence et ancienneté du parquet vitrifié, des panneaux de particules, de peinture), les caractéristiques du logement (date de construction, superficie du logement, nombre d'habitants) pouvant être des proxys (indicateurs de la présence de polluants) de sources non prises en compte et les paramètres d'aération et de confinement (présence d'une ventilation mécanique contrôlée, de double vitrage) pouvant favoriser les émissions. Ces modèles sont en cours de validation avec les données de la campagne nationale « Logements » de l'OQAI.

Les premiers résultats issus du croisement de l'exposition au formaldéhyde et des événements

sanitaires révèlent que l'exposition au formaldéhyde serait positivement associée à la survenue de sifflements et d'infections des voies respiratoires basses (bronchite et/ou bronchiolite). Ces résultats devront être confirmés par des analyses de survie multivariées (modèle de Cox, par exemple) permettant de cumuler l'exposition jusqu'à la survenue de l'événement sanitaire et d'ajuster sur les autres facteurs de risque connus.

⇒ **ÉTUDE NATIONALE DE LA PRÉVALENCE DU SATURNISME INFANTILE – ÉTUDE DES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX (2009-2011)**

Corinne MANDIN

Cofinancement de l'ANSES

Partenariats engagés : InVS, EHESP, ISA, hôpital Lariboisière

Une campagne nationale sur le plomb dans l'habitat français accueillant des enfants de 6 mois à 6 ans a été élaborée et menée entre novembre 2008 et août 2009 (484 logements enquêtés).

Un premier état de la contamination par le plomb des logements français métropolitains abritant au moins un enfant âgé de 6 mois à 6 ans a été réalisé. Les constats montrent que les concentrations en plomb dans l'eau du robinet sont très faibles puisque 56 % des logements ont des concentrations inférieures à la limite de quantification (1 µg/l) et 75 % des logements de la population cible ont une concentration inférieure à 2 µg/l. La comparaison des concentrations en plomb acido-soluble et en plomb total montre une relation linéaire. Les parties communes des logements en immeubles collectifs ont des niveaux de concentration en plomb dans les poussières plus élevés que les niveaux à l'intérieur du logement. Les trois quarts des logements français abritant au moins un enfant âgé de 6 mois à 6 ans n'ont aucune unité de diagnostic ayant une concentration supérieure à 1 mg/cm².

L'analyse des résultats en fonction de différents facteurs (notamment période de construction) n'a pas toujours mis en évidence un caractère discriminant. Ces résultats sont cependant très liés aux seuils (par exemple seuil de détection de 1 µg/l pour l'eau) ou aux critères d'agrégation de données choisis (par exemple pour les mesures XRF). D'autres critères d'agrégation plus complexes (notamment pour le cas des mesures XRF) et d'autres seuils (étude de sensibilité) vont être recherchés afin de restituer au mieux l'information sur l'état de la contamination par le plomb des logements. Le travail se poursuit actuellement avec

pour enjeu l'amélioration et le développement des outils utiles dans le cadre de contrôle sanitaire, permettant de mieux identifier les risques immédiats ou potentiels liés au plomb pour les occupants d'un logement.

⇒ **SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES BÂTIMENTS : DÉTERMINANTS DE LA VARIABILITÉ TEMPORELLE DE LA CONCENTRATION EN POLLUANTS DANS L'AIR ET DE L'EXPOSITION DES OCCUPANTS (2009-2010)**

Olivier RAMALHO

Partenariats engagés : CERTES (université Paris-XII), LCSQA

Cette action de recherche fait le point sur les techniques mathématiques d'analyse des sources de variabilité temporelle de la concentration en polluants dans l'environnement intérieur (formaldéhyde, particules, HAP), pour *in fine* développer un modèle de prévision à court-terme à l'instar de ce qui est développé pour l'air extérieur. L'application de cette approche sur des séries de données à long-terme en partenariat avec le CERTES est en cours. L'objectif est de pouvoir remonter à l'évolution de la contribution des différentes sources d'un polluant à partir de mesures en continu, éléments restant inconnus à ce jour. Cette connaissance est notamment nécessaire de manière à anticiper et à appliquer les valeurs de référence pour l'air intérieur qui commencent à se développer et qui concernent une durée d'exposition long-terme. La difficulté de l'exercice est également liée au manque de métrologie pour le suivi d'éléments traces en continu pour l'air intérieur. Un analyseur de formaldéhyde a été acquis et ses performances, vérifiées dans le cadre d'une inter-comparaison avec le laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LSCQA).

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

→ **Contribution à l'étude du transport de polluants à l'intérieur des locaux d'habitation (2005 -2008)** ; Justin KOFFI – Université de la Rochelle – Laboratoire d'étude des phénomènes de Transfert appliqués au bâtiment (LEPTAB)

4. CARACTÉRISATION ET GESTION DES POLLUTIONS

4.1 PRÉSENTATION

Des avancées majeures ont permis d'appréhender plus spécifiquement les contaminations microbiologiques et en particulier :

- **la pandémie grippale**, grâce à une meilleure compréhension des modes de transmission (air, surfaces) des agents d'origine virale dans les espaces clos. La capitalisation des connaissances sur l'émission, le transport et la persistance de ces entités biologiques a permis de proposer et d'évaluer des moyens de prévention et de décontamination pertinents et applicables au bâtiment ;
- **la contamination en légionelles**, avec l'étude du rôle de l'environnement dans la survie et le potentiel infectieux de *Legionella pneumophila*, bactérie responsable d'une infection pulmonaire appelée légionellose ;
- **la contamination fongique** : préparation d'une étude épidémiologique sur les effets sanitaires des moisissures ;
- **la contamination microbienne**, avec le développement d'outils de détection innovants (outils moléculaires fondés sur l'ADN des micro-organismes [bactéries et eucaryotes]).

En termes de gestion des contaminations, des outils d'aide à la décision ont été développés comme :

- la réalisation de **microcapteurs gaz** dédiés à la surveillance de la qualité de l'air des environnements (notamment contamination fongique) ;
- la création d'un **Indice de CONfinement de l'air dans les Écoles (ICONE)** afin de connaître l'état du confinement d'une salle **et d'un dispositif (LUM'AIR)** permettant de gérer au fil du temps les situations de confinement ;
- le développement d'un prototype pour la **mesure de l'espace des odorants** ;
- l'élaboration de nouveaux **traitements préventifs des contaminations fongiques** adaptés aux environnements intérieurs ;
- la mise au point d'une **stratégie de recherche des aérosols de légionelles, en cas de situation épidémique**, pour évaluer rapidement les zones potentiellement concernées par un risque de contamination (développement de modèles de dispersion atmosphérique mieux adaptés à la problématique du risque biologique) ;

- l'aide à la conception hygiénique des **réseaux de distribution d'air** des industries alimentaires ;
- le développement d'un **dispositif de collecte des aérosols microbiologiques** destinés à l'étude de la biocontamination dans les établissements de santé ;
- le développement d'un **outil d'aide au diagnostic des plaintes dans l'habitat**.

4.2 ACTIONS DE RECHERCHE

⇒ CARACTÉRISATION DES CONTAMINATIONS MICROBIOLOGIQUES

→ **Pandémie grippale et bâtiment : mise en œuvre de stratégies visant à réduire l'exposition des occupants aux agents d'origine virale** (2008-2010)

Thi-Lan HA, Stéphane DELABY

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Étude de la transmission du virus grippal dans les espaces clos : rôle des supports (2009 -2012) ; Florian CORDONNIER – Université Paris-Est Créteil (Paris-XII)

L'objectif de la recherche est d'évaluer le rôle du bâtiment dans la transmission des virus respiratoires, en capitalisant des connaissances sur l'émission, le transport et la persistance de ces biocontaminants dans les milieux clos. Les actions engagées à ce jour concernent la contribution de la ventilation et des surfaces du bâti dans la propagation des entités virales, à l'aide de simulations numériques et d'expérimentations en laboratoire. Ces travaux sur la dynamique des virus émis par la sphère respiratoire humaine sont ensuite exploités pour explorer les stratégies de gestion sanitaire et leur efficacité selon les situations réelles d'exposition. L'intégration des systèmes de traitement de l'air dans les espaces clos est par exemple une des pistes en cours d'évaluation.

Étude de l'aérobiocontamination virale des espaces clos : cas du virus respiratoire syncytial (2005 -2008) ; Guillaume HERSEN - Université Paris-Est Créteil – Centre d'études et de recherche en thermique, environnement et systèmes CERTES)

→ **LEGIOAEROPATHO - Impact de facteurs environnementaux sur la survie et la pathogénicité des légionelles aérosolisées** (2007-2009)

Thi-Lan HA

Projet ANR

Partenariats engagés : LCEE, Université de Poitiers, EPHE, Faculté de médecine de Nancy, CNR des légionelles Lyon

Ce programme de recherche porte sur l'étude du rôle de l'environnement dans la survie et le potentiel infectieux de *Legionella pneumophila*, bactérie responsable d'une infection pulmonaire appelée « légionellose ». Des connaissances nouvelles ont été apportées sur la dynamique du pathogène dans les différents compartiments de la transmission, plus précisément sur son écologie en milieu hydrique, son transport et sa survie dans l'air, son interaction avec l'hôte à l'aide d'un modèle murin. Le consortium mobilise des compétences scientifiques dans les domaines de la chimie de l'eau (LCEE, université de Poitiers), de la microbiologie environnementale (EPHE, faculté de médecine de Nancy), de la physique et de la survie des bioaérosols (CSTB), de la toxicologie cellulaire et animale (CNR des légionelles Lyon).

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Étude de la survie des légionelles et de la dynamique des populations microbiennes des réseaux d'eau chaude : rôle des procédés de décontamination (2006 -2009) ; Maha FARHAT – Université de Poitiers – Laboratoire de chimie et microbiologie de l'eau (LCME)

→ **Dispersion atmosphérique des légionelles** (2007-2010)

Thi Lan HA

Cofinancement de l'INERIS

Partenariats engagés : DGA, INERIS

L'objectif est de développer une stratégie de recherche des aérosols de légionelles, en cas de situation épidémique, pour évaluer rapidement les zones potentiellement concernées par un risque de contamination. À cette fin ont été mises en œuvre des mesures *in situ* et des simulations numériques sur un site périurbain pour caractériser la dispersion atmosphérique de micro-organismes potentiellement émis à partir d'une tour aérorefrigérante. Cette démarche permet de confronter les données issues de la modélisation à

la mesure pour en estimer le domaine d'utilisation, et de développer des modèles mieux adaptés à la problématique du risque biologique. Le projet a bénéficié des expertises de la DGA, du CSTB et de l'INERIS dans les champs respectifs de la dispersion et biocollecte des aérosols biologiques, de la métrologie et détection des légionelles dans l'air, et de la modélisation.

→ **COLLECTAIRE - Développement d'un dispositif de collecte des aérosols microbiologiques destinés à l'étude de la biocontamination dans les établissements de santé (2007-2009)**

Thi-Lan HA

Cofinancement : FCE - DGE

Partenariats engagés : ENS, CEA, CIAT, Faure QEI, ELYO

Le projet COLLECTAIRE, labellisé par le pôle de compétitivité Lyonbiopôle, vise à développer un prototype préindustriel pour qualifier et quantifier la charge microbienne présente dans l'air des établissements de santé. Ce biocollecteur repose sur un principe breveté qui consiste en une capture « électrostatique humide » des particules aéroportées. Le dimensionnement et la conception du prototype ont été affinés par l'étude paramétrique d'une première maquette. Les solutions technologiques retenues sont en cours d'évaluation numérique. Une qualification des performances d'échantillonnage devrait ensuite être mise en œuvre selon une phase laboratoire, puis une phase *in situ* pour valider l'opérationnalité du dispositif. Le consortium rassemble six partenaires, organismes de recherche et industriels, dont les domaines de compétences permettent d'appréhender la pertinence des cibles biologiques (ENS), la connaissance des bioaérosols dans les espaces clos (CSTB), le développement d'instrumentation et de capteurs biologiques (CEA), puis de couvrir l'ensemble de la chaîne produit, de la fabrication (CIAT) à la mise en œuvre (Faure QEI, ex Faure Ingénierie) et à l'utilisation dans les établissements de santé (ELYO).

→ **Étude ESMHA (Effets sanitaires des moisissures dans l'habitat) (2007-2010)**

Stéphane MOULARAT

Cofinancement de l'ANSES

Partenariats engagés : ORS (coordinateur du projet), LHVP

La prolifération de moisissures dans l'habitat, liée la plupart du temps à des problèmes d'humidité, s'avère préoccupante pour la santé des occupants. En effet, les spores fongiques sont capables de pénétrer dans les voies respiratoires, transportant allergènes et toxines. Outre les effets allergiques tels que rhinite, sinusite allergique ou asthme, les moisissures peuvent également être impliquées dans des mécanismes infectieux. Des effets toxiques et irritatifs leurs sont aussi attribuables. Alors que la proportion de logements concernés apparaît importante, notamment en Île-de-France, l'impact sanitaire pourrait être non négligeable. Toutefois, du fait notamment de l'absence d'indicateurs d'exposition fiables, cet impact peut difficilement être quantifié. Ainsi, le grand public comme les acteurs français (du bâtiment, de la santé, les décideurs) sont peu sensibilisés à cette problématique.

L'objectif de ce travail était de tester la faisabilité d'une enquête épidémiologique en Île-de-France et en particulier de :

- valider la pertinence d'une stratégie d'échantillonnage élaborée afin de surreprésenter les logements contaminés par des moisissures ;
- confronter différentes techniques de recueil d'indices de contamination fongique, basées sur un questionnaire environnemental, des prélèvements de surfaces contaminées et des prélèvements d'air. Ce pilote visait ainsi à tester la faisabilité des techniques sur le terrain, à vérifier la qualité des données recueillies et à étudier la pertinence des différents indices de contamination en vue d'évaluer l'exposition des individus aux moisissures. Pour ce faire, les objectifs étaient notamment :
 1. d'étudier les liens entre les indices de contamination et leurs déterminants potentiels recueillis par questionnaire,
 2. de dégager des profils de logement et de comportement des foyers déterminant les contaminations fongiques,
 3. de tester des modèles pour prédire les indices de contamination issus des mesures à partir des données issues du questionnaire ;

- vérifier l'adhésion des foyers à l'enquête, en particulier tester le recueil des données de santé par questionnaires autoadministrés et tester le recueil des données concernant les facteurs de confusion potentiels.

→ **Surveillance de la qualité microbiologique de l'air intérieur : vers la définition d'indicateurs microbiens et le développement d'outils de détection des principaux pathogènes en aérosols (2009-2010)**

Marina MOLETTA-DENAT

Malgré les nombreuses mesures de prévention déployées par les établissements associés au Comité de lutte contre les infections nosocomiales (CLIN), les infections nosocomiales perdurent, et le rôle de l'air comme vecteur de transmission des agents infectieux est de plus en plus étudié. Cependant peu de données sont actuellement disponibles sur le compartiment aérien de ces environnements sensibles.

Dans ce contexte, la présente étude a consisté à mettre en place des outils permettant de caractériser la qualité microbiologique de l'air des établissements de soins. Pour ce faire, nous avons développé puis mis en œuvre un dispositif d'échantillonnage utilisant les réseaux aérauliques du bâtiment. À ce dispositif ont été couplées, de façon innovante, des techniques moléculaires de quantification ciblant des micro-organismes d'intérêt sanitaire tels qu'*Aspergillus fumigatus*, *Mycobacterium tuberculosis*, le virus respiratoire syncytial (VRS) et le virus influenza. La description de la diversité microbienne accompagnant les pathogènes ciblés a également été réalisée par un inventaire moléculaire. La caractérisation qualitative de la microflore aéroportée a mis en évidence une grande diversité microbienne dans l'air de l'hôpital, avec une présence forte de pathogènes opportunistes.

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Surveillance de la qualité microbiologique de l'air intérieur : vers la définition d'indicateurs microbiens et le développement d'outils de détection des principaux pathogènes humains en aérosols (2008 -2012)

Carole GAÜZERE – Université de Montpellier-II

L'objectif du travail de thèse est d'étudier la diversité microbienne « bruit de fond », pouvant être rencontrée dans les espaces clos. Cette

recherche devrait aboutir *in fine* à la création d'une base de données regroupant les agents microbiens (procaryotes et eucaryotes) retrouvés dans l'air de différents environnements intérieurs. Dans ce but, une méthodologie de collecte ainsi que de nouvelles approches analytiques qualitatives et quantitatives seront développées. Elles permettront de mieux appréhender la diversité des bioaérosols des espaces clos.

⇒ **GESTION DES CONTAMINATIONS**

→ **DÉVELOPPEMENT DE CAPTEURS ET DE SYSTÈMES D'AIDE AU DIAGNOSTIC**

∞ **Étude et réalisation de microcapteurs gaz dédiés à la surveillance de la qualité de l'air des environnements intérieurs (2009-2010)**

Stéphane MOULARAT

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Étude et réalisation de microcapteurs gaz destinés à la détection rapide d'un développement fongique dans les espaces clos (2007 -2010) ; Yaël JOBLIN – Université Paris-Est Marne-la-Vallée – École doctorale « Information, Communication, Modélisation et Simulation » (ICMS)

L'objectif du travail de thèse est d'étudier la signature électronique de microcapteurs gaz en présence de cibles chimiques spécifiques de la croissance fongique (brevet n° BFF060177). Cette recherche doit *in fine* aboutir à un système d'alerte microbiologique et d'asservissement des systèmes et/ou procédures de traitement de l'air pouvant être appliqués à des environnements aussi variés que les musées (protection des œuvres contre les micromycètes), les établissements de santé (infections nosocomiales), les industries agroalimentaires (contrôle microbiologique des denrées), les établissements scolaires et enfin l'habitat.

Étude et compréhension des mécanismes d'adsorption de composés organiques volatils par des couches polymères : application au développement de microcapteurs de la pollution de l'air intérieur (2009 -2012) ; Rukshala ANTON – Université de Cergy-Pontoise – École doctorale « Sciences et Ingénierie »

Afin de surveiller les espaces clos et de détecter de manière continue les contaminations fongiques, un système d'analyse complexe de composés organiques volatils spécifiques d'un développement fongique est en cours de réalisation au CSTB. Dans ce contexte, cette thèse vise à améliorer la partie détection du système vis-à-vis de ces COV fongiques en étudiant leurs mécanismes d'adsorption sur des couches de polymères et en réalisant également la fonctionnalisation d'une microcolonne par des polymères.

∞ **Détection par capteurs chimiques de développement fongiques (2007-2009)**

Stéphane MOULARAT

Cofinancement : LRMH

Partenariat engagé : LRMH

Les champignons sont des biocontaminants courants des environnements intérieurs ; de nombreuses études ont démontré leur rôle dans la dégradation des matériaux qu'ils colonisent (bois, textile, papier, pigment, verni, etc.) jusqu'à la destruction totale des substrats.

À l'heure actuelle, les différents services de conservation du patrimoine mènent des actions correctives destinées à restaurer les matériaux altérés, mais il n'existe pas de réelle stratégie préventive avec une procédure d'alerte permettant de stopper la contamination avant que des dégâts importants ne soient constatés. L'absence de techniques efficaces permettant de détecter et d'identifier précisément la présence d'un champignon dès le début de son développement explique cette situation. De plus, les techniques utilisées pour détecter une contamination fongique dans une ambiance s'appuient sur la culture des particules biologiques en suspension dans l'air et de ce fait ne permettent pas de détecter une contamination masquée (lorsqu'une moisissure se développe derrière une tapisserie, dans une charpente, ou derrière un tableau par exemple).

Or, dès le début de leur développement les champignons émettent des molécules volatiles (composés organiques volatils d'origine microbienne [COVm]) issues soit de leur métabolisme, soit de la dégradation du matériau par les enzymes ou les acides qu'ils produisent. Contrairement aux spores, ces composés se dispersent dans l'environnement sans être retenus par les supports. Par conséquent, la détection de certains de ces composés spécifiques d'une ou de

plusieurs espèces fongiques permettrait d'une part l'identification d'une contamination dès le début du développement et d'autre part la détection des contaminations « masquées » pour lesquelles les spores ne sont pas émises dans l'environnement.

∞ **DECAGRAPH – Détection précoce de contaminants biologiques et chimiques appliquée au patrimoine graphique) (2010-2012)**

Stéphane MOULARAT

Cofinancement : PNRCC

Partenariats engagés : BNF (coordinateur du projet), LRMH, Archives nationales

Le Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH) et le CSTB ont mené une étude conjointe en vue d'appliquer aux monuments historiques, une recherche menée sur l'identification précoce des contaminants biologiques dans les locaux d'habitation. Cette innovation a pour avantage majeur de les détecter avant même qu'ils ne soient apparents et ne dégradent collections et monuments. Bibliothèques et archives souhaitent adapter cette méthode au patrimoine graphique. Fondée sur l'analyse des COV, elle donnerait également des renseignements précieux sur la nature des polluants émis par les collections graphiques, qui peuvent également, comme c'est le cas pour les papiers acides, contribuer à polluer l'air intérieur et altérer les collections saines et les matériaux du bâtiment.

Par comparaison avec des analyses plus traditionnelles, des valeurs guides de concentrations de COV à partir desquelles une action préventive ou curative devient nécessaire seront établies.

Les résultats obtenus à l'issue de ce projet devraient aider à l'optimisation d'un appareil autonome de surveillance in situ, en cours de développement au CSTB en collaboration avec le LRMH, capable de détecter en continu l'ensemble des polluants qui contribuent à l'altération du patrimoine écrit et d'alerter en cas de début de contamination.

∞ **Procédé de régulation et de contrôle du confinement de l'air intérieur (Lum'Air) : voir descriptif de l'action dans le programme de l'OQAI présenté ci-dessus.**

∞ **SYSPAQ – Innovative sensor system for measuring perceived air quality and brand specific odours** (2006-2009)

Olivier RAMALHO

Cofinancement de l'Union Européenne

Partenariats engagés : Technische Universität Berlin (coordinateur), Danish Building Research Institute (Danemark), Danmarks Tekniske Universitet (Danemark), Kgs.Lyngby, Karolinska Institutet (Suède), Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (Germany), Federal Institute for Materials Research and Testing (Germany), RENAULT (France), Alpha Mos (France), Halton Oy (Finlande)

L'objet de ce projet était de mieux connaître la perception des odeurs à travers leurs (dis)similitudes et de développer de nouveaux capteurs sensibles et discriminants pour la mesure des odeurs dans l'environnement intérieur et notamment le contrôle de la qualité de l'air dans les bâtiments et véhicules, le contrôle de l'air neuf entrant dans les bâtiments et véhicules, l'évaluation des émissions par les matériaux destinés aux bâtiments et véhicules, le contrôle qualité des matériaux en sortie de production. Des résultats encourageants ont été apportés sur les aspects « perception des odeurs » avec une première version d'un espace des odeurs appliqués aux matériaux et une meilleure connaissance des composés odorants des matériaux qui souligne le rôle important de la présence de matières naturelles dans l'apparition et sans doute l'évolution de l'odeur. Un prototype de système de capteurs a été développé et permet de rendre compte de l'espace des odorants pour la classification des matériaux.

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Modélisation d'un système de reconnaissance et d'apprentissage appliqué à la gestion des ambiances intérieures polluées (2005 -2008) ; Zoulikha BELLIA-HEDDADJI – Université Paris-V, René-Descartes – Laboratoire « Systèmes Intelligents de Perception » (SIP)

L'objectif de ce travail était d'élaborer un logiciel pour la résolution des plaintes écrites en lien avec la pollution intérieure dans les logements. Pour cela, une approche du raisonnement basé sur l'exemple a été adoptée. Cette approche nécessite de collecter un corpus de plaintes résolues. La solution à établir est proposée en rapprochant, à l'aide de modèles d'appariement, la plainte courante à une ancienne situation traitant d'un problème similaire.

Les réalisations de recherche automatique présentées se situent dans le contexte général de la recherche d'information et de l'ingénierie des connaissances. Les systèmes appliqués se positionnent plus particulièrement dans le cadre de la recherche d'information structurée (Xmlisée). À travers les applications de recherche employées, l'intérêt de l'intégration d'un cadre sémantique général a été démontré pour assurer une représentation et une recherche plausible des plaintes. Le cadre sémantique utilisé est caractérisé par un dictionnaire des synonymes de la langue française et d'une heuristique de racinisation des termes. Une formule d'extension sémantique a été développée pour le modèle de recherche fondé sur le principe de la proximité floue des termes des requêtes au sein des documents. Un système de recherche tenant compte des signaux de présence générés par les termes des requêtes a également été élaboré. Établi aussi sur le principe de la densité des textes, par rapport au modèle de proximité floue, le système présente l'avantage (entre autres) essentiel de pouvoir s'appliquer à partir des formes filtrées lemmatisées des textes, envisagées dans cette approche.

∞ **INTARESE - Integrated Assessment of Health Risks from Environmental Stressors in Europe** (2005-2010)

François MAUPETIT

Cofinancement de l'Union Européenne

→ **TRAITEMENTS ET STRATÉGIES DE REMÉDIATION**

∞ **Étude et compréhension de la dynamique de colonisation microbienne des supports : vers l'élaboration de nouveaux traitements préventifs adaptés aux environnements intérieurs** (2010-2012)

Stéphane MOULARAT

Cofinancement : PRIMEQUAL/MEDDTL

Partenariat engagé : LRMH

Les moisissures sont des biocontaminants courants des environnements intérieurs, et de nombreuses études ont démontré leur rôle dans la dégradation des matériaux qu'ils colonisent et également dans diverses pathologies, notamment respiratoires, induites chez les occupants.

Actuellement, les connaissances sur les espèces microbiennes mises en jeu et les étapes de

colonisation conduisant à une contamination fongique visible dans des environnements intérieurs sont réduites. En conséquence, il n'existe pas de moyens de gestion des contaminations fongiques adaptés à l'habitat.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'étudier et de comprendre la dynamique de colonisation microbienne des supports afin d'élaborer de nouveaux traitements préventifs adaptés aux environnements intérieurs.

Les principaux résultats attendus concernent :

- l'identification et la caractérisation de l'activité métabolique des micro-organismes colonisant successivement les supports ;
- l'analyse des relations entre les divers micro-organismes et de leur impact sur les matériaux, afin de proposer une stratégie permettant de limiter la colonisation des supports.

Cette étude permettra par ailleurs :

- de constituer une base de données, la plus exhaustive possible, sur les traitements antimicrobiens existants ;
- d'approfondir les connaissances sur la diversité microbienne de l'air et des surfaces ;
- de dégager d'éventuels schémas fonctionnels de colonisation microbienne des supports.

Concernant les applications de ce travail, elles porteront essentiellement sur l'élaboration de nouveaux traitements antimicrobiens respectueux de l'environnement et des occupants et applicables aux œuvres d'art.

PROGRAMME POSTDOCTORAL ASSOCIÉ

Étude et caractérisation des aérosols fongiques : application à l'hygiène des environnements intérieurs (2007 -2008) ; Stéphane MOULARAT

∞ VAICTEUR AIR² - Vie de l'homme dans les ambiances intérieures contrôlées – Traitement par énergies utiles et renouvelables – Apport d'innovations récurrentes et/ou de rupture (2008-2011)

Stéphane DELABY

Cofinancement : OSEO

Partenariats engagés : CIAT, Faure QEI, INERIS, Leptiab

Les objectifs sont principalement orientés vers la qualification du terme source humain, la détermination du transport particulaire dans le bâtiment, l'évaluation d'un système de mesure de l'aérosol microbiologique et la proposition d'une alternative au traitement de l'air, en explorant notamment l'effet des pulses d'humidité sur la survie des aérosols microbiens. À ce jour deux actions ont été menées à leur terme : la mise en place de montages expérimentaux et d'une méthodologie permettant d'évaluer le rendement d'un procédé photocatalytique et l'influence de l'humidité relative. De plus, l'aérobiocontamination d'origine humaine a été qualifiée par une approche physique et biologique dans l'enceinte expérimentale ASTERIA.

L'originalité de ce projet réside à la fois dans l'apport de connaissances inédites, les outils mis en œuvre tels que méthodes de microbiologie moléculaire, banc de suivi du développement microbien, etc., et les moyens innovants de gestion des contaminations proposés.

PROGRAMME POSTDOCTORAL ASSOCIÉ

Devenir et traitement des polluants microbiologiques dans les espaces intérieurs (2007 -2008) ; Stéphane DELABY

∞ CLEANAIRNET - Conception hygiénique des réseaux de distribution d'air des industries alimentaires (2008-2010)

Enric ROBINE

Projet ANR

5. APPROCHE NUMÉRIQUE TRANSVERSALE

ACTIONS DE RECHERCHE

→ **Définition et optimisation des approches numériques et de modélisation pour l'évaluation et la gestion des risques sanitaires des milieux** (2009-2010)

Bernard COLLIGNAN

Partenariats engagés : InVS, CIRE Franche-Comté, Université de Bourgogne

À travers un état des lieux associé à un appui pour différentes études en cours, cette action de recherche s'est proposée de définir une stratégie de développement et d'intégration de la modélisation dans le domaine de l'évaluation et de la gestion des risques sanitaires, en cohérence avec la modélisation numérique existante au CSTB (ventilation, énergie, confort des ambiances intérieures, réalité virtuelle) et d'illustrer la démarche au travers d'études en cours.

Les travaux réalisés concernent :

- le développement d'un outil de prédiction de l'impact des matériaux de construction sur la qualité de l'air intérieur (thèse d'Hélène Prin débutée fin 2008) ;
- l'étude numérique des potentialités et des limites d'utilisation de la ventilation mécanique par insufflation dans les bâtiments comme moyen de lutte contre les pollutions gazeuses venant du sol (en collaboration avec DESE/Énergie) ;
- l'étude d'impact de politiques publiques sur les risques sanitaires dans les bâtiments, en collaboration avec l'InVS, la CIRE de Franche-Comté et la faculté de Médecine de l'université de Bourgogne ;
- l'étude du transport particulaire à l'échelle de la pièce et du bâtiment (en lien avec l'action de recherche « pandémie grippale et bâtiment »).

→ **Modélisation de la dispersion atmosphérique des bioaérosols de compostage** (2007-2009)

Marina MOLETTA-DENAT

Cofinancement de l'ADEME

Partenariats engagés : Unité Modélisation et Analyse économique pour la gestion du risque : MECO (INERIS), Terralys, Gargenville, Laboratoire de Biotechnologies de l'environnement (INRA), Narbonne, Laboratoire de Pharmacologie-

Toxicologie de l'INRA, Toulouse ; Laboratoire de Mycologie fondamentale & appliquée aux biotechnologies Industrielles (UMR CNRS), Lyon

Les sites industriels de compostage constituent une source d'aérosols microbiologiques importante dont la diversité et les impacts sanitaires et environnementaux sont aujourd'hui méconnus. L'unique mesure des bioaérosols sur les sites de compostage ne permet pas d'accéder à l'impact sur les environnements riverains. Pour cela, un projet visant à modéliser la dispersion des bioaérosols de compostage a été conduit.

D'un point de vue méthodologique, les échantillons d'air ont été prélevés à l'aide d'un préleveur à haut-débit sur trois sites de compostage différents traitant notamment des boues urbaines et industrielles et des déchets verts. Les aérosols ont été caractérisés au niveau physique (concentration, granulométrie) et microbiologique (fraction cultivable, inventaire moléculaire (ADNr 16S et 18S), PCRq, SSCP, observation en microscopie à épifluorescence (DAPI). La dispersion dans l'atmosphère de groupes microbiens (actinomycètes thermophiles, *Aspergillus fumigatus*, etc.) et de composés chimiques d'intérêt sanitaire (mycotoxines) a été qualifiée et quantifiée. La matrice compost a également été étudiée par une approche bibliographique et par des prélèvements sur site. Une base de données regroupant 2 905 séquences d'ARNr 16S a permis notamment de mieux connaître la diversité microbienne des composts.

D'autre part, des difficultés liées à la fois au manque de données sur le terme *source* et à la grande variabilité des émissions n'ont pas rendu possible la modélisation de la dispersion des aérosols issus du compostage. Cependant, ce projet sur les aérosols microbiens émis lors du procédé de compostage a permis de mieux connaître la diversité microbienne de l'air de ces environnements. Il a également été possible de proposer de nouveaux indicateurs permettant d'évaluer l'impact d'un site sur l'environnement riverain : mode particulaire qui serait associé aux émissions du compostage, évolution de la structure des populations microbiennes avec la distance à la tâche.

De plus, les résultats du projet ont également montré :

- la difficulté de caractériser la dispersion par des mesures *in situ* ;

- l'importance de disposer de mesures de référence pour mettre en évidence les émissions du site ;
- la pertinence de l'approche multiparamètre pour tracer l'impact des aérosols de compostage sur l'environnement riverain du site ;
- la quantification pour la première fois, d'une mycotoxine d'*A. fumigatus* (fumigaclavine C) dans les bioaérosols de compostage.

CONTRIBUTEURS

*Nota : les noms suivis d'une *
sont ceux des personnes ayant
quitté le CSTB*

**Responsables des actions de
recherche**

COLLIGNAN Bernard
DELABY Stéphane
DERBEZ Mickael
DUFRESNE DE VIREL Marc
GARCIA Michel
GAUDAIRE François
HA Thi-Lan
KIRCHNER Séverine
LE DREFF Céline
MARCHAND Dorothée
MAUPETIT François
MOLETTA-DENAT Marina
MOULARAT Stéphane
NICOLAS Mélanie
RAMALHO Olivier
RIBERON Jacques
ROBINE Enric
SANQUER Stéphane*

Chercheurs associés

ABELE Charlotte
AKOUA Jean-Jacques
ALESSANDRINI Jean-Marie
BERTHINEAU Bruno
BERTRAND Lionel
BOISSIER-DRAGHI Marjorie
BONHOMME Martial
BRIAND EMMANUEL *
BULTEAU Gaëlle
COCHET Christian
CORRALES Patrick
DUFRESNE DE VIREL Marc
FLEURY Emmanuel
FLORI Jean-Paul
GARRIGUE Julien *
GREGOIRE Anthony
GUILHOT Julien
HOGNON Bernard
HUGUET Christelle
JAYR Emmanuel
LAUMONIER Chantal *
LUCAS Jean-Paul
MANDIN Corinne

MARTINSONS Christophe
NORMAND Cédric
OLIVE François
OLLIVIER Christelle
PASCUAL Éric
PERRAUDEAU Michel
PIMIENTA Pierre
RITOUX Sébastien
SCHIOPU Nicoleta

Doctorants

ABDELOUHAB Malya (2007-2010)
ANTON Rukshala (2009-2012)
BELLIA-HEDDADJI Zoulikha
(2005-2008)
CORDONNIER Florian (2009-2012)
DIALLO Thierno (2010-2013)
FARHAT Maha (2006-2009)
GAÛZERE Carole (2008-2012)
HERSEN Guillaume (2005-2008)
JOBLINE Yaël (2007-2010)
KOFFI Juslin (2005-2008)
OUATTARA Mory (2010-2013)
PRIN Hélène (2008-2011)
RODA Céline (2008-2011)

Postdoctorants

DELABY Stéphane (2007-2008)
MOULARAT Stéphane (2007-2008)

Personnel technique associé

DAVID Arnaud
LACAZE Isabelle
PIGNON Cécile

BILAN QUANTITATIF

PRODUCTION DE
CONNAISSANCES

PUBLICATIONS

Articles

∞ *Publiés dans une revue scientifique à comité de lecture***The INDEX project: executive summary of a European Union project on indoor air pollutants**

KOISTINEN K., KOTZIAS D., KEPHALOPOULOS S., SCHLITT C., CARRER P., JANTUNEN M., KIRCHNER S., MCLAUGHLIN J., MØLHAVE L., FERNANDES E.O., SEIFERT B.

Allergy, 63/7, July 2008, p. 810 - 819 [doi:10.1111/j.1398-9995.2008.01740.x]

Environmental exposure to airborne asbestos fibres in a highly urbanized city

KRAKOWIAK E., GORNY R.L., CEMBRZYNSKA J., BOISSIER-DRAGHI M., ANCZYK E.

Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 16/2, June 2009, p. 121-128

La qualité d'air intérieur : une thématique en dynamique

DOR F., MANDIN C., KIRCHNER S.

Archives des maladies professionnelles et de l'environnement, 71/5, octobre 2010, p. 806-812 [doi:10.1016/j.admp.2010.09.003]

Reactions between ozone and building products: impact on primary and secondary emissions

NICOLAS M., RAMALHO O., MAUPETIT F.

Atmospheric Environment, 41/15, May 2007, p. 3129-3138 [doi:10.1016/j.atmosenv.2006.06.062]

Size distribution and emission rate measurement of fine and ultrafine particle from indoor human activities

GEHIN E., KIRCHNER S., RAMALHO O.

Atmospheric Environment, 42/35, November 2008, p. 8341-8352 [doi:10.1016/j.atmosenv.2008.07.021]

Selective microbial aerosolization in biogas demonstrated by quantitative PCR

MOLETTA-DENAT M., BRU-ADAN V., DELGENES J.P., AMELIN J., WERY N., GODON J.J.

Bioresource Technology, 101/19, October 2010, p. 7252-7257 [doi:10.1016/j.biortech.2010.04.035]

Experimental study on passive Soil Depressurisation System to prevent soil gaseous pollutants into building

ABDELOUHAB M., COLLIGNAN B., ALLARD F.

Building and Environment, 45/11, November 2010, p. 2400-2406 [doi:10.1016/j.buildenv.2010.05.001]

Detection of fungal development in closed spaces through the determination of specific chemical targets

MOULARAT S., ROBINE E., RAMALHO O., OTURAN M.A.

Chemosphere, 72/2, May 2008, p. 224-232 [doi:10.1016/j.chemosphere.2008.01.057]

Characterization of VOC and formaldehyde emissions from a wood based panel: Results from an inter-laboratory comparison

YRIEIX C., DULAURENT A., LAFFARGUE C., MAUPETIT F., PACARY T., UHDE E.

Chemosphere, 79/4, April 2010, p. 414-419 [doi:10.1016/j.chemosphere.2010.01.062]

Impact of health on particle size of exhaled respiratory aerosols: case-control study

HERSEN G., MOULARAT S., ROBINE E., GEHIN E., CORBET S., VABRET A., FREYMUTH F.

Clean, soil, air, water, 36/7, July 2008, p. 572-577 [doi:10.1002/clen.200700189]

A method to determine the transfer of mycotoxins from materials to air

MOULARAT S., ROBINE E.

Clean, soil, air, water, 36/7, July 2008, p. 578-583 [doi:10.1002/clen.20070018]

Development of French Indoor Air Quality Guidelines

MANDIN C., BONVALLOT N., KIRCHNER S., KEIRSBULCK M., ALARY R., CABANES P.A., DOR F., LE MOULLEC Y., MULLOT J.U., PEEL A.E., ROUSSELLE C.

Clean, soil, air, water, 37/6, 2009, p. 494-499 [doi:10.1002/clen.200900042]

Diversity of bacteria and fungi in aerosols during screening in a green waste composting plant

BRU-ADAN V., WERY N., MOLETTA-DENAT M., BOIRON P., DELGENES J.P., GODON J.J.

Current Microbiology, 59/3, September 2009, p. 326-335 [doi:10.1007/s00284-009-9438-3]

Vers une approche prédictive des politiques de santé environnementale en France

BRIAND E.

Environnement, Risques & Santé, 6/1, janvier-février 2007, p. 21-35 [doi: 10.1684/ers.2007.0029]

État de la qualité de l'air dans les logements français

KIRCHNER S., ARENES J.F., COCHET C., DERBEZ M., DUBOUDIN C., ELIAS P., GREGOIRE A., JEDOR B., LUCAS J.P., PASQUIER N., PIGNERET M., RAMALHO O.

Environnement, Risques & Santé, 6/4, juillet-août 2007, p. 250-269 [doi: 10.1684/ers.2007.0096]

Indices de qualité d'air intérieur : vers une culture du risque sanitaire

MARCHAND D., BELAIR F., KIRCHNER S.

Environnement, Risques & Santé, 7/5, septembre-octobre 2008, p. 341-347 [doi:10.1684/ers.2008.0166]

Caractérisation des émissions de benzène et de formaldéhyde lors de la combustion d'encens et de bougies d'intérieur : élaboration de scénarios d'exposition et conseils d'utilisation

MAUPETIT F., SQUINAZI F.

Environnement, Risques & Santé, 8/2, mars-avril 2009, p. 109-118 [doi: 10.1684/ers.2009.0235]

Compléter les non-réponses dans un questionnaire très hiérarchisé : utilisation d'une méthode semi-automatique originale

DUBOUDIN C., LUCAS J.P., GREGOIRE A.

Environnement, Risques & Santé, 9/3, mai-juin 2010, p. 223-230

Syndrome des bâtiments malsains ou syndrome psychogène collectif ? La raison face aux croyances

MARCHAND D., WEISS K., LAFFITTE J.D.

Environnement, Risques & Santé, 9/5, septembre-octobre 2010, p. 401-407 [doi: 10.1684/ers.2010.0383]

Emission rates of volatile organic compounds from paper

RAMALHO O., DUPONT A.L., EGASSE C., LATUATTI-DERIEUX A. e-PreservationScience, 6, June 2009, p. 53-59

The INDEX-PM project: health risks from exposure to indoor particulate matter

ARVANITIS A., KOTZIAS D., MANDIN C. ET AL.

Fresenius Environmental Bulletin, November 2010, p. 2458-2471

Children's indoor leisure activities in France: time budget data for indoor air risk assessment

GUILLAM M.T., THOMAS N., NEDELLEC V., DERBEZ M., KIRCHNER S., PEDRONO G., SEGALA C.

Human and Ecological Risk Assessment, 16/5, September 2010, p. 977-988 [doi:10.1080/10807039.2010.512237]

Characterization of particles emitted by incense burning in an experimental house

JI X., LE BIHAN O., RAMALHO O., MANDIN C., D'ANNA B., MARTINON L., NICOLAS M., BARD D., PAIRON J.C.

Indoor Air, 20/2, April 2010, p. 147-158 [doi:10.1111/j.1600-0668.2009.00634.x]

Health ranking of ingested semi-volatile organic compounds in house dust: an application to France

BONVALLOT N., MANDIN C., MERCIER F., LE BOT B., GLORENNEC P.

Indoor Air, 20/6, december 2010, p. 458-472 [doi:10.1111/j.1600-0668.2010.00667.x]

Actions to reduce the impact of construction products on indoor air: outcomes of the European project HealthyAir

BLUYSSSEN P.M., DE RICHEMONT S., CRUMP D., MAUPETIT F., WITTERSEH T., GAJDOS P.

Indoor and Built Environment, 19/3, June 2010, p. 327-339 [doi:10.1177/1420326X10370533]

Detection of moulds by volatile organic compounds: Application to heritage conservation

JOBLIN Y., MOULARAT S., ANTON R., BOUSTA F., ORIAL G., ROBINE E., PICON O., BOUROUINA T.

International Biodeterioration & Biodegradation, 64/3, June 2010, p. 210-217 [doi:10.1016/j.ibiod.2010.01.006]

Detection of airborne legionella while showering using liquid impingement and fluorescent in situ hybridization (FISH)

DELOGE-ABARKAN M., HA T.L., ROBINE E., ZMIROU D., MATHIEU L.

Journal of Environmental Monitoring, 9/1, 2007, p. 91-97 [doi:10.1039/b610737k]

Le chauffage au bois dans l'habitat : quel impact sur la qualité de l'air intérieur?

MANDIN C., LEOZ-GARZIANDA E., RIBERON J., COLLET S., BESOMBES J.L., ALLEMAND N.

Pollution atmosphérique, 195, juillet-septembre 2007, p. 216-221

Moisissures dans les environnements intérieurs et leurs effets sur la santé

MOULARAT S., ROBINE E., DRAGHI M., DERBEZ M., KIRCHNER S., RAMALHO O.

Pollution atmosphérique, 197, janvier 2008, p. 34-37

Détermination de la contamination fongique des logements français par un indice chimique

MOULARAT S., ROBINE E., DERBEZ M., KIRCHNER S., RAMALHO O.

Pollution atmosphérique, 197, janvier 2008, p. 37-43

Dossier : contribution des appareils de bureautique à la pollution de l'air intérieur. 1 - État des connaissances sur les émissions des appareils de bureautique et les risques sanitaires potentiels associés ; 2 - Caractérisation des émissions particulières de deux imprimantes

MANDIN C., DELERY L., RAMALHO O., GEHIN E., KIRCHNER S.

Pollution atmosphérique, 203, juillet-septembre 2009, p. 259-271

Environnement intérieur, qualité de l'air et santé : campagne nationale "Logements" de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur, de la description de la pollution intérieure à sa compréhension

MANDIN C., DERBEZ M., LUCAS J.P., RAMALHO O., GREGOIRE A., LETHROSNE M., RIBERON J., KIRCHNER S.

Pollution atmosphérique, 204, octobre-décembre 2009, p. 389-393

Qualité de l'air dans les écoles et les bureaux: études en cours à l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur et lancement de deux campagnes nationales en France

MANDIN C., DERBEZ M., LUCAS J.P., RAMALHO O., GREGOIRE A., LETHROSNE M., RIBERON J., KIRCHNER S.

Pollution atmosphérique, 52, 206, 2010, p. 159-165

Contribution du chauffage au bois à la qualité de l'air extérieur : données existantes et études en cours en France

LEOZ-GARZIANDIA E., BESOMBES J.L., PISSOT N., ALLEMAND N., MANDIN C., COLLET S., RIBERON J., JAFFREZO J.L.

Pollution atmosphérique, n° spécial, "Le bois énergie", mars 2009, 19 p.

Les polluants de la maison : où en est la France ?

KIRCHNER S.
Revue des Maladies Respiratoires, 24/2, février 2007, p. 236-237
[doi:10.1016/S0761-8425(07)91047-5]

Méthodologie d'évaluation des caractéristiques sanitaires et environnementales des produits de construction

MAUPETIT F.
Revue des Maladies Respiratoires, 25/2, février 2008, p. 164-172
[doi:10.1019/200720222]

Detection of fungal development in a closed environment through the identification of specific VOC: Demonstration of a specific VOC fingerprint for fungal development

MOULARAT S., ROBINE E., RAMALHO O., OTURAN M.A.
Science of the Total Environment, 407/1, décembre 2008, p. 139-146
[doi:10.1016/j.scitotenv.2008.08.023]

Optimization of FLEC®-SPME for field passive sampling of VOCs emitted from solid building materials

NICOLLE J., DESAUZIERS V., MOCHO P., RAMALHO O.
Talanta, 80/2, December 2009, p. 730-737
[doi:10.1016/j.talanta.2009.07.063]

Microbial characteristics of biogas

MOLETTA M., WERY N., DELGENES J.P., GODON J.J.
Water Science & Technology, 57/4, 2008, p. 595-599
[doi:10.2166/wst.2008.107]

∞ Publiés dans une revue technique

Étude des enjeux liés à la mise en oeuvre d'un indice de la qualité de l'air intérieur auprès d'acteurs du bâtiment

MARCHAND D., KIRCHNER S., BELAIR F.
Air pur, 73, 2e semestre 2007, p. 11-14

Étude de la précarité énergétique potentielle à partir des données de la campagne nationale "logements" de l'observatoire de la qualité de l'air intérieur

LUCAS J.P., DEVALIERE I., MANDIN C., KIRCHNER S.
Air pur, 78, 2010, p. 15-18

Valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le formaldéhyde

BONVALLOT N., MANDIN C., CABANES P.A., DOR F., LE MOULLEC Y., MULLOT J.U., KIRCHNER S., ALARY R.
Air pur, 74, 2008, p. 49-55

Multigassensystemen zur Messung der empfundenen Luftqualität, SysPAQ

MÜLLER B., BITTER F., MÜLLER D., KNUDSEN H.N., AFSHARI A., WARGOCKI P., OLESEN B., BERGLUND B., RAMALHO O., HÄRINGER D., JANN O., HORN W., NESA D., CHANIE E., RUPONEN M.
KI Kälte Luft Klimatechnik, Oktober 2008, p. 36-41

Aérocontamination : évaluation de biocollecteurs pour la détection de légionelles

HA T.L., ROBINE E.
Salles propres, 60, février-mars 2009, p. 35-38

Qualité de l'air intérieur : une approche technique et comportementale

KIRCHNER S., MILLET J.R. (collab.)
Le Moniteur des travaux publics et du bâtiment, 5492, février 2009, p. 66-69

Communications

∞ Dans des conférences internationales avec actes

Étude expérimentale d'un système de dépressurisation passif du soubassement de bâtiment

ABDELOUHAB M., COLLIGNAN B., ALLARD F.
2e Rencontres nationales de la recherche sur les sites et sols pollués "Pollutions locales et diffuses : caractérisation et diagnostics", 20-21 octobre 2009, Paris, FRA, 2 p.

Study of a new photocatalytic air cleaner applied to the management of the

microbiological indoor air quality
PETINGA P., PETIT P., VIALLE P.J., DELABY S., ROBINE E., GEHIN E.
2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century, September 27-29, 2007, GRC, p. 777-781

Experimental Évaluation of Ventilation Systems in a Single-Family Dwelling

KOFFI J., ALLARD F., AKOUA J.J.
4th International Symposium on Building and Ductwork Air tightness (BUILDAIR) and 30th AIVC Conference "Trends in High Performance Buildings and the role of Ventilation", October 1-2, 2009, Berlin, DEU, 7 p.

Granulométrie des particules émises par différentes activités domestiques

GEHIN E., RAMALHO O., KIRCHNER S.
CFA 2007-2008, 23e Congrès français sur les aérosols, 16-17 janvier 2008, Paris, FRA, 6 p.

Particules ultrafines dans l'environnement domestique, niveaux, déterminants et variabilités. Projet Nanop

JI X., LE BIHAN O., RAMALHO O., AUJAY R., GARRIGUE J., MANDIN C., MARTINON L., BARD D., PAIRON J.C.
CFA 2007-2008, 23e Congrès français sur les aérosols, 16-17 janvier 2008, Paris, FRA, 6 p.

Caractérisation des particules générées par la combustion d'encens

JI X., NICOLAS M., LE BIHAN O., RAMALHO O., MANDIN C., D'ANNA B., MARTINON L., BARD D., PAIRON J.C.
CFA 2009, 24e congrès français sur les aérosols, 14-15 janvier 2009, Paris, FRA, 6 p.

Étude de la persistance des légionelles aérosolisées : impact de facteurs environnementaux
HA T.L., ROBINE E.
CFA 2009, 24e congrès français sur les aérosols, 14-15 janvier 2009, Paris, FRA, 6 p.

Évaluation des moyens de collecte et d'analyse dédiés à la détection des aérosols de légionelles
HA T.L., ROBINE E., SIMONET J., MATHIEU L.
CFA 2009, 24e congrès français sur les aérosols, 14-15 janvier 2009, Paris, FRA, 1 p.

Gestion environnementale de la qualité microbiologique de l'air des espaces intérieurs
DELABY S., ROBINE E., FROMENT P., PETIT P., GEHIN E.
CFA 2009, 24e congrès français sur les aérosols, 14-15 janvier 2009, Paris, FRA, 6 p.

Caractérisation des émissions polluantes particulières générées par un insert : impact des conditions de prélèvement et de mesure des particules
LE DREFF-LORIMIER C., HUGUET C., NEDELEC B.
CFA 2010, 25e congrès français sur les aérosols, 13-14 janvier 2010, Paris, FRA, 6 p.

Analytical and numerical quantification of air flows through the ground to study the impact of gaseous soil pollutants on indoor air: first results
ABDELOUHAB M., COLLIGNAN B., ALLARD F.
Clima 2010, 10th Rehva world congress "Sustainable energy use in buildings", 9-12 May, 2010, Antalya, TUR, 8 p.

Experimental validation of a numerical multizone airflow and pollutant transfer model
KOFFI J., ALLARD F., AKOUA J.J.
Clima 2010, 10th Rehva world congress "Sustainable energy use in buildings", 9-12 May, 2010, Antalya, TUR, 8 p.

Numerical comparison of ventilation strategies performance in a single family dwelling
KOFFI J., ALLARD F., AKOUA J.J.
Clima 2010, 10th Rehva world congress "Sustainable energy use in buildings", 9-12 May, 2010, Antalya, TUR, 8 p.

Qualité de l'air dans les logements en France
KIRCHNER S., DERBEZ M., DUBOUDIN C., ELIAS P., GREGOIRE A., LUCAS J.P., RAMALHO O.
Colloque ARET "Exposition aux faibles doses : un défi pour l'évaluation et la gestion des risques pour l'homme et l'environnement", 9-10 juin 2008, Paris, FRA, 4 p.

Étude des dispositifs épurateurs appliqués à la gestion de la qualité microbiologique de l'air des environnements intérieurs
DELABY S., ROBINE E., FROMENT P., PETIT P., GEHIN E.
ContaminExpert, 11e Forum 2009 pour la prévention et l'étude de la contamination, 3-4 mars 2009, Paris, FRA, 8 p.

Size distribution measurement of fine and ultrafine particle emission from cooking activities
GEHIN E., RAMALHO O., KIRCHNER S.
EAC 2008, European Aerosol Conference, August 24-29, 2008, Thessaloniki, GRC, 1 p.

Study of an air cleaner applied to the microbiological indoor air quality
DELABY S., DRAGHI M., PETIT P., GEHIN E., ROBINE E.
EAC 2008, European Aerosol Conference, August 24-29, 2008, Thessaloniki, GRC, 1 p.

Development of a real-scale test rig for Legionella elimination in biofilms in hot water distribution systems: thermal and chemical treatment evaluation
FARHAT M., TROUILHE M-C, MOLETTA-DENAT M., ROBINE E., PARINET B., BERJAUD J.M., TRIBOLLET B., GAMBY J., MOENNE-LOCCOZ Y, FORET C., FRERE J.

FEMS 2009, 3rd Congress of European Microbiologists "Microbes and Man: Interdependence and Future Challenges", June 28-July 2, 2009, Gothenburg, SWE, 2 p.

Indoor bacterial diversity in air of child-care and teaching facilities
MOLETTA-DENAT M., LACAZE I., HERSEN G., MOULARAT S., RITOUX S., DERBEZ M., KIRCHNER S., RIBERON J., ROBINE E.
FEMS 2009, 3rd Congress of European Microbiologists "Microbes and Man: Interdependence and Future Challenges", June 28-July 2, 2009, Gothenburg, SWE, 2 p.

Classification of dwellings into profiles regarding indoor air quality, and identification of indoor air pollution determinant factors
MASSON J.B., GOVAERT G., MANDIN C., KIRCHNER S., CIOCOLELLA A.
Healthy Buildings 2009, September 13-17, 2009, Syracuse, NY, USA, 4 p.

Évaluation of emissions from building products according to the AFSET protocol and recent developments in France - VOC workshop
MAUPETIT F., MANDIN C.
Healthy Buildings 2009, September 13-17, 2009, Syracuse, NY, USA, 3 p.

Harmonisation of indoor material emission labelling schemes in the EU-VOC Workshop
KEPHALOPOULOS S., DAUMLING C., CRUMP D., WINTHER-FUNCH L., HORN W, MAUPETIT F., SAARELA K., SATERI J., TIRKKONEN T., WITTERSEH T.
Healthy Buildings 2009, September 13-17, 2009, Syracuse, NY, USA, 4 p.

Risk assessment of biogas exposure in kitchens
LEROUX C., MODELON H., ROUSSELLE C., BELLENFANT G., JAEG J.P, RAMALHO O., ZDANEVITCH I., NAJA G.
Healthy Buildings 2009, September 13-17, 2009, Syracuse, NY, USA, 4 p.

Setting of French indoor air quality guidelines for chronic exposure to benzene

KEIRSBULCK M., BONVALLOT N., MANDIN C., KIRCHNER S., DOR F., ROUSSELLE C.

Healthy Buildings 2009, September 13-17, 2009, Syracuse, NY, USA, 4 p.

The European project HealthyAir: first results and recommendations

BLUYSSSEN P., DE RICHEMONT S., CRUMP D., MAUPETIT F., WITTERSEH T., GAJDOS P.

Healthy Buildings 2009, September 13-17, 2009, Syracuse, NY, USA, 4 p.

Airborne microbiology in enclosed spaces through molecular approach

GAÜZERE C., MOLETTA-DENAT M., RITOUX S., ROBINE E., GODON J.J.

IAC2010, 14th International Aerosol Conference, August 29 - September 3, 2010, Helsinki, FIN, 2 p.

Experimental infection of mice to airborne Legionella pneumophila

HA T.L., ADER F., JARRAUD S., KOUBAR M., ROBINE E.

IAC2010, 14th International Aerosol Conference, August 29 - September 3, 2010, Helsinki, FIN, 2 p.

Study of aeration strategies to limit airborne transmission

DELABY S., DRAGHI M., GEHIN E., ROBINE E.

IAC2010, 14th International Aerosol Conference, August 29 - September 3, 2010, Helsinki, FIN, 3 p.

Emission rates of VOC from paper versus cellulose degradation: an integrated approach to paper characterisation

RAMALHO O., DUPONT A.L., EGASSE C., LATUATTI-DERIEUX A.

IAQ 2008, 8th Indoor Air Quality meeting, April 17-19, 2008, Vienna, AUT, 1 p.

Airborne microbiology in museum through molecular approach: preliminary study

GAÜZERE C., MOLETTA-DENAT M., BOUSTA F., MOULARAT S., ORIAL

G., RITOUX S., ROBINE E., GODON J.J.

IAQ2010, 9th Indoor Air Quality meeting, April 21-23, 2010, Chalon-sur-Saône, FRA, 2 p.

DECAGRAPH: early detection of biological and chemical contaminants of paper based cultural heritage

NGUYEN T.P., BASSET T., MOULARAT S., BOUSTA F., ORIAL G., LAMA A., LAFFONT C.

IAQ2010, 9th Indoor Air Quality meeting, April 21-23, 2010, Chalon-sur-Saône, FRA, 2 p.

Moulds detection by their volatile organic compounds: use for heritage conservation

JOBLIN Y., MOULARAT S., ANTON R., BOUSTA F., ORIAL G., ROBINE E., BOUROUINA T.

IAQ2010, 9th Indoor Air Quality meeting, April 21-23, 2010, Chalon-sur-Saône, FRA, 2 p.

A survey of indoor pollutants in swimming pools in France

GUILLET M.T., THOMAS N., NEDELLEC V., DERBEZ M., KIRCHNER S., SEGALA C.

Indoor Air 2008, 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, August 17-22, 2008, Copenhagen, DNK, 6 p.

Air quality and characteristics of indoor ice rinks in France

GUILLET M.T., THOMAS N., NEDELLEC V., DERBEZ M., KIRCHNER S., SEGALA C.

Indoor Air 2008, 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, August 17-22, 2008, Copenhagen, DNK, 1 p.

Children's indoor leisure activities in France: Time budget data

GUILLET M.T., THOMAS N., NEDELLEC V., DERBEZ M., KIRCHNER S., SEGALA C.

Indoor Air 2008, 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, August 17-22, 2008, Copenhagen, DNK

Detecting odorous compounds emitted from building and consumer products within the European Project SysPAQ

HORN W., JANN O., JURITSCH E., RAMALHO O., WARGOCKI P., KNUDSEN H., MÜLLER B.

Indoor Air 2008, 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, August 17-22, 2008, Copenhagen, DNK

Discrimination of gas-phase emissions from building material samples by combining two gas-sensor arrays

RAMALHO O., MOULARAT S., LOUBET F., GOSCHNICK J., HAERINGER D., MÜLLER B.

Indoor Air 2008, 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, August 17-22, 2008, Copenhagen, DNK

Harmonisation of material emission labelling schemes in the EU

DAUMLING C., BRENSKE K-R, CRUMP D., WINTHER-FUNCH L., HANSEN K., HORN W., KEPHALOPOULOS S., MAUPETIT F., SAARELA K., TIRKKONEN T., WITTERSEH T.

Indoor Air 2008, 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, August 17-22, 2008, Copenhagen, DNK.

Impact of domestic woodburning appliances on indoor air quality

MANDIN C., RIBERON J., COLLET S., BESOMBES J.L., PISSOT N., ALLEMAND N., LEOZ-GARZIANDIA E.

Indoor Air 2008, 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, August 17-22, 2008, Copenhagen, DNK, 7 p.

Indoor air quality in French dwellings

KIRCHNER S., DERBEZ M., DUBOUDIN C., ELIAS P., GREGOIRE A., LUCAS J.P., PASQUIER N., RAMALHO O., WEISS N.

Indoor Air 2008, 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate,

August, 17-22 2008, Copenhagen, DNK, 8 p.

Kerosene space heaters: a major source of ultrafine particles indoors

RAMALHO O., GEHIN E., GUEGANT H., DANJOU J., DERBEZ M., KIRCHNER S.
Indoor Air 2008, 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, August, 17-22 2008, Copenhagen, DNK, 8 p.

Measuring levels, assessing determinants and variabilities of nanoparticle concentrations in residential environment, the NANOP project

JI X., MANDIN C., RAMALHO O., LE BIHAN O., PAIRON J.C, MARTINON L., BARD D.
Indoor Air 2008, 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, August, 17-22 2008, Copenhagen, DNK

Measuring perceived air quality and intensity by a Sensor System, the European Project SysPAQ

MÜLLER B., DAHMS A., KNUDSEN H., AFSHARI A., WARGOCKI P., OLESEN B., BERGLUND B., RAMALHO O., GOSCHNICK J., HÄRINGER D., JANN O., HORN W, NESA D., CHANIE E., RUPONEN M., MÜLLER D.
Indoor Air 2008, 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, August, 17-22 2008, Copenhagen, DNK, 8 p.

Extension sémantique du modèle de similarité basé sur la proximité floue des termes

HEDDADJI Z., VINCENT N., KIRCHNER S., STAMON G.
Journées d'Extraction et de Gestion des Connaissances, EGC 2007, 23-26 janvier, Namur, BEL, Revue des Nouvelles Technologies de l'Information, RNTI-E-11, 2007, 7 p.

Correlating numerical tools and experimental measurements for airborne microorganisms concentrations: application to the spreading of Legionella pneumophila from cooling towers

TARNAUD E., HA T.L, ROBINE E., TOGNER F., TURMEAU C., MOREL Y, ROUIL L.
Legionella 2009, October 13-17, 2009, Paris, FRA, 2 p.

Development of a real-scale test rig for Legionella elimination in biofilms in hot water distribution systems: thermal and chemical treatment evaluation

FARHAT M., TROUILHE M-C, MOLETTA-DENAT M., ROBINE E., FORET C., FRERE J.
Legionella 2009, October 13-17, 2009, Paris, FRA, 2 p.

Impact of water quality on the transfer and the survival of aerosolised Legionella

LE BRUN M., HA T.L, SOREAU S., BINET M.
Legionella 2009, October 13-17, 2009, Paris, FRA, 1 p.

Improvement of airborne Legionella survival in presence of organics and minerals in waters

SIMONET J., HA T.L, ROBINE E., MATHIEU L.
Legionella 2009, October 13-17, 2009, Paris, FRA, 1 p.

What strategy for detecting airborne Legionella pneumophila?

HA T.L., MATHIEU L., ROBINE E.
Legionella 2009, October 13-17, 2009, Paris, FRA, 2 p.

A European Project SysPAQ

MÜLLER B., DAHMS A., MÜLLER D., KNUDSEN H.N, AFSHARI A., WARGOCKI P., OLESEN B., BERGLUND B., RAMALHO O., GOSCHNICK J., JANN O., HORN W, NESA D., CHANIE E., RUPONEN M.
Proceedings of Clima 2007 "WellBeing Indoors", June 10-14, 2007, Helsinki, FIN, 8 p.

Experimental study of pollutant transfer within dwellings

KOFFI J., RIBERON J., HUSAUNNDEE A., ALLARD F.

Proceedings of Roomvent 2007, June 13-15, 2007, Helsinki, FIN, 9 p.

Mise en évidence de la sémantique dans un système d'aide au diagnostic des plaintes écrites associées à des situations de pollution de l'air intérieur

HEDDADJI Z., VINCENT N., KIRCHNER S., STAMON G.
TOTH 2008 - Terminologie et ontologie : théories et applications, 5-6 juin 2008, Annecy, FRA, 19 p.

Experimental study on passive sub-slab depressurisation system

COLLIGNAN B., ABDELOUHAB M., ALLARD F.
Proceedings of the American Association of Radon Scientists and Technologists 2008 International Symposium, September 14-17, 2008, Las Vegas, NV, USA, 8 p.

A European project SysPAQ

MÜLLER B., DAHMS A., MÜLLER D., KNUDSEN H.N, AFSHARI A., WARGOCKI P., OLESEN B., BERGLUND B., RAMALHO O., GOSCHNICK J., JANN O., HORN W, NESA D., CHANIE E., RUPONEN M.
Transverse Disciplines in Metrology, Proceedings of the 13th International Metrology Congress, June 18-21, 2007, Lille, FRA, p. 469-480
[doi:10.1002/9780470611371.ch40]

∞ Autres communications

Structure informatique pour la réponse aux plaintes liées à l'air au sein des logements

BELLIA-HEDDADJI Z., VINCENT N., KIRCHNER S., STAMON G.
Bimonte S., Miralles A., Pinet F. (Eds) Congrès Inforsid 2010, 3e atelier "Systèmes d'Information et de décision pour l'environnement", Actes de l'atelier, 25 mai 2010, Marseille, FRA, p. 71-89

Les enjeux de la qualité de l'air intérieur

COCHET C.

Colloque QQAI-Pollutec 2008, "Comment concilier énergie, qualité de l'air intérieur et santé", 4 décembre 2008, Lyon, FRA, 2 p.

Précarité énergétique potentielle à partir des données de la campagne Logements de l'OQAI

LUCAS J.P., DEVALIERE I.

Colloque QQAI-Pollutec 2008, "Comment concilier énergie, qualité de l'air intérieur et santé", 4 décembre 2008, Lyon, FRA, 3 p.

Présentation du programme d'action de l'OQAI

KIRCHNER S.

Colloque QQAI-Pollutec 2008, "Comment concilier énergie, qualité de l'air intérieur et santé", 4 décembre 2008, Lyon, FRA, 4 p.

Stratégies d'aération dans les crèches et les bâtiments scolaires : étude d'intervention sur l'aération par ouverture des fenêtres dans les établissements d'accueil de la petite enfance et les établissements scolaires

DERBEZ M, RIBERON J.

Colloque QQAI-Pollutec 2008, "Comment concilier énergie, qualité de l'air intérieur et santé", 4 décembre 2008, Lyon, FRA, 4 p.

Estimation du temps passé à l'intérieur du logement de la population française

ZEGHNOUN A, DOR F, KIRCHNER S, GREGOIRE A, LUCAS J.P.

Journées de Veille Scientifique de l'InVS, 23 novembre 2008, Paris, FRA, 2 p.

Pollution intérieure et santé respiratoire : résultats de la campagne nationale de l'OQAI

GAY E, KIRCHNER S, LEYNAERT B, ANNESI-MAESANO I.

Qualité de l'air dans les logements, 2e Journées Scientifiques RSEIN-OQAI, 7-8 juin 2007, La Rochelle, FRA, 1 p.

Chapitres d'ouvrage collectif

Approaches to risk management

BRIAND E., LEE J.V, SURMAN-LEE S., BARTRAM J., BENTHAM R., CALLAN P., CRESPI S.

Chapter 3 of Legionella and the prevention of legionellosis, WHO, Genève, 2007, p. 39-56

Particles emitted by a residential wood stove: comparison of various sampling and measuring methods

LE DREFF-LORIMIER C., DUFRESNE DE VIREL M.

Air Pollution XVIII, WIT Press, WIT Transactions, Ecology and the Environment, 136 [doi: 10.2495/AIR100201]

Potable water and in-building distribution systems

BRIAND E., BENTHAM R., SURMAN-LEE S., LEE J.V, VAN DE KOOJ D.

Chapter 4 of Legionella and the prevention of legionellosis, WHO, Genève, 2007, p. 57-68

Ouvrages – Guides

Development of WHO guidelines for indoor air quality : dampness and mould

WHO European Centre for Environment and Health, Bonn Office (avec la collab. de KIRCHNER S.)

2009, 228 p. [ISBN 978 92 890 4168 3]

Guide pour le diagnostic et la prise en charge des syndromes collectifs inexplicables

KERMAREC F., HEYMAN C., DOR F. (coord.), avec la collab. de MARCHAND D. et LAFFITTE J.D. Institut de Veille Sanitaire, Guide pratique, août 2010, 102 p. [ISBN 978-2-11-099220-8]

Guide de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public

BRIAND E. (coord.), avec la collab. de COLLIGNAN B. et MANDIN C. Direction Générale de la Santé, Institut de Veille Sanitaire, Guide pratique, août 2010, 78 p.

Le radon dans les bâtiments : guide pour la remédiation dans les constructions existantes et la prévention dans les constructions neuves : diagnostic technique, techniques de remédiation et de prévention, exemples de mise en oeuvre

COLLIGNAN B.

CSTB, Coll. Guide technique, 2008, 163 p. [ISBN 2-86891-400-4]

WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants

WHO European Centre for Environment and Health, Bonn Office (avec la collab. de KIRCHNER S. et MANDIN C.)

December 2010, 454 p. [ISBN 978 92 890 0213 4]

CONGRÈS, COLLOQUES, CONFÉRENCES

ROOMS 2010, Radon Outcomes On Mitigation Solutions, CSTB-

Région Limousin, 14-15 octobre
2010, Limoges

Bernard COLLIGNAN
(organisateur)

PRIMEQUAL (programme de
recherche interorganismes pour
une meilleure qualité de l'air à
l'échelle locale)

- Qualité de l'air et
particules : Impacts sur
environnement et santé. Que
préconiser pour demain ?
Colloque de restitution, Rouen,
2-3 octobre 2007
- Pollution
atmosphérique : exposition,
perception et nouveaux enjeux :
Séminaire de recherche mi
parcours, Lille, 4 avril 2007 et
Colloque de restitution, Nantes,
3 juin 2009
- Qualité de l'air intérieur des
bâtiments et des transports /
Pollution atmosphérique longue
distance, Séminaires de
lancement des recherches, 19-
20 mai 2010, Paris
Séverine KIRCHNER (organisatrice)

Qualité de l'air dans les logements, 2e journées

scientifiques RSEIN-OQAI, 7-8 juin
2007, La Rochelle
Séverine KIRCHNER, Corinne
MANDIN (organisatrices)

Colloques de l'OQAI

- La qualité de l'air intérieur, lieux
de vie et santé, 28 novembre
2007, Salon POLLUTEC, Paris
Nord Villepinte
- Comment concilier énergie,
qualité de l'air intérieur et santé,
4 décembre 2008, Salon
POLLUTEC, Lyon
Séverine KIRCHNER (organisatrice)

Ateliers de l'OQAI

- Ventilation dans les logements
et les écoles, 16 juin 2008, CSTB
Paris
- Epuration de l'air par les
plantes : quel potentiel ?, 28 juin
2010, CSTB Paris
Séverine KIRCHNER (organisatrice)

**L'épuration de l'air intérieur par
les plantes : état des
connaissances**, Journée technique
de l'OQAI, CSTB, Paris, 6 mai 2010
Séverine KIRCHNER, Corinne
MANDIN (organisatrices)

**Which way forward for healthy
air in buildings?**, 1st Healthy Air
workshop, November 21, 2007,
Rotterdam
François MAUPETIT (organisateur)

**Journée transfrontalière
d'échanges sur la qualité de l'air
intérieur**, 16 décembre 2008, Paris
Corinne MANDIN (organisatrice)

**Rencontres scientifiques de
l'AFSSET "Eau et santé"**,
décembre 2008, Lyon
Marie-Cécile TROUILHE (membre
du comité scientifique)

REVUES SCIENTIFIQUES

*Animation de revues, relecture
régulière ou occasionnelle d'articles*

REVUES INTERNATIONALES À COMITÉ DE LECTURE

Atmospheric Environment
Olivier RAMALHO, Stéphane
MOULARAT (relecteurs)

CLEAN - Soil, Air, Water
Enric ROBINE (relecteur n° spécial
"Bioaérosol", 2008)

Comptes Rendus Mécanique
Bernard COLLIGNAN (relecteur,
2010)

Environmental Science and Policy
Corinne MANDIN (relectrice)

Environnement, Risques & Santé
Corinne MANDIN (relectrice)

**International Journal of
Environmental Research and
Public Health**
Corinne MANDIN (relectrice)

Journal of Applied Microbiology
Enric ROBINE (relecteur, 2010)

Journal of Hazardous Materials
Bernard COLLIGNAN (relecteur)

Letters in Applied Microbiology
Enric ROBINE (relecteur, 2008)

Science of the Total Environment
Corinne MANDIN (relectrice)

Talanta
Olivier RAMALHO (*referee*)

REVUES NATIONALES À COMITÉ DE LECTURE

Extrapol (InVs)
Christian COCHET, Séverine
KIRCHNER (membres du comité
scientifiques), Stéphane
MOULARAT (expert)

Pollution Atmosphérique
Corinne MANDIN (membre du
comité scientifique)

**Bulletin de veille scientifique de
l'ANSES**
Corinne MANDIN (relectrice),
Olivier RAMALHO (membre du
comité rédactionnel)

**Info Santé Environnement
Intérieur, Bulletin du Réseau
Santé Environnement Intérieur
(RSEIN)**
Olivier RAMALHO, Stéphane
MOULARAT, Séverine KIRCHNER,
Corinne MANDIN, Jacques
RIBERON (participation au comité
rédactionnel, analyse d'articles)

RÉSEAUX SCIENTIFIQUES

ANSES - Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

→ **Comité d'orientation**

Thématique santé environnement
Christian COCHET (membre)

→ **Comité d'Experts Spécialisés "Évaluation des risques liés aux milieux aériens"**

Séverine KIRCHNER (vice-présidente)

→ **Groupe de travail "Biogaz"**

Olivier RAMALHO, Marina MOLETTA-DENAT (membres)

→ **Groupe de travail "Composés organiques volatils" (COV)**

François MAUPETIT (président), Séverine KIRCHNER (membre)

→ **Groupe de travail "élaboration de Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur" (VGAI)**

Corinne MANDIN (membre depuis 2005, présidente depuis janvier 2010), Séverine KIRCHNER (membre)

→ **Groupe de travail "Emissions électromagnétiques des lampes fluo compactes"**

GAUDAIRE François (membre)

→ **Groupe de travail "Formaldéhyde"**

François MAUPETIT, Séverine KIRCHNER (membres)

→ **Groupe de travail "LEDs"**

Michel GARCIA, Christophe MARTINSONS (membres)

→ **Groupe de travail "Perturbateurs endocriniens"**

Corinne MANDIN (membre depuis mai 2010)

→ **Groupe de travail "Radiofréquences"**

GAUDAIRE François (membre)

Direction générale de la santé (DGS)

Christian COCHET (président du sous groupe technique du Groupe de travail national « Amiante et fibres »)

EcoMicTh - Écologie Microbienne en circuit d'eau chaude sanitaire et en milieu thermal

Enric ROBINE (secrétaire scientifique)

European Collaborative Action "Urban Air, Indoor Environment and Human exposure"

Christian COCHET (membre du *steering committee*), Mélanie NICOLAS (membre du Working Group 26 "Impact of Ozone-initiated Terpene Chemistry on Indoor Air Quality and Human Health")

INERIS - Institut National de l'Environnement industriel et des Risques

Christian COCHET (membre de la commission scientifique « risques Chroniques »)

InVS - Groupe de travail "Aspects psychosociaux des phénomènes épidémiques non-infectieux survenant dans les collectivités"

Dorothee MARCHAND (membre depuis 2008)

ISIAQ - International Society of Indoor Air Quality and Climate

François MAUPETIT, Olivier RAMALHO, Corinne MANDIN (membres)

Observatoire des résidus de pesticides

Séverine KIRCHNER (membre du comité de pilotage, d'orientation et de prospective scientifique)

OQAI - Observatoire de la qualité de l'air intérieur

Séverine KIRCHNER (coordonnatrice scientifique)

Plan National Santé Environnement (PNSE2)

Christian COCHET (membre du groupe de suivi, Groupe 1 « Réduire les expositions responsables de pathologies à fort impact sur la santé »)

PRIMEQUAL (programme de recherche interorganisme pour une meilleure qualité de l'air à l'échelle locale mis en œuvre par le MEEDDM et l'Ademe)

Séverine KIRCHNER (présidente du conseil scientifique), Olivier RAMALHO (membre)

RISE - Réseau International Santé Environnement

Séverine KIRCHNER (ex-présidente, membre du CA), Corinne MANDIN (membre du CA), Jacques RIBERON (membre)

RSEIN - Réseau Recherche Santé Environnement intérieur

Séverine KIRCHNER, Corinne MANDIN, Olivier RAMALHO, Jacques RIBERON (membres)

SFSE - Société Française de Santé et Environnement

Séverine KIRCHNER (co-fondatrice, membre du CA), Olivier RAMALHO, Jacques RIBERON, Corinne MANDIN (membres)

SFT - Société Française de Thermique

Jacques RIBERON (membre)

PRIX, DISTINCTIONS

1^{er} prix du concours universitaire

Excellence SMA (Fondation d'entreprise SMABTP) pour la thèse "Ozone et qualité de l'air intérieur : interactions avec les produits de construction et de décoration" (2009)
Mélanie NICOLAS

VALORISATION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

BREVETS

Procédé de dosage d'ergostérol et de mycotoxines

Procédé de dosage de l'ergostérol aéroporté et d'au moins une mycotoxine polaire aéroportée à partir d'un échantillon unique prélevé dans un environnement intérieur

Inventeur : Stéphane MOULARAT

Déposant : CSTB

Brevet FR2913502, publié en 2008

Procédé de détection d'une contamination fongique

Élaboration d'indice de contaminations fongiques permettant la détection d'un développement actif dans des environnements intérieurs

Inventeur : Stéphane MOULARAT

Déposant : CSTB

Brevet WO2008FR50366, publié en 2008

Procédé de régulation et de contrôle du confinement de l'air intérieur (Lum'Air)

Procédé basé sur la mesure du taux de CO₂ de l'air intérieur et permettant une régulation et un suivi du niveau de confinement de l'air intérieur, en particulier pour un public non averti et permettant une gestion appropriée du taux de renouvellement de l'air intérieur.

Inventeurs : Jacques RIBERON, Séverine KIRCHNER

Déposant : CSTB

Brevet FR2945335, publié en 2010

Système de micro détection d'une contamination fongique

Inventeurs : Stéphane MOULARAT, Yaël JOBLIN, Enric ROBINE

Déposé en 2010

ACTIVITÉS DE FORMATION

ACTIVITÉS D'ENCADREMENT

Thèses en cours

Développement d'un outil de prédiction de l'impact des matériaux de construction sur la qualité de l'air intérieur (2008-2011)

Hélène TOUSSAINT
Université de la Rochelle -
Laboratoire d'Étude des
Phénomènes de Transfert
Appliqués au Bâtiment (LEPTIAB)
Encadrant CSTB François
MAUPETIT

Exposition domestique aux composés organiques volatils : modélisation et évaluation de l'impact de cette exposition sur la santé respiratoire et l'allergie chez le jeune enfant. Bilan au terme d'une année de suivi d'une cohorte de nouveau-nés à Paris (2008-2011)

Céline RODA
Université Paris XI - École
doctorale de santé publique
Encadrant CSTB Séverine
KIRCHNER

Analyse de la diversité microbienne de l'air des espaces clos par une approche métagénomique (2008-2012)

Carole GAÜZERE
Université de Montpellier II
Encadrant CSTB Marina
MOLETTA-DENAT

Étude et compréhension des mécanismes d'adsorption de Composés Organiques Volatils par des couches polymères : application au développement de micro-capteurs de la pollution de l'air intérieur (2009-2012)

Rukshala ANTON
Université de Cergy Pontoise -
École doctorale "Sciences et
Ingénierie"
Encadrant CSTB Stéphane
MOULARAT

Étude de la transmission du virus grippal dans les espaces clos : rôle des surfaces (2009-2012)

Florian CORDONNIER

Université Paris-Est Créteil (Paris XII)

Encadrant CSTB Thi-Lan HA

Thèses soutenues

Caractérisation de l'influence de l'humidité sur les interactions entre les polluants gazeux et les matériaux du bâtiment

Cristiana RADULESCU-BOUJILLY C.
Université de la Rochelle -
Laboratoire d'Étude des
Phénomènes de Transfert
Appliqués au Bâtiment (LEPTAB),
2007
Encadrant CSTB : Bernard
COLLIGNAN (examinateur)

Modélisation d'un système de reconnaissance et d'apprentissage appliqué à la gestion des ambiances intérieures polluées

Zoulikha BELLIA-HEDDADJI
Université Paris V René Descartes -
Laboratoire "Systèmes Intelligents
de Perception" (SIP), 2008
Encadrant CSTB Séverine
KIRCHNER

Étude de la survie des légionelles et de la dynamique des populations microbiennes des réseaux d'eau chaude : rôle des procédés de décontamination

Maha FARHAT
Université de Poitiers - Laboratoire
de Chimie et Microbiologie de
l'Eau (LCME), 2009
Encadrants CSTB Enric ROBINE
Marie-Cécile TROUILHE

Étude de l'aérobiocontamination virale des espaces clos : cas du virus respiratoire syncytial

Guillaume HERSEN
Université Paris Est Créteil - Centre
d'Études et de Recherche en
Thermique, Environnement et
Systèmes (CERTES), 2009
Encadrant CSTB Enric ROBINE

Contribution à l'étude du transport de polluants à l'intérieur des locaux d'habitation

Justin KOFFI
Université de la Rochelle -
Laboratoire d'Étude des
Phénomènes de Transfert
Appliqués au Bâtiment (LEPTIAB),
2009

Encadrant CSTB : Jean-Jacques
AKOUA, Jacques RIBERON
(examineurs)

Pollution intérieure et santé respiratoire : données issues des milieux urbain et rural

Marion FLAMANT-HULIN
Université Pierre et Marie Curie
Encadrants CSTB : Corinne
MANDIN, Séverine KIRCHNER

Étude et caractérisation d'un macro-système d'analyse de l'air destiné à la détection rapide d'un développement fongique dans les espaces clos

Yaël JOBLIN
Université Paris-Est Marne-la-
Vallée - École Doctorale
Information, Communication,
Modélisation et Simulation (ICMS),
2010 (novembre)
Encadrants CSTB Enric ROBINE,
Olivier RAMALHO

Contribution à l'étude du transport de polluants gazeux entre le sol et les environnements intérieurs des bâtiments

Malya ABDELOUHAB
Université de la Rochelle -
Laboratoire d'Étude des
Phénomènes de Transfert
Appliqués au Bâtiment (LEPTIAB),
2010
Encadrant CSTB : Bernard
COLLIGNAN

Post-doctorats

Devenir et traitement des polluants microbiologiques dans les espaces intérieurs (2008)

Stéphane DELABY
Encadrant CSTB : Enric ROBINE

Étude et caractérisation des aérosols fongiques : application à l'hygiène des environnements intérieurs (2007-2008)

Stéphane MOULARAT
Encadrants CSTB : Olivier
RAMALHO, Enric ROBINE

Accueil d'étudiants (stages niveau bac+5)**Caractérisation de la diversité microbienne de l'air dans un établissement de santé publique**

FOUILLOUSE E.
Master 2 Biologie de l'environnement, option microbiologie et biotechnologies, Université de Pau et des pays de l'Adour, 2009

Caractérisation de la microflore aéroportée des sites de compostage

SOYEZ M.
Master 2 Biologie de l'environnement, option microbiologie et biotechnologies, Université de Pau et des pays de l'Adour, 2009

Écologie des Legionella dans les biofilms des réseaux d'eau chaude

ONILLON S.
Master 2 Biologie de l'environnement, option microbiologie et biotechnologies, Université de Pau et des pays de l'Adour, 2009

Élaboration d'une méthodologie définissant un indicateur représentatif du risque sanitaire induit par les nuisances sonores en milieu urbain : l'exemple du Grand Lyon

BOURGEOIS D.
Master 2 en santé publique, EHESP, 2009

Influence de facteurs abiotiques sur la persistance d'un aérosol microbiologique

CORDONNIER F.
Master Sciences et Génie de l'Environnement, Spécialité Aérocontamination, Paris XII - Université Paris-Val de Marne, 2009

Modélisation du transport d'aérosols issus des émissions rhinopharyngées en environnement intérieur

BLANQUIES J.M.
3e année d'ingénieur, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis, 2009

Outil d'évaluation des performances, des systèmes de ventilation naturelle et ventilation hybride

AZIEZ A.
Master 2 Science de l'ingénieur, Mécanique des fluides et énergétique, Paris VI - Université Pierre et Marie Curie, 2007

Participation à des jurys académiques

Autres que ceux des doctorants accueillis au CSTB

École des hautes études en santé publique - Diplôme d'Ingénieur du génie sanitaire

Corinne MANDIN (membre du jury d'évaluation des mémoires)

Concours pour l'accès au corps des ingénieurs hydrologues et hygiénistes de la commune de Paris (mars 2007)

Enric ROBINE (président du jury)

Thèse de Claire DASSONVILLE,
Évaluation de l'environnement domestique de nouveau-nés franciliens, 2009, Université Paris Descartes, Faculté des sciences pharmaceutiques et biologiques
Séverine KIRCHNER (évaluatrice)

Thèse d'Ernest GALBRUN,
Conception et caractérisation d'un dispositif innovant de collecte de nanoparticules de l'air pour l'analyse biologique, 2008, INPG
Enric ROBINE (examinateur)

Thèse de Stéphane DELABY, Étude expérimentale du transport des aérosols dans un espace clos ventilé et impact des principales stratégies d'épuration microbiologique de l'air sur l'exposition des occupants, 2008, Université Paris Est Créteil
Enric ROBINE (examinateur)

Thèse de Jérôme NICOLLE,
Développement d'une méthodologie d'analyse de composés organiques volatils en traces pour la qualification de matériaux de construction, 2009, Université de Pau et des Pays de l'Adour
Séverine KIRCHNER, Olivier RAMALHO (examinateurs)

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT**Cours****Bio-adhésion des moisissures**

Anton RUKSHALA
Université de Cergy-Pontoise, Licence Pro patrimoine 2009

Qualité de l'air dans les environnements intérieurs

Stéphane MOULARAT
Université de Nancy 2, Licence 2010

Biologie Environnementale

Stéphane MOULARAT
Université Paris-Est Marne-la-Vallée, Master 1 Géoenvironnement 2005-2010

Hygiène des équipements et gestion de l'air

Stéphane MOULARAT, Enric ROBINE
Université de Laval, Licence Pro Hygiène et Sécurité des Productions 2005-2010

Contrôle des atmosphères intérieures

Stéphane MOULARAT
Université Claude Bernard (Lyon 1), Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, 5e année de pharmacie, filière industrie 2005-2011

Module "Bioaérosols"

Enric ROBINE (coordinateur module)
Universités Paris Diderot-Paris 7 et Paris-Est Créteil (UPEC), Master Sciences et génie de l'environnement (SGE), spécialité AERO 2007-2010

Qualité de l'air intérieur et présentation de l'OQAI

Séverine KIRCHNER
Université Paris 5 Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques/Université Paris 11 UFR de Pharmacie/EHESP, Master 2 Évaluation et gestion des risques sanitaires liés à l'environnement 2007-2010 (une demie j/an)

Qualité de l'air intérieur : généralités, spécificités, sources, niveaux et réactivité

Olivier RAMALHO
Université Paris Diderot (UP7),
Master 2 Sciences & Génie de
l'Environnement et Master Pro
Management de l'environnement
des collectivités et des
entreprises, Option Ambiance de
travail, hygiène industrielle et à
l'intérieur de l'habitat
2007-2010 (12h/an)

Module "Microbiologie de l'air intérieur"

Eric ROBINE (coordinateur
module)
Universités Paris Diderot-Paris 7 et
Paris-Est Créteil (UPEC), Master
Sciences et génie de
l'environnement (SGE), spécialité
AERO
2008-2010

Qualité de l'air intérieur : 1) Sources et typologie de la pollution, 2) L'OQAI, 3) Réactivité physico-chimique

Mélanie NICOLAS
Université de Savoie, Master 2
Diagnostic du Risque et
Management Environnemental
2008-2010 (6h/an)

Qualité de l'air intérieur : généralités, spécificités, sources, niveaux et réactivité

Olivier RAMALHO
Université Paris Diderot (UP7),
Master 2 Sciences & Génie de
l'Environnement, UE Pollution et
aérocontamination : atmosphère
et air intérieur
24-27 novembre 2009 (15h)

Évaluation des risques sanitaires liés aux polluants de l'air intérieur

Corinne MANDIN
Faculté de pharmacie de Paris
Février 2010 (3h)

Exposition aux polluants de l'air intérieur

Corinne MANDIN
Institut Supérieur de la Santé et
des Bioproduits d'Angers (ISSBA),
Master 1
Janvier 2010 (6h)

Emissions polluantes issues de la combustion du bois/biomasse & Systèmes de réduction des particules

Céline LE DREFF
École des Mines de Nantes,
étudiants 3e année (option Génie
de l'environnement) et masters
Génie des procédés
Janvier et novembre 2009,
octobre 2010

Qualité de l'air intérieur : généralités et spécificités

Olivier RAMALHO
École Pratique des Hautes Études
(EPHE) - Université de Nancy,
Master 2 Sciences de la Vie et de
la Terre, Spécialité Environnement
et gestion de la biodiversité, UE
Microbiologie Environnementale
Mai 2010 (3h)

Qualité de l'air intérieur et présentation de l'OQAI

Séverine KIRCHNER
Institut Supérieur de la Santé et
des Bioproduits/Université
d'Angers, Master Pro Risque en
santé de l'environnement bâti et
Master 1 Option Santé Habitat
Mars 2009 (1j)

Le CSTB : présentation et activités liées à la qualité de l'air intérieur

Mélanie NICOLAS
Université d'Orsay Paris-Sud
(UP11), Master 1 Qualité de l'air et
lutte contre le bruit
Mars 2009 (2h)

Pollution chimique des environnements intérieurs : 1) Impact des produits de construction et de décoration, 2) Épuration de l'air intérieur

Mélanie NICOLAS
Université d'Orsay Paris-Sud
(UP11), Master 1 Qualité de l'air et
lutte contre le bruit
Novembre 2009 (4h)

Formation professionnelle

Les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : choisir les produits respectueux de l'environnement et de la santé

Coordination : François MAUPETIT
Intervention de Jacques
CHEVALIER sur "Les
caractéristiques
environnementales des produits
de construction"
FPC CSTB, 2007-2009 (2x1j/an)

Qualité de l'air intérieur : du diagnostic aux préconisations

Coordination : Séverine KIRCHNER,
Interventions de Corinne MANDIN,
Jacques RIBERON, Mickael
DERBEZ, Mélanie NICOLAS (2009-
2010), François MAUPETIT (2007-
2008)
FPC CSTB, 2007-2010 (2 à 3x2j/an)

Maîtriser le risque radon : du diagnostic aux préconisations

Coordination : Bernard
COLLIGNAN
FPC CSTB, 2007-2009 (1 à 2x2j/an)

Surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et dans les crèches

Jacques RIBERON
Associations Agréées pour la
Surveillance de la Qualité de l'Air
(AASQA), 2009-2010 (1j/an)

Déploiement des indices de confinement de l'air intérieur et de contamination fongique dans les écoles

Jacques RIBERON
Formation à destination des
opérateurs, 2010 (1j)

Enjeux de santé environnement : Qualité de l'air intérieur et OQAI

Séverine KIRCHNER
Formation à destination des
médecins du travail Dauphiné-
Savoie, 2010 (2h)

Techniques d'épuration de l'air intérieur

Mélanie NICOLAS
FPC COMUNDI, 2009 (2h)

Qualité de l'air intérieur : sources de pollution, causes de dégradations, principaux remèdes

Coordination : Séverine Kirchner
Intervention de Bernard COLLIGNAN
FPC CSTB-OQAI, 2007 (2x2j)

Formation continue Legionella, module n°1 : Aéro-contamination, modélisation des aérosols et échantillonnage

Thi-Lan HA
Institut Universitaire de Technologie de Saint Etienne, 2007-2008

Moisissures. Prélèvements globaux : l'ergostérol, les mCOV, les mycotoxines

Stéphane MOULARAT
Institut National de Médecine Agricole, Formation continue de médecins du travail de la Mutualité Sociale Agricole, 2007

PARTENARIATS

CONVENTIONS-CADRE DE PARTENARIATS

ANSES - Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail
Convention de coopération renouvelée en 2008

INERIS - Institut National de l'Environnement industriel et des Risques

COLLABORATIONS AUTOUR DE PROJETS DE RECHERCHE

Partenaires académiques

Babes-Bolyai University
(Roumanie)

C2P2-LCPP - Laboratoire de Chimie et Procédés de Polymérisation, UMR 5265 : Chimie, Catalyse, Polymères et Procédés, CNRS-ESCE

Cédric - Centre d'Étude et de Recherche en Informatique du CNAM, EA 1395

CESAM - Centre for Environmental and Marine Studies, University of Aveiro
Portugal)

DTU - Technical University of Denmark (Danemark)

École des Mines de Nantes

École Nationale Vétérinaire de Maison-Alfort

EHESP - École des hautes études en santé publique

EHESP - École des hautes études en santé publique

EPAR - Epidémiologie des Maladies Allergiques et Respiratoires, UMR S 707 INSERM, UPMC

ESIEE - École Supérieure d'Ingénieurs en Électronique et Électrotechnique

Faculté de médecine de Nancy

IMDEC - Instituto de Engenharia Mecânica, University of Porto/Technical University of Lisbon (Portugal)

IMFT - Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, UMR 5502, CNRS, INPT, UPS

IMT - KTU - Institut für Mikrostrukturtechnik, Karlsruher Instituts für Technologie (Forschungszentrum Karlsruhe GmbH) (Allemagne)

Institute of Environmental Health, Medical University of Vienna (Autriche)

IRCELYON - Institut de recherches sur la catalyse et l'environnement de Lyon

KCL - Kings College London
(Royaume-Uni)

KI - Karolinska Institutet (Suède)

KTU - Kaunas University of Technology (Lituanie)

LCME - Laboratoire de Chimie et Microbiologie de l'Eau, UMR 6008 CNRS- Université de Poitiers -ESIP

LHyGeS - Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, UMR 7517, CNRS, Université de Strasbourg

LOCEAN - Laboratoire d'océanographie et du climat : expérimentations et approches numériques, UMR 7159, CNRS, IRD, UPMC, MNHN

National Kapodistrian University of Athens (Grèce)

Polytech'Savoie-LCME - Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement EA 1651

TUB - Technical University Berlin – HRU (Allemagne)

UHA-LGRE - Laboratoire de Gestion des Risques et Environnement, Université de Haute-Alsace

Université de Bourgogne

UNÎMES - Université de Nîmes

Università degli Studi di Milano (Italie)

Università degli Studi di Siena (Italie)

Université de Cergy Pontoise

Université de La Rochelle-LEPTIAB - Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert, Instantanéité, Agro-ressources, Bâtiment, EA 4226

University College London
(Royaume-Uni)

University of Malta (Malte)

UOWM - University of Western Macedonia (Grèce)

UOY - University of York
(Royaume-Uni)

UP12-CERTES - Centre d'Études et de Recherche en Thermique Environnement et Systèmes, Université Paris-Est Créteil - Paris 12, EA 3481

UP6 - Université Pierre et Marie Curie - Paris 6

UPD-EA 4064 - Epidémiologie environnementale : impact sanitaire des pollutions, Faculté de Pharmacie - Université Paris Descartes

Uppsala University (Suède)

Agences et opérateurs de recherche publics

ADEME - Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

ANAH - Agence nationale pour l'amélioration de l'habitat

ANSES - Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail	l'Environnement, Institut national de la recherche agronomique	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (National Institute for Public Health and the Environment) (Pays-Bas)
Archives Nationales	INSPQ - Institut National de Santé Publique au Québec (Canada)	SAMI - Service d'Analyse des Milieux Intérieurs de Liège (Belgique)
BAM - Federal Institute for Materials Research and Testing (Allemagne)	Institute for Public Health (Albanie)	Sbi - Danish Building Research Institute (Danemark)
BNF - Bibliothèque Nationale de France	Institute Vinca (Serbie)	SZU - Czech National Institute of Public Health (République Tchèque)
CEA-LETI - Laboratoire d'Electronique et de Technologies, Commissariat à l'Energie Atomique	InVS - Institut de veille sanitaire	THL - National Institute for Health and Welfare (Finlande)
CEMAGREF - Institut de recherche en sciences et technologies pour l'environnement	IOMEH - Institute of Occupational Medicine and Environmental Health (Pologne)	TNO - Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (Pays-Bas)
CETE - Centres d'Études Techniques de l'Équipement	IRSN - Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire	UBA - Umweltbundesamt (Federal Environment Agency), Indoor Hygiene Section (Allemagne)
CIRE Bourgogne Franche-Comté - Cellule InterRégionale d'Epidémiologie	JRC-IHCP - Institute for Health and Consumer Protection (European Commission Joint Research Center)	Umweltbundesamt GmbH (Environment Agency), Planning & Coordination Substances & Analysis (Vienne, Autriche)
CNR - Institute of Atmospheric Pollution Research (Italie)	Laborex - Laboratory Center for Health Risk Assessment and Analysis of Surrounding and Occupational Environments, Ministry of Health (Bulgarie)	VITO - Flemish institute for technological research (Belgique)
CNR Legionella - Centre National de Référence des Légionelles	LCSQA - Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air	
CNR-IBIM - Institute of biomedicine and molecular immunology "Alberto Monroy", Italian National Research Council (Palerme, Italie)	LHVP - Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris	<i>Etablissements publics de santé</i>
DGA-CEB - Centre d'Études du Bouchet, Direction générale de l'armement	LRMH - Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques	Centre Hospitalier Universitaire de Besançon
Direction des Archives de France	National Institute of Environment and Health (Hongrie)	Centre Hospitalier Universitaire de Clermont-Ferrand
HPI - Health Protection Inspectorate (Tervisekaitseinspeksioon) (Estonie)	NILU - Norsk Institutt for Luftforskning (Norwegian Institute for Air Research) (Norvège)	Hôpital Nord de Marseille - Service de pneumologie allergologie
INERIS - Institut National de l'Environnement industriel et des RISques	NRCWE - National Research Centre for the Working Environment (Danemark)	Hôpital Lariboisière
INPES - Institut national de prévention et d'éducation pour la santé	ORS IdF - Observatoire régional de santé d'Ile-de-France	Larnaca General Hospital (Chypre)
INRA-LBE - Laboratoire de Biotechnologie de	Public Health Authority of the Slovak Republic (Slovaquie)	Medical Center Dr Dragisa Misovic (Belgrade, Serbie)
	Public Health Institute of FBiH (Bosnie Herzégovine)	<i>Centres de recherche industriels - Laboratoires privés</i>
	Public health Service Gelderland Midden (Pays-Bas)	Tera Environnement

Industriels

Alpha MOS

CIAT

D2I - Dupire Invicta Industrie

Elyo

Fondis

GdF - Gaz de France

Genoscreen

Halton Oy (Finlande)

Lactalis

Lorflam

Pyrolithe

REGIENOV (Renault)

TEN - Tôlerie Emaillerie Nantaise

Maîtrise d'œuvre-Ingénierie

Adiante

Burgeap

Faure Ingénierie

Sepia-Santé

Socotec

Maîtrise d'ouvrage-Acteurs territoriaux

Conseil Régional du Limousin

Ville de Grenoble

Associations, fondations

AASQA - Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air

ATMO Auvergne

Fondazione Salvatore Maugeri (Italie)

Hôpital Nord de Marseille- Association Conseil Habitat Santé

Centres techniques

CETIAT - Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermique

CITEPA - Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique

FCBA - Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement

ACCUEIL DE DOCTORANTS, CHERCHEURS, ÉTUDIANTS

CEMAGREF - Institut de recherche en sciences et technologies pour l'environnement

École des Mines d'Alès

École des Mines de Nantes

EHESP - École des hautes études en santé publique

ENSIATE - Enseignement Supérieur d'Ingénierie Appliquée à la Thermique, l'Energie et l'environnement

EPHE - École Pratique des Hautes Études - Nancy

ESIEE - École Supérieure d'Ingénieurs en Électronique et Électrotechnique

IRCELYON - Institut de recherches sur la catalyse et l'environnement de Lyon

IUG - Institut d'Urbanisme de Grenoble

LCP - Laboratoire Chimie Provence, UMR 6264, Université de Provence, Université de la Méditerranée, Université Paul Cézanne, CNRS

UNÎMES - Université de Nîmes

Université de Cergy Pontoise

Université de La Rochelle-LEPTIAB - Laboratoire d'Étude des

Phénomènes de Transfert, Instantanéité, Agro-ressources, Bâtiment, EA 4226

Université de Montpellier II

Université de Poitiers - Laboratoire de Chimie et Microbiologie de l'Eau (LCME)

Université de Strasbourg

Université Paris-Sud 11 - École doctorale de santé publique

UP5 - Université René Descartes - Paris 5

UP6 - Université Pierre et Marie Curie - Paris 6

UP12 - Université Paris-Est Créteil

Université Paris-Est Marne-la-Vallée

UPD-EA 4064 - Epidémiologie environnementale : impact sanitaire des pollutions, Faculté de Pharmacie - Université Paris Descartes

SOUTIEN AUX POLITIQUES PUBLIQUES

ÉVALUATION DE PROGRAMMES ET PROJETS DE RECHERCHE

ANSES - Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
Appel à projets de recherche "Santé au Travail et Santé-Environnement" (APR EST), 2009
Corinne MANDIN (évaluatrice)

ANR - Programme "Contaminants Ecosystèmes Santé" (CES)
Corinne MANDIN (évaluatrice)

ANR - Programme "Santé-Environnement et Santé-Travail" (SEST), 2007
Enric ROBINE (examineur)

Assemblée nationale/Sénat - Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Rapport sur les "Risques et dangers pour la santé de substances chimiques d'usage courant : éthers de glycol et polluants de l'air intérieur. Évaluation de l'expertise publique et des choix opérés
Séverine KIRCHNER (experte)

MEEDDM - Appels à projets du programme de recherche PRIMEQUAL
Dorothee MARCHAND, Mélanie NICOLAS, Séverine KIRCHNER, Olivier RAMALHO (évaluateurs)

OSEO
Corinne MANDIN (évaluation de dossier de demande d'aide, 2007)

PARTICIPATION À L'EXPERTISE PUBLIQUE

ANSES - Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

→ Saisine relative aux effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED) (2008-2010)
Christophe MARTINSONS, Michel GARCIA

→ Saisine relative aux risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs (2005-2009)
Séverine KIRCHNER, François MAUPETIT

→ Saisine relative à la mise en place d'une procédure de qualification des émissions de COV par les matériaux de construction et de décoration (2005-2009)
Séverine KIRCHNER, François MAUPETIT, Corinne MANDIN

→ Saisine relative aux éthers de glycol, synthèse des connaissances sur les expositions de la population et professionnels en France (2004-2009)
Séverine KIRCHNER, François MAUPETIT

→ Saisine relative à l'élaboration de valeurs guide de qualité d'air intérieur (2005-2009)
Séverine KIRCHNER, Corinne MANDIN

→ Saisine relative aux campagnes d'investigation du Diméthylfumarate dans les logements dans un contexte d'urgence (2009-2010)
Olivier RAMALHO

→ Saisine relative à l'évaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel (2006-2008)
Olivier RAMALHO, Marina MOLETTA-DENAT

→ Saisine relative aux radiofréquences (2008-2009)
François GAUDAIRE

→ Saisine relative à l'analyse des champs électromagnétiques associés aux lampes fluorescentes compactes, protocole de mesure de l'exposition humaine (2008-2009)
François GAUDAIRE

→ Saisine relative à l'évaluation du risque sanitaire pour l'homme lié à la présence de virus Influenza pandémique dans l'air des bâtiments et à sa propagation éventuelle par les dispositifs de ventilation (2007-2009)
Jacques RIBERON, Enric ROBINE

Commission nationale d'agrément des organismes chargés de la mesure du radon dans les bâtiments
Bernard COLLIGNAN (expert lors de la commission annuelle)

MEEDDM - Grenelle de l'Environnement
Aide à la définition des critères pour un étiquetage sanitaire des matériaux de construction de construction : émissions de COV et formaldéhyde (2008)
François MAUPETIT

Ministère en charge de l'Écologie et du développement durable/DHUP/DGPR – DGS - ADEME
QQA1 - Observatoire de la qualité de l'air intérieur
- Programme "Qualité de l'air dans les logements"
- Programme "Lieux de vie fréquentés par les enfants"
- Programme « Bureaux »
- Programme "Élaboration d'indices de qualité de l'air intérieur"
- Veille documentaire et actions de communication, d'information et de formation sur la qualité de l'air intérieur
Séverine KIRCHNER

Ministère en charge de l'Écologie et du développement durable - DHUP
→ 2^e Plan National Santé-Environnement (2008-2009)
- Traçabilité des paramètres santé environnement des produits dans la construction

- Travaux préparatoires à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les lieux clos ouverts au public

→ **Risque radon** (2008-2010)

- Étude d'impacts des principaux types constructifs et de solutions contre le radon
- Étude du risque
- Gestion du risque (caractérisation de l'habitat existant et mallette pédagogique à destination des professionnels)

Bernard COLLIGNAN

→ **Fibres courtes**

d'amiante : étude exploratoire dans les différents lieux de vie (2010)

Corinne MANDIN

→ **Aérations des**

logements : orifices innovants en façades ; pratique des ouvrants asservie à la QAI (2009)

Cédric NORMAND, Charles PELE

→ État des lieux des risques liés au **plomb dans l'habitat** (2008)

Emmanuel BRIAND

→ Enquête nationale sur le **plomb** (2009)

Séverine KIRCHNER

→ **Pandémie grippale** : stratégie de ventilation à préconiser afin de limiter l'exposition des occupants des bâtiments tertiaires (2008)

Stéphane DELABY

Organisation mondiale de la santé (OMS)

Groupe de travail "Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur" (2008-2011)

Séverine KIRCHNER (membre du *steering committee*), Corinne MANDIN (participation)

Union européenne, Joint Research Centre

→ Groupe de travail INDEX2 et INDEX-PM (2009-2011)
Corinne MANDIN (participation)

→ Groupe d'experts européens "Harmonisation of indoor material

labelling schemes in the EU", mise en place d'une procédure européenne harmonisée d'évaluation des émissions des produits de construction (2008-2010)

François MAUPETIT (participation)

AIDE À L'ÉLABORATION DE LA RÈGLEMENTATION

MEEDDM - DHUP

Évolution de la réglementation sanitaire des bâtiments : ventilation et CO2 (2010)

Jacques RIBERON

Ministère de la santé - DGS

Participation à la rédaction du décret fixant les conditions d'application de l'interdiction de fumer dans les lieux affectés à un usage collectif (2007)

Jacques RIBERON

INFORMATION

Développement et mise à jour du site d'information sur le radon dans les bâtiments :

<http://ese.cstb.fr/radon>

Bernard COLLIGNAN

Gestion et mise à jour du site d'information de l'OQAI :

<http://www.air-interieur.org>

CONTRIBUTION AU DÉBAT PUBLIC

ICEB Café "La qualité de l'air intérieur", ICEB (Institut pour la Conception Environnementale du Bâti), Maison de l'architecture, Paris, 31 mai 2010
Corinne MANDIN

Les Respirations d'Enghien, 21 novembre 2009
Corinne MANDIN

Environnement et Santé : question de Société, APPA (Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique), 25 novembre 2009
Corinne MANDIN

Présentation des projets de l'OQAI, 4^{ème} Université d'été de l'environnement, APPEL (Réseau des éco-entreprises en Rhône-Alpes), 30 septembre 2009
Corinne MANDIN

Présentation de l'OQAI et du programme "Enfants", APPA Nord Pas de Calais (Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique), Séminaire "Qualité de l'air et santé des enfants", 18 février 2009
Mickaël DERBEZ

> RISQUES NATURELS ET ACCIDENTELS

Édito

Pierre PIMENTA | Responsable du programme | pierre.pimenta@cstb.fr

François DEMOUGE | Adjoint | francois.demouge@cstb.fr

Les recherches sur le comportement des ouvrages face aux aléas naturels (vent, séismes, précipitations, etc.) et accidentels (incendies, explosions, etc.) sont menées au CSTB depuis de nombreuses années.

Ces travaux visent notamment à l'amélioration de la sécurité des personnes et des biens.

Ils tiennent compte aujourd'hui des nouveaux contextes tels que le développement de la prise en compte de plus en plus forte des critères environnementaux dans le choix de techniques de construction, les anticipations des effets du changement climatique (tempêtes, mouvements de terrain, etc.) prévu par une grande majorité de la communauté scientifique, et la plus grande liberté laissée au concepteur quant au choix des méthodes de dimensionnement afin de justifier l'atteinte des niveaux de sécurité requis.

Sommaire

BILAN QUALITATIF 186

Axes et actions de recherche 188

1. Risque naturel - Vent 188

2. Risque naturel - Séisme 189

3. Risque naturel - Précipitations 190

4. Risque naturel -
Mouvements de terrain 191

5. Risque accidentel - Incendie 192

6. Risque accidentel - Explosions 195

Contributeurs 196

BILAN QUANTITATIF 197

BILAN QUALITATIF

Les actions de recherche du programme « Risques naturels et accidentels » (RNA) sont regroupées par nature d'aléas.

- le vent, les précipitations, les séismes, les mouvements de terrain et les inondations pour les risques naturels ;
- les incendies et les explosions pour les risques accidentels.

Le tableau ci-dessous présente la structuration et le travail réalisé dans le cadre du programme RNA au cours de la période 2007-2010.

Il permet de croiser la logique d'organisation par aléa (en ligne) avec les différentes phases des travaux d'évaluation et de gestion des risques (en

colonne). Les deux premières colonnes regroupent la caractérisation de l'aléa et son transport, les colonnes du centre portent sur la vulnérabilité en distinguant les différentes échelles concernées (du matériau au territoire). Enfin, les colonnes de droite présentent les différentes actions de gestion des risques.

Le tableau montre la présence ou l'absence de travaux de recherche menés sur ce thème entre 2007 et 2010. Il constitue un outil pour définir les activités que le CSTB devrait développer ou celles sur lesquelles des partenariats ou des sous-traitances devraient être engagés.

Dans la majorité des travaux, la vulnérabilité des constructions est abordée sous l'angle des risques à l'échelle des systèmes et des bâtiments. Les autres travaux, moins nombreux, concernent soit les matériaux, soit les quartiers et territoires.

Structuration du Programme « Risques naturels et accidentels »

		ALÉA		VULNÉRABILITÉ			GESTION DES RISQUES				
		Caractérisation	Transport	Produits / matériaux	Systèmes (ouvrages)	Bâtiments	Solutions techniques	Préconisations / référentiels	Gouvernance	Culture du risque	Comm
RISQUES NATURELS	Vent	Tempêtes Structures élancées			Faç. double peau	Tempêtes Structures élancées	Tempêtes Faç. double peau Structures élancées	Tempêtes Faç. double peau Structures élancées	Tempêtes Structures élancées		Tempêtes Structures élancées
	Précipitations	Neige			Neige	Neige					
	Séismes				Renforcement Rupteurs Structures légères Façades Assemblages Bois Liaisons		Renforcement Rupteurs Structures légères Façades Assemblages Bois Liaisons	Renforcement Rupteurs Structures légères Façades Assemblages Bois Liaisons			
	Mvts de terrain				Mvts terrain	Mvts terrain	Mvts terrain	Mvts terrain	Mvts terrain		
	Inondations				Inondation	Inondation	Inondation		Inondation	Inondation	Inondation
RISQUES	Incendie			Assemblages bois Bétons Liaisons	Combustion- intoxication Evacuation fumées Désenfumage Brumisation Assemb. Bois Bétons Liaisons	Désenfumage Brumisation	Evacuation fumées Désenfumage Brumisation Assemb. Bois Bétons	Combustion- intoxication Evacuation. fumées Désenfumage Brumisation Assemb. Bois Bétons Liaisons			Combustion- intoxication
	Explosions		Risques ind.		Risques ind.	Risques ind.	Risques ind.	Risques ind.	Risques ind.		

En amont des recherches sur la vulnérabilité, les travaux sur les aléas sont beaucoup moins nombreux. En effet, ces aspects étant traités par des organismes spécialisés, ils ne sont pas au cœur des activités du CSTB. Par exemple, l'aléa *explosion* est traité par l'INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques) avec lequel le CSTB collabore. Il est cependant à noter que des travaux sont réalisés au CSTB sur la propagation des surpressions liées aux explosions avant leur impact sur les constructions. De même, des recherches sont menées sur le vent et les précipitations.

En aval des travaux sur la vulnérabilité des constructions, la plupart des actions de recherches traitent de la gestion du risque (recherche de solutions techniques, préconisations, référentiels, gouvernance, culture du risque, communication).

La plupart des recherches menées dans le programme RNA sont fondées sur des travaux d'expérimentation ou de modélisation, la majorité faisant appel à la combinaison des deux approches.

Il est à noter que ce programme est particulièrement complémentaire de celui intitulé « Gestion intégrée des risques » (GIR), certaines

des recherches du programme RNA se situant en amont de ce dernier. Par exemple, les résultats des recherches sur le comportement de structures en situation d'incendie (programme RNA) seront utilisés dans des recherches plus générales d'évaluation de la sécurité incendie (programme GIR).

Par ailleurs, jusqu'en 2010 aucune recherche ne traitait des inondations dans le programme RNA. Ce sujet a été traité dans le programme GIR. Or, les inondations font partie des risques majeurs qui sont en augmentation. Afin de pallier ce manque, une action de recherche spécifique sur la vulnérabilité du bâti face à l'inondation a débuté en 2010. Ce travail ne sera pas présenté de façon détaillée dans ce document.

AXES ET ACTIONS DE RECHERCHE

Formellement, le programme RNA est constitué de :

- 19 actions de recherche « en propre » (menées et financées par le seul CSTB) ;
- 14 actions de recherche cofinancées réalisées avec des partenaires externes ;
- 14 thèses ;
- 1 postdoctorat.

Ces actions de recherche sont décrites ci-après et organisées par sous-programmes thématiques. Certaines recherches, jugées plus significatives, font l'objet d'une description plus détaillée.

1. RISQUE NATUREL – VENT

Les actions menées dans ce sous-programme ont visé à améliorer la connaissance du CSTB sur le comportement au vent de différents ouvrages (façades double-peau, ouvrages d'art, structures élancées, structures *offshore*, etc.) et à mettre à la disposition des acteurs de la construction, des décideurs publics et privés ainsi que des assureurs, des outils et des méthodes permettant une meilleure prévention des dégâts potentiellement causés aux bâtiments par les vents extrêmes.

La sécurité des bâtiments et des ouvrages élancés doit beaucoup aux études de l'impact du vent. Aussi les techniques développées au cours des dernières décennies – qui ont favorisé l'augmentation du niveau global de sécurité tout en permettant de créer des ouvrages d'art dépassant toutes les réalisations précédentes – sont en amélioration permanente. C'est pourquoi la recherche dans ce domaine se focalise aujourd'hui sur les thèmes porteurs dans un avenir proche : l'énergie et les structures *offshore*, avec l'effet combiné de la houle et du vent, la sécurité et la durabilité avec l'étude du comportement des haubans des grands ponts, des tours de grande hauteur et la stabilité des grues.

Les travaux réalisés ont permis de développer des moyens expérimentaux adaptés aux problématiques spécifiques générées par ces structures particulières. Notamment, un partenariat avec l'INRS (Institut national de recherche et de sécurité) a permis de valider une méthodologie expérimentale d'analyse du comportement des grues à tour soumises au vent en environnement bâti.

Enfin, des résultats expérimentaux et numériques ont permis de contribuer au développement de

l'annexe nationale de l'Eurocode 1-4 « Action du vent ». Il a ainsi été montré que dans certaines configurations de vent et d'ouvrages (notamment les immeubles de grande hauteur), l'approche réglementaire *Eurocode* n'englobe pas l'ensemble des risques et que le développement d'approches alternatives est nécessaire.

On constate ces dernières années un engouement croissant pour les façades double-peau (tours de bureaux, bâtiments tertiaires), notamment en raison de leurs performances thermiques et acoustiques. Ces double-peaux peuvent revêtir des aspects très différents (opaques ou perméables à porosité répartie ou localisée, à volets ou écailles, ouverture latérale ou non, etc.). Leur dimensionnement au vent est encore mal maîtrisé et la réglementation en vigueur ne fournit que peu d'éléments compte tenu de leur diversité.

Fondées sur des études expérimentales, des règles de dimensionnement des actions du vent sur différentes parois de double-peau en fonction de la perméabilité de chaque peau, de l'épaisseur de la lame d'air et de la position de l'élément dans la façade (en partie courante, en rive et en angle) ont été définies et proposées au SNFA (Syndicat national de la construction des fenêtres, façades et activités associées) sous forme de la fiche technique n° 45 (tableaux des pressions de vent W50 applicables aux façades légères et déterminées selon l'Annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA).

De la même façon, des études expérimentales ont été conduites en vue de l'établissement de propositions de règles de détermination des charges de vent en fonction de l'implantation et de la forme aérodynamique des éléments rapportés de type brise-soleil. La fiche technique n° 43 (« Brise-soleil – Détermination des efforts du vent ») a été proposée au SNFA.

Enfin, des études expérimentales des actions du vent sur les éléments rapportés en couverture de type panneau photovoltaïque en surimposition ont été menées et devraient conduire à des propositions de règles de détermination des charges de vent en fonction de l'implantation, de l'épaisseur de la lame d'air, et éventuellement de la forme aérodynamique des éléments.

Il reste nécessaire de développer les travaux autour du risque lié aux tempêtes. L'objectif est double. Il concerne, d'une part, la mise à disposition des élus et des assureurs d'un outil d'aide à la décision et à l'anticipation pour les zones à risques et, d'autre part, l'identification des modifications potentielles de ces zones liées au changement climatique. Ce projet a fait l'objet de

deux soumissions à un appel à projet de l'ANR en 2008 et 2009 mais sans succès.

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- **Sécurité au vent des bâtiments, des structures élancées, des ouvrages d'art** (2008-2010)
Gérard GRILLAUD
- **Dimensionnement au vent des façades de type double-peau** (2008-2010)
Christian BARRE
- **Évaluation du risque tempête en France** (2008-2009)
Christian SACRE – Maeva SABRE
- **Vulnérabilité du bâti face à l'aléa Tornado** (2010-2012)
Gérard GRILLAUD - Maeva SABRE
- **Étude du phénomène de galop des câbles inclinés secs appliquée aux haubans de ponts : application au pont de l'Iroise** (2005-2008)
Programme doctoral
Olivier BOUJARD – Université de Nantes-
Faculté des sciences et des techniques
- **Simulation expérimentale de la houle et du vent sur des éoliennes offshore flottantes** (2009-2012)
Programme doctoral
Adrien COURBOIS – École Centrale de Nantes

2. RISQUE NATUREL – SÉISME

Le sous-programme sur le risque sismique est fortement marqué par l'évolution très récente de la réglementation de la construction parasismique. La nouvelle carte de zonage sismique en préparation depuis plusieurs années a en effet été publiée le 22 octobre 2010. Elle divise le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes. Dans les quatre zones de sismicité 2 à 5, les règles de construction sont applicables aux nouveaux bâtiments et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières. Ce nouveau zonage est associé à l'Eurocode 8 qui est basé sur une approche probabiliste.

Les recherches menées au cours de la période 2007-2010 ont porté sur le comportement de parties d'ouvrages de bâtiment. Aucune action de recherche ne porte sur le comportement global de bâtiments entiers.

Les parties d'ouvrages étudiées sont les suivantes :

- systèmes de construction légère (panneaux sandwich, bardages rapportés, façades légères) ;
- rupteurs thermiques pour le traitement des liaisons entre parois ;
- liaisons pour bétons ;
- structures légères à ossature bois et métallique ;
- structures renforcées par fibres de carbone.

En complément de ces travaux, des recherches essentielles ont été menées sur le renforcement structural par collage de tissus de fibres de carbone. Ces techniques applicables au bâti existant présentent un développement économique constant depuis une dizaine d'années.

Les études réalisées dans ce domaine au CSTB portent plus particulièrement sur le renforcement des éléments structuraux maçonnés. Des recherches engagées sur le plan national et international ont mis en évidence que les matériaux composites (matrices polymères – renforts textiles) pouvaient assurer la protection, la réparation et le renforcement de ces éléments. Cependant, ceux-ci nécessitent le développement de méthodes d'évaluation de l'aptitude au service et de requalification tant pour leur restauration fonctionnelle que pour leur adaptation à de nouvelles contraintes telles que l'évolution du zonage sismique.

Les principaux obstacles à un plus grand développement de ces techniques sont les suivants :

- insuffisance des jeux de données en termes de lois de comportement (rigidité, rupture, endommagement) ;
- insuffisance des méthodes de calcul et de dimensionnement et de leur validation vis-à-vis d'applications conduites dans des conditions réelles ;
- insuffisance de réflexions et de propositions sur les dispositions constructives.

En réponse aux insuffisances actuellement observées, le CSTB a développé un outil d'évaluation par calcul de l'état limite ultime d'un mur en maçonnerie renforcé soumis à une flexion hors-plan et/ou à une mise en parallélogramme

dans son plan. La capacité de cet outil à reproduire le comportement observé est éprouvée par la réalisation d'essais en vraie grandeur.

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- **Renforcement structural par collage de tissus de fibres de carbone** (2007-2010)
Jean-Vivien HECK
- **Aide au développement et à la généralisation des rupteurs de ponts thermiques** (2008-2010)
Philippe LEBLOND
- **Comportement des façades soumises aux actions sismiques** (2008-2010)
Valérie WESIERSKI, Claire GRENIER
- **Comportement parasismique des structures légères à ossature bois ou métallique** (2008)
Stéphane HAMEURY
- **Liaisons mécaniques** (2007-2010)
Thierry GUILLET
- **EVSIM** – Une approche mécanique d'évaluation de la vulnérabilité sismique des maçonneries (2008-2011)
Projet ANR-PGCU financé par l'ADEME
Jean-Vivien HECK
- **INPERMISE** – Ingénierie performantielle pour la mise en sécurité des ouvrages par renforcement composites (2008-2012)
Projet ANR-PGCU financé par l'ADEME
Jean-Vivien HECK
- **SISBAT** – Analyse fiabiliste de la vulnérabilité sismique de l'habitat avec toiture en charpentes industrialisées en bois – Couplage modélisation probabiliste / expérimentation (2009-2012)
Projet financé par l'ANR dans le cadre du programme « Risques naturels : compréhension et maîtrise »
Jean-Vivien HECK, Ménad CHENAF
- **Vulnérabilité des liaisons pour béton vis-à-vis des risques naturels ou accidentels : étude des ancrages chimiques d'armature dans le béton en situation d'incendie** (2010-2013)
Programme doctoral
Nicolas PINOTEAU – Université de Cergy Pontoise

- **Analyses du comportement de rupteurs thermiques sous sollicitations sismiques** (2008-2011)
Programme doctoral
Thi-Tanh-Huyen NGUYEN – ENS Cachan
- **Panneaux en maçonnerie renforcés à l'aide de matériaux composites – approches de type calcul à la rupture et étude expérimentale** (2007-2010)
Programme doctoral
Ramzi SAHLAOUI – École des Ponts ParisTech

3. RISQUE NATUREL – PRÉCIPITATIONS

Dans la période 2007-2010, l'essentiel de l'effort de recherche a porté sur les précipitations hivernales. Les travaux réalisés à échelle réduite et en vraie grandeur visent aussi bien les phénomènes d'accumulation de neige autour des bâtiments sous l'effet du vent que les préoccupations relatives aux accrétions sur des structures ou des éléments architecturaux réels. Il s'agit, d'une part, d'accroître les connaissances du CSTB dans le domaine des phénomènes de givrage et de charge de neige sur les structures et ouvrages par des études théoriques et expérimentales en soufflerie et, d'autre part, d'apporter des éléments techniques et scientifiques permettant la révision des normes de calcul et de méthodes de tests des ouvrages aux risques induits par les chargements de neige (ISO 4355 : Charge de neige sur les bâtiments, NF EN 12101-2 : tests des exutoires de fumée).

Ainsi, la recherche effectuée a permis l'évaluation quantitative du givrage atmosphérique des structures en situation de pluie verglaçante ou encore de brouillard givrant. Une modélisation théorique du givrage atmosphérique de structures cylindriques (câbles, haubans) a pu être validée par des tests en soufflerie climatique.

Des simulations expérimentales des cas de chargement de neige sur bâtiment ont été réalisées. Notamment, la simulation à pleine échelle du givrage d'équipements de désenfumage a permis de mettre en évidence des phénomènes de blocage des systèmes non pris en compte par les essais normalisés. Ces travaux permettront de constituer un ensemble de données expérimentales validant les essais réalisés en soufflerie climatique et, le cas échéant, permettant

d'alerter les acteurs sur les écarts entre l'approche normalisée et les situations réelles.

Enfin, des simulations en soufflerie climatique à échelle réduite de grands ouvrages ont été conduites. Elles ont permis de mettre au point une méthode d'évaluation quantitative des charges de neige sur des bâtiments de grande dimension basée sur l'intégration des données climatiques et des coefficients de chargement locaux par simulation de Monte-Carlo.

De manière similaire à ce qui a été fait pour les charges verticales de neige, le but de la recherche à l'avenir est de permettre l'évaluation quantitative des accrétions de parois (façades double-peau, surface verticales, structures atmosphériques, etc.). Le développement d'une approche par simulation numérique, complémentaire des travaux expérimentaux réalisés, a également été initiée et devrait permettre à l'avenir de faciliter l'appréhension des phénomènes mis en jeu.

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- **Simulation des phénomènes de précipitations hivernales** (2008-2010)
Philippe DELPECH
- **Vulnérabilité du bâti face à l'inondation** (2010-2012)
Dorothee MARCHAND, Jean-Luc SALAGNAC
- **Modélisation numérique et expérimentale des phénomènes de givrage par accrétion de neige collante** (2009-2012)
Programme doctoral
Alexandro VIGANO – Université de Poitiers

4. RISQUE NATUREL – MOUVEMENTS DE TERRAIN

Le coût des dégâts causés aux maisons individuelles par le mouvement des sols est de l'ordre de grandeur de 100 millions d'euros par an. Celui des dégâts causés par le retrait-gonflement des argiles s'est élevé à 3,5 milliards d'euros entre 1993 et 2003, soit environ les deux tiers du montant des dégâts causés par les inondations. De plus les risques d'affaissement de cavités souterraines rendent incertains les perspectives de développement de certains territoires. Un diagnostic bibliographique a montré que les

conséquences des mouvements de terrain sur le bâti sont abordées essentiellement sous un angle qualitatif et que des approches qui intégreraient explicitement les phénomènes d'interaction sol-structure font défaut.

L'action de recherche qui constitue ce sous-programme a pour objectif de développer des connaissances et des outils permettant d'effectuer des études de vulnérabilité à l'échelle d'une zone d'aléa (communes ou communautés de communes, etc.), déterminées par les collectivités et les pouvoirs publics et d'évaluer des solutions de renforcement proposées par les industriels. Cette recherche a notamment abouti à la réalisation d'un outil permettant le calcul des sollicitations dans une structure de type maison individuelle fondée sur un sol sujet au retrait et au gonflement. Elle a conduit à proposer une méthode de dimensionnement des maisons individuelles et un protocole d'évaluation de la vulnérabilité du bâti existant. Ces deux points ont fait l'objet de présentations à la DGALN (Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature) et à l'AQC (Agence qualité construction), et ont été discutés avec le LCPC (Laboratoire central des ponts et chaussées) et l'INERIS.

Pour ce faire, un recensement des systèmes constructifs de maisons individuelles par région a été réalisé grâce à des observations sur site et à la consultation des bases de l'AQC. Une typologie du bâti adaptée au problème de la vulnérabilité sur sol sujet au retrait-gonflement a été construite. Cette typologie a permis d'établir un classement discriminant de la robustesse des systèmes constructifs vis-à-vis des mouvements de sol. Trois cas réels de maisons individuelles ont été étudiés avec le logiciel développé dans le cadre de cette action. Ils ont permis de retrouver l'essentiel des pathologies recensées dans les documents d'analyse des sinistres.

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- **Aléas et risque sécheresse** (2008-2010)
Typologie des structures vis-à-vis du risque sécheresse et modélisation des interactions sol-structure
Projet financé par la Fondation MAIF, en collaboration avec ARMINES
Jean-Vivien HECK
- **Aléa mouvements de terrain** (2008-2010)
Jean-Vivien HECK

- **Mouvements de sol** (2008)
Projet cofinancé par la DDE 57
Nicolas RUAUX
- **Impact des mouvements de terrain sur une structure type « maison individuelle ».**
Modélisation de l'interaction sol-structure pour l'évaluation de la vulnérabilité du bâti (2007-2010)
Programme doctoral
Quoc-Viet DO – Université Paris-Est Marne-la-Vallée

5. RISQUE ACCIDENTEL – INCENDIE

Ce sous-programme s'inscrit dans le double contexte de l'ouverture de la réglementation française à l'ingénierie de la sécurité incendie (ISI) et de l'apparition de nouveaux produits et modes de construction liée au Grenelle de l'environnement.

L'ouverture à l'ISI en France a été initiée réglementairement en 2004 avec la signature de deux arrêtés, puis accompagnée par le programme national de R&D « PNISI ». L'ISI est une approche performancielle qui permet d'adapter au risque incendie réel les mesures de prévention à appliquer en fonction des constructions et des matériaux mis en œuvre. Cette approche donne beaucoup de liberté aux concepteurs des bâtiments. Toutefois, elle nécessite un cadrage précis de la mise en application des outils et des méthodes d'évaluation du niveau de sécurité des ouvrages. Les actions de recherche menées portent à la fois sur des mesures de sécurité incendie passives – comportement au feu des assemblages bois, des ouvrages en béton tels que les bâtiments et tunnels, des produits de protection des structures, etc. –, et actives – systèmes de désenfumage, systèmes de brumisation, etc. Elles visent principalement l'amélioration des connaissances et, en ce sens, sont complémentaires du programme de recherche GIR, qui vise les méthodes d'analyse à mettre en œuvre dans le même domaine.

L'utilisation du bois dans la construction est en partie freinée par des aspects relatifs à la durabilité et à la sécurité tels que le séisme et l'incendie. L'action menée a visé à améliorer la connaissance sur le comportement réel en situation d'incendie des assemblages mécaniques des structures bois, dans l'objectif final de fournir aux acteurs des

méthodes de dimensionnement faciles d'utilisation. Une approche couplant recherche théorique, modélisation numérique et essais expérimentaux a d'ores et déjà permis de définir une méthode simplifiée de dimensionnement des assemblages brochés. Des connaissances intéressantes sur les comportements au feu des assemblages avec des boîtiers – étriers et queue d'aronde – ont par ailleurs été obtenues et illustrent la pertinence d'étendre à l'avenir la méthodologie suivie aux autres types d'assemblages existants (pointes, crampons, couronnes et autres).

Concernant les bétons, la prise en compte réglementaire des risques d'instabilité thermique (écaillage ou éclatement) repose essentiellement sur des approches expérimentales. Aucun calcul prédictif ne peut être réalisé à ce jour, car les phénomènes physiques à l'origine de ces dommages restent encore mal connus. Parmi les hypothèses avancées, on évoque l'action combinée d'un processus thermomécanique, lié au gradient thermique au sein du matériau, et d'un processus thermohydrique, lié à la génération de pression de vapeur d'eau élevée. Ce dernier mécanisme est généralement avancé pour expliquer le rôle positif de l'ajout de fibres polypropylène dans le béton lors d'un incendie (la fusion de ce type de fibres permet d'augmenter la perméabilité du béton et par conséquent de réduire les pressions de vapeur en son sein).

Les travaux réalisés avaient pour objectif une meilleure compréhension des mécanismes à l'origine de l'instabilité thermique des bétons. L'approche expérimentale adoptée a consisté à étudier le comportement à haute température de différents types de béton depuis l'échelle du matériau (évolution avec la température des principales propriétés mécaniques, thermiques et microstructurales) jusqu'à l'échelle d'un élément de structure soumis à un incendie (courbes de feu ISO et hydrocarbure majorée). La confrontation des mesures de pression de vapeur dans le béton avec les degrés d'endommagement constatés après exposition au feu a permis de conclure que les pressions de vapeur d'eau ne peuvent pas être les seules responsables de l'instabilité thermique. Une étude paramétrique a permis de proposer un nouveau mécanisme basé sur la création durant l'incendie de zones dans le béton à forte teneur en eau. Les recherches actuelles sont fondées sur l'étude de la formation de telles zones et les répercussions qu'elles peuvent avoir sur les propriétés thermomécaniques du béton.

Dans le domaine de la protection des structures, un partenariat avec la société PROMAT a été mis en place autour de l'efficacité de systèmes de protection de structures en béton soumises à des incendies à développement rapide, de type hydrocarbure. Le travail avait pour but de déterminer les conditions d'écaillage en étudiant l'influence des principaux paramètres : épaisseur de la protection, nature des granulats, contrainte externe appliquée. La relation entre gradients thermiques et observation de l'écaillage a particulièrement été étudiée. Ainsi, le dimensionnement de l'épaisseur de produit permettant de s'affranchir des phénomènes d'écaillage a été déterminé. Il a été démontré qu'avec cette épaisseur de protection, le béton conserve ses propriétés mécaniques. Cependant, un résultat inattendu a été observé : dans le cas d'une chute de la protection au cours de l'essai, l'écaillage est beaucoup plus fort qu'en l'absence de protection ; ce constat souligne ainsi l'intolérance de ces solutions de protection vis-à-vis d'une erreur de dimensionnement ou de mise en œuvre.

Dans le domaine de l'ingénierie du désenfumage, la fiabilité des modèles mis en œuvre et la pertinence de leur utilisation pour un problème donné restent des questions de toute première importance. En effet, les outils utilisés ne sont pas encore arrivés à une pleine maturité, et ils doivent être alimentés en données d'entrée pertinentes. Ainsi, une action de recherche a été consacrée au développement d'une méthodologie d'évaluation *in situ* de l'efficacité des systèmes de désenfumage des bâtiments. Les essais sur site avaient pour objectif de produire un enfumage significatif de manière à pouvoir apprécier l'aptitude du système de désenfumage à évacuer une partie de la fumée. Le texte réglementaire permet en théorie aux commissions de sécurité d'exiger la réalisation de tels essais dans les bâtiments, mais elles ne le demandent pas en pratique car les systèmes actuels (bombes fumigènes, machines à fumée de spectacles, etc.) ne sont pas pertinents pour juger de l'efficacité d'un système de désenfumage. Un système original a été développé et largement utilisé pour l'évaluation *in situ* du désenfumage de tunnels routiers. Ce système n'étant pas adapté aux établissements recevant du public – du fait du caractère salissant des fumées produites –, un nouveau concept a été développé en 2009 et est en cours d'optimisation. Le CSTB est ainsi à même de proposer un protocole expérimental adapté. À terme, les différents essais réalisés fourniront une base de données particulièrement utile à la

validation des codes de calculs utilisés en ingénierie du désenfumage.

La pulvérisation de brouillard d'eau pour la lutte contre les feux en milieu confiné est une technologie en plein essor. Son aptitude à lutter contre le feu a été démontrée pour de nombreuses applications, mais la nécessité de réaliser systématiquement de lourds essais de justification des performances entrave le développement de cette technologie. Un effort de recherche conséquent sur les systèmes de production de brouillard d'eau dans la lutte contre les incendies a été produit. Pour cela, les approches numériques et expérimentales sont exploitées de façon complémentaire. Des systèmes de brumisation dans des configurations réalistes d'incendie ont été testés, que ce soit en tunnel à échelle réduite ou pour la protection d'archives dans des locaux. Des partenariats universitaires ont été mis en place pour étudier des aspects plus fondamentaux des mécanismes physiques mis en jeu, notamment sur le plan de la modélisation numérique des phénomènes. L'une des perspectives principales du travail à venir consiste à comprendre les effets de l'interaction entre le désenfumage et l'aspersion, de façon à fournir aux acteurs de la construction les éléments nécessaires à l'intégration de la technologie « brouillard d'eau » dans les bâtiments.

Enfin, les objectifs fixés par le Grenelle de l'environnement en matière d'amélioration de la performance énergétique des bâtiments conduisent à proposer des mesures constructives, dont certaines peuvent, *a priori*, sembler conduire à la diminution du niveau de sécurité contre l'incendie des constructions et établissements. Un certain nombre de points posant question ont ainsi été soulevés par la direction de la Sécurité civile. On citera par exemple les façades double-peau (accès des secours, propagation du feu dans la cavité ventilée), les rupteurs de pont thermique (fragilité de la liaison résiduelle en cas d'incendie), les matériaux de gros œuvre contenant une fraction organique importante (par exemple le béton de chanvre), l'introduction massive du bois (parois, structure, chauffage) ou encore l'arrivée de nouveaux produits d'isolation (filrière écologique) et l'augmentation importante des épaisseurs d'isolants traditionnels.

Dans ce contexte, le programme de recherche s'est principalement intéressé à l'amélioration des connaissances et des outils de calcul – afin de mieux appréhender et quantifier le lien existant entre l'isolation des locaux et la gravité des

sinistres susceptibles d'être rencontrés. Une approche théorique a ainsi permis d'intégrer dans le code de calcul CIFI2009 du CSTB un modèle prédisant les effets de l'interaction entre les caractéristiques d'un local (géométrie, matériaux constitutifs des parois, ventilation) et l'activité d'un feu accidentel s'y développant (en termes de débit de pyrolyse, de débit calorifique dégagé et de production d'espèces chimiques).

Parallèlement, une réflexion a été menée sur la façon de caractériser la réaction au feu des nouveaux matériaux d'isolation apparaissant sur le marché, pour lesquels on dispose à ce jour de très peu d'éléments d'information. Un premier protocole d'essai a été défini et mis en œuvre sur plusieurs types de matériaux. À terme, ces nouvelles méthodes d'essais devraient être proposées au niveau européen.

Enfin, un état de l'art concernant la détermination des caractéristiques thermophysiques apparentes (conductivité thermique et chaleur spécifique) des matériaux utilisés pour l'isolation des locaux et/ou la protection des structures a montré que la difficulté fondamentale consiste à déterminer ces caractéristiques sur une large plage de températures (de 20 à 1 300 °C). L'objectif est de définir une méthodologie permettant d'accéder à ces caractéristiques et ainsi d'alimenter en données d'entrée pertinentes les modèles de calcul mis en œuvre dans l'évaluation du risque incendie.

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- **Assemblages bois (assemblages sous actions accidentelles : feu-séisme) [2007-2010]**
Dhionis DHIMA
- **Comportement des bétons en situation d'incendie (2008-2010)**
Pierre PIMIANTA
- **Solutions innovantes de protection active contre l'incendie dans les milieux confinés (2008-2010)**
Éric CESMAT et Sylvain DESANGHERE
- **Validation de la nouvelle approche d'ingénierie du désenfumage par des essais *in situ* innovants (2008-2010)**
Éric CESMAT et Sylvain DESANGHERE
- **Influence du vent sur les performances des systèmes d'évacuation naturelle des fumées (2008-2010)**
Stéphane SANQUER et Xavier FAURE
- **Impact de l'amélioration de l'isolation thermique sur le risque incendie (2009-2010)**
Martial BONHOMME et François DEMOUGE
- **Tenue des maçonneries au feu (2008-2011)**
Cofinancé par le CERIB
Philippe BOUGEARD
- **Protection par le Promatect T des structures en béton soumises à des incendies à développement rapide (2007-2008)**
Cofinancé par PROMAT SA
Éric CESMAT
- **MEFISTO – Maîtrise durable de la fissuration des infrastructures en béton (2009-2012)**
Projet cofinancé par l'ANR
Hocine BOUSSA
- **ROBUSTFIRE – *Robustness of car parks against localised fire* (2008-2011)**
Cofinancé par l'Union européenne
Dhionis DHIMA
- **Woodwisdom – *Fire resistance of Innovative timber structures* (2006-2011)**
Cofinancé par l'Union européenne
Dhionis DHIMA
- **Leonardo – *European expert for fire prevention in building stocks* (2007-2009)**
Cofinancé par l'Union européenne
Dhionis DHIMA
- **Brumisation – Utilisation de brouillard d'eau en tunnel et examen des données quantitatives (2007-2010)**
Projet cofinancé par le CETU
Éric CESMAT
- **Développement d'une installation d'évaluation *in situ* de l'écaillage du béton de tunnels (2010-2011)**
Projet cofinancé par le CETU – DIRIF
Christophe LEMERLE
- **Évaluation de la méthodologie de détermination de l'écaillage du béton par essais de petits cylindres prélevés *in situ* (2010-2011)**
Projet cofinancé par le CETU – DIRIF
Pierre PIMIANTA
- **Étude par similitude de l'influence du vent sur les transferts de masse et d'énergie dans les bâtiments complexes (2008-2011)**
Programme doctoral

Nicolas LE ROUX – Université de la Rochelle

- **Modélisation de l'interaction entre un brouillard d'eau et un foyer : application à la sécurité contre l'incendie en tunnel** (2008-2011)
Programme doctoral
Élisabeth BLANCHARD – Université de Nancy
- **Maîtrise des feux dans les tunnels par brumisation** (2006-2009)
Programme doctoral
Raphaël MEYRAND – École nationale supérieure de mécanique et d'aéronautique (ENSMA)
- **Approche expérimentale et modélisation numérique du comportement thermomécanique des assemblages de structure bois** (2007-2010)
Programme doctoral
Maxime AUDEBERT – Polytech'Clermont-Ferrand (CUST)
- **Contribution expérimentale à la compréhension des risques d'instabilité thermique des bétons** (2005-2008)
Programme doctoral
Jean-Christophe MINDEGUIA – Université de Pau et des Pays de l'Adour

6. RISQUE ACCIDENTEL – EXPLOSIONS

L'histoire récente a montré que la ville n'est pas forcément un lieu sûr. L'accident industriel peut et doit être envisagé. L'influence sur l'habitat et l'homme d'explosions peut aujourd'hui être appréhendée par le calcul. Des outils numériques destinés aux aménageurs devraient permettre d'imaginer divers *scenarii* et de les intégrer dans la conception des villes. Divers aspects physiques sont à prendre en compte : propagation dans les rues, au-dessus des bâtiments, dans les bâtiments, impacts sur les structures.

La recherche réalisée sur ce thème a permis le développement d'un modèle de propagation stochastique prenant en compte les effets des grandes amplitudes de l'onde, les effets météorologiques, les effets de sol ainsi que la densité de bâtiments sur le trajet de l'onde. Le modèle permet également de donner une incertitude associée aux niveaux de surpression. Grâce à cette action, le CSTB a acquis la compétence nécessaire à l'étude des ouvrages soumis à une onde de surpression. À l'avenir, les outils et méthodes développés pourront être utilisés pour la cartographie dans le cadre de la maîtrise des risques, la réalisation d'études venant en appui des Plans de prévention des risques technologiques (PPRT) ou encore l'analyse de la vulnérabilité de certains bâtiments sensibles en cas d'attentats. Enfin, les méthodes développées sont transposables à d'autres domaines d'application (méthodes ingénieur de prévision du bruit en milieu urbain, calcul d'incertitudes).

PROJETS DE RECHERCHE ASSOCIÉS

- **Modélisation des risques industriels urbains** (2008-2010)
Philippe JEAN
- **Prévision de l'impact acoustique des explosions sur les bâtiments** (2007-2009)
Programme doctoral
Thomas LEISSING – Université Paris-Est Marne-la-Vallée

CONTRIBUTEURS

*Nota : les noms suivis d'une *
sont ceux des personnes ayant
quitté le CSTB*

Responsables des actions de recherche

BARRE Christian
BONHOMME Martial
BOUGEARD Philippe
BOUSSA Hocine
CESMAT Éric *
CHENAF Menad
DELPECH Philippe
DESANGHERE Sylvain
DHIMA Dhionis
GRENIER Claire
GRILLAUD Gérard
GUILLET Thierry
HAMEURY Stéphane
HECK Jean-Vivien
JEAN Philippe
LEBLOND Philippe*
LEMERLE Christophe
MARCHAND Dorothée
PIMIENTA Pierre
RUAUX Nicolas
SABRE Maeva
SACRE Christian *
SALAGNAC Jean-Luc
SANQUER Stéphane *
WESIERSKI Valérie

Chercheurs associés

ARBEZ Thibaut *
AVENEL Romuald
BERTHAUD Jocelyne
BERTHAUT Julien
BOUTIN François
CANEZIN Christophe
CARRE Samuel
COSSAVELLA Michel
COUDRET Florent
CREACH Gildas
DANBON Frédéric
DAVID Arnaud
DEFRANCE Jérôme
DELMOTTE Patrick
DEMOUGE François
DUFRESNE DE VIREL Marc

DUPONCHEL Xavier *
ELIAS Patrick
FARKH Salem
FAURE Xavier
FLAMAND Olivier
FLORENCE Céline
FLORI Jean-Paul
FONTAN José
FROMY Philippe
GALEA Jean-Louis
GARCIA Michel
GILLIOT Stéphane
GODIN Aurélie
GUILHOT Julien
HOGNON Bernard
HUGUET Christelle
KILANI Khalid
LAKEL Abdel
LE DREFF Céline
MARTINSONS Christophe
MAUCOTEL Arnaud
MORAT Sébastien
MORCANT-LEEMPOELS Karine*
NGUYEN Thi-Tanh-Huyen
NORMAND Cédric
PALIER Pierre
PANAIT Adrian *
PARDON Dominique
PERSON Éric
RIVILLON Philippe
SARRE Maryse
SCHMICH Isabelle
SCHNEIDER Cédric
TAILLEFER Nicolas
THIRIET Cécile *
TRAUB-PAGET Camille
VIAU Olivier
VINET Jérôme
VINOT Benoit
ZIBOUCHE Kamel

Doctorants

AUDEBERT Maxime (2007-2010)
BLANCHARD Élisabeth (2008-2011)
BOUJARD Olivier (2005-2008)
COURBOIS Adrien (2009-2012)
DO Quoc-Viet (2007-2010)
LEISSING Thomas (2007-2009)
LEROUX Nicolas (2008-2011)
MEYRAND Raphaël (2006-2009)
MINDEGUIA Jean-Christophe (2005-
2008)
NGUYEN Thi-Tanh-Huyen (2008-
2011)

PEREIRA Fabrice (2010-2013)
PINOTEAU Nicolas (2010-2013)
SAHLAOUI Ramzi (2007-2010)
VIGANO Alexandro (2009-2012)

Postdoctorants

Sami HAMZA (2007-2008)

BILAN QUANTITATIF

PRODUCTION DE
CONNAISSANCES

PUBLICATIONS

Articles

∞ *Publiés dans une revue scientifique à comité de lecture*

Computational model for long-range non-linear propagation over urban cities

LEISSING T., SOIZE C., JEAN P., DEFANCE J.
Acta acustica united with acustica, 96/5, September-October 2010, p. 884-898
[doi:10.3813/AAA.918347]

Dispositif d'observation de la microstructure et de pesée des bétons au cours d'un chauffage

CARRE H., MINDEGUIA J.C., LA BORDERIE C., PIMIENTA P.
Annales du bâtiment et des travaux publics, 5, octobre 2007, 8 p.

Resistance to fire of walls constituted by hollow blocks: experiments and thermal modeling

NAHHAS F., AMI SAADA R., BONNET G., DELMOTTE P.
Applied Thermal Engineering, 27/1, January 2007, p. 258-267
[doi:10.1016/j.applthermaleng.2006.04.017]

Mixed nonparametric-parametric probabilistic model for earthquake reliability of an inelastic reinforced concrete frame structure

DESCELIERS C., BONNET G., HAMZA S., DELMOTTE P.
Bulletin of Earthquake Engineering, 8/4, August 2010, p. 921-935 [doi:10.1007/s10518-009-9166-x]

Micromechanical contributions to the behaviour of cement-based materials: two-scale modelling of cement paste and concrete in tension at high temperatures

GRONDIN F., DUMONTET H., BEN HAMIDA A., BOUSSA H.
Cement and Concrete Composites, available online 27 November 2010, 2010, 34 p.
[doi:10.1016/j.cemconcomp.2010.11.004]

Temperature, pore pressure and mass variation of concrete subjected to high temperature: Experimental and numerical discussion on spalling risk

MINDEGUIA J.C., PIMIENTA P., NOUMOWE A., KANEMA M.
Cement and Concrete Research, 40/3, March 2010, p. 477-487
[doi:10.1016/j.cemconres.2009.10.011]

A simplified mechanical model to assess the bearing capacity of masonry walls: Theory and experimental validation

MEBARKI A., BUI Q.H., SAADA R.A., DELMOTTE P., TIZAPA S.S.
Construction and Building Materials, 23/2, February 2009, p. 1109-1117
[doi:10.1016/j.conbuildmat.2008.06.004]

A coupled experimental and numerical approach to the integrity of friction-grip connections in glass structures

PANAIT A., HE Q.C., BARY B., COSSAVELLA M., MORCANT K.
Engineering Failure Analysis, 14/1, January 2007, p. 23-35
[doi:10.1016/j.engfailanal.2006.01.001]

Failure analysis of tempered glass structures with pin-loaded joints

TO Q.D., HE Q.C., COSSAVELLA M., MORCANT K., PANAIT A., YVONNET J.
Engineering Failure Analysis, 14/5, July 2007, p. 841-850
[doi:10.1016/j.engfailanal.2006.11.020]

Thermo-mechanical analysis of the fire performance of dowelled timber connection

RACHER P., LAPLANCHE K., DHIMA D., BOUCHAIR A.

Engineering Structures, 32/4, April 2010, p. 1148-1157
[doi:10.1016/j.engstruct.2009.12.041]

Computational stochastic heat transfer with model uncertainties in a plasterboard submitted to fire load and experimental validation

SAKJI S., SOIZE C., HECK J.V.
Fire & Materials, 33/3, April-May 2009, p. 109-127
[doi:10.1002/fam.982]

Thermal damage approach of concrete: application to specimens subjected to combined compressive and high temperature loads

MENOU A., MOUNAJED G., BOUSSA H., LA BORDERIE C., KAFDI K.
High Temperature Materials and Processes, 27/1, January 2008, p. 23-39

Scaling of thermal damage of cementitious materials: application to refractory concrete

MENOU A., MOUNAJED G., BOUSSA H., LA BORDERIE C., SAOUAB A.
High Temperature Materials and Processes, 27/3, 2008, p. 161-174

Stress analysis of the adhesive resin layer in a reinforced pin-loaded joint used in glass structures

TO Q.D., HE Q.C., COSSAVELLA M., MORCANT K., PANAIT A.
International Journal of Adhesion and Adhesives, 29/1, January 2009, p. 91-97
[doi:10.1016/j.ijadhadh.2008.01.008]

Classification of the tripped cylinder wake and bi-stable phenomenon

MAHBUB ALAM M.D., ZHOU Y., ZHAO J.M., FLAMAND O., BOUJARD O.
International Journal of Heat and Fluid Flow, 31/4, August 2010, p. 545-560
[doi:10.1016/j.ijheatfluidflow.2010.02.018]

Closed-form solution for the contact problem of reinforced pin-loaded joints used in glass structures
TO Q.D., HE Q.C., COSSAVELLA M., MORCANT K., PANAIT A.
International Journal of Solids and Structures, 44/11-12, June 2007, p. 3887-3903
[doi:10.1016/j.ijsolstr.2006.10.030]

Probabilistic Uncertainty Modeling for Thermomechanical Analysis of Plasterboard Submitted to Fire Load
SAKJI S., SOIZE C., HECK J.V.
Journal of Structural Engineering, 134/10, October 2008, p. 1611-1618 [doi:10.1061/(ASCE)0733-9445(2008)134:10(1611)]

International Comparison of Wind Tunnel Estimates of Wind Effects on Low-Rise Buildings: Test-Related Uncertainties
FRITZ W.P., BIENKIEWICZ B., CUI Y.J., FLAMAND O., HO T.C.E., KIKITSU H., LETCHFORD C.W., SIMIU E.
Journal of Structural Engineering, 134/12, 2007, p. 1887-1890 [doi:10.1061/(ASCE)0733-9445(2008)134:12(1887)]

Nonlinear parabolic equation model for finite-amplitude sound propagation over porous ground layers
LEISSING T., JEAN P., DEFRANCE J., SOIZE C.
Journal of the Acoustical Society of America, 126/2, August 2009, p. 572-581 [doi:10.1121/1.3158937]

A new statistical approach to extreme wind speeds in France
SACRE C., MOISSELIN J.M., SABRE M., FLORI J.P., DUBUISSON B.
Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 95, 9-11, October 2007, p. 1415-1423
[doi:10.1016/j.jweia.2007.02.013]

Penetration of snow into roof constructions: Wind tunnel testing of different eave cover designs
THIIS T.K., BARFOED P., DELPECH P., GUSTAVSEN A., HOFSETH V., UVSLOKK S., DUFRESNE DE VIREL M.
Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 95/9-11,

October 2007, p. 1476-1485
[doi:10.1016/j.jweia.2007.02.017]

Time-domain buffeting simulations for wind-bridge interaction
FLAMAND O., GRILLAUD G., COSTA C., BORRI C.
Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 95/9-11, October 2007, 16 p.
[doi:10.1016/j.jweia.2007.01.026]

The tempering of glass and the failure of tempered glass plates with pin-loaded joints: modelling and simulation
TO Q.D., HE Q.C., COSSAVELLA M., MORCANT K., PANAIT A., YVONNET J.
Materials & Design, 29/5, January 2008, p. 943-951
[doi:10.1016/j.matdes.2007.03.022]

A new experimental device for assessing the radial strains of concrete at high temperatures
CARRE H., MINDEGUIA J.C., LA BORDERIE C., PIMIENTA P.
Revue européenne de génie civil, 11/9-10, September 2007, p. 1187-1198
[doi:10.3166/regc.11.1187-1198]

∞ **Publiés dans une revue technique**

La Passerelle Simone de Beauvoir. Partie 3 : Comportement dynamique de l'ouvrage sous charges piétonnes
FLAMAND O., BONIFACE V., MANON S.
Bulletin ouvrages métalliques, 5, 2008, p. 52-63

Installations de combustion dans les bâtiments d'habitation : les systèmes à circuit de combustion étanche
NORMAND C.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 245, avril 2008, p. 43-48

La protection incendie par brouillard d'eau
CESMAT E.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles,

248, septembre-octobre 2008, p. 7-13

Le désenfumage des bâtiments : fondements et perspectives
DESANGHERE S.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 255, novembre-décembre 2009, p. 2-11

Les bétons face aux feux à développement rapide
CESMAT E.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 243, décembre 2007, p. 21-28

Sécurité contre l'incendie des toitures dans les ERP
DEMARQUE A.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 248, septembre-octobre 2008, p. 19-25

Risques liés au vent, implantation des grues à tour : la bonne carte
SABRE M., BARRE C., GRILLAUD G. (collab.)
Travail et sécurité, 691, janvier 2009, p. 22-24

Communications

Nonlinear parabolic equation model for finite-amplitude sound propagation over porous ground layers
LEISSING T., JEAN P., DEFRANCE J., SOIZE C.
13th Long Range Sound Propagation Symposium, October 16-17th, 2008, Lyon, FRA, 11 p.

Experimental study on the contribution of pore vapour pressure to the thermal instability risk of concrete
MINDEGUIA J.C., PIMIENTA P., CARRE H., LABORDERIE C.
1st International Workshop on Concrete Spalling due to Fire Exposure, September 17-18, 2009, Leipzig, DEU, p. 150-167

Caractérisation thermo-hydrrique et comportement au feu de deux bétons : analyse des risques d'instabilités thermiques
MINDEGUIA J.C.

26e rencontres Universitaires de Génie Civil, "Du laboratoire à l'ouvrage", 6-7 juin 2008, Nancy, FRA, 8 p.

Modélisation du comportement au feu d'assemblages de structures bois en situation d'incendie

AUDEBERT M., DHIMA D., BOUCHAR A., TAAZOUNT M.
26e rencontres Universitaires de Génie Civil, "Du laboratoire à l'ouvrage", 4-6 juin 2008, Nancy, FRA, 9 p.

Contribution expérimentale à la compréhension des risques d'instabilité thermique des bétons : influence de la nature des granulats

MINDEGUIA J.C., PIMIENTA P., CARRE H., LABORDERIE C.
27e Rencontres universitaires de génie civil, 3-5 juin 2009, Saint Malo, FRA, 19 p.

Étude du comportement thermomécanique d'assemblages de structures bois

AUDEBERT M., BOUCHAR A., DHIMA D., TAAZOUNT M.
28e Rencontres Universitaires de Génie Civil, "Ouvrages en Service et Développement Durable", 2-4 juin 2010, La Bourboule, FRA, 10 p.

A new seismic test for metal anchors

GUILLET T., DAVID E.
2nd international symposium on connection between steel and concrete, September 4-7, 2007, Stuttgart, DEU, 10 p.

A multi-scale thermo-hydral modelling of concrete behaviour at high temperatures

LE THI THU H., MEFTAH F., BOUSSA H.,
4th Biot Conference on Poromechanics, June 8-10, 2009, New York, USA, 6 p.

Fire protection of concrete structures exposed to fast fires

PIMIENTA P., ANTON O., MINDEGUIA J.-C., AVENEL R., CUYPERS H., CESMAT E.
ISTSS 2010, Proceedings of the 4th International Symposium on Tunnel Safety and Security, March 17-18, 2010, Frankfurt, DEU, 13 p.

Snow penetration in to ventilation openings in buildings

THIIS T.K., DELPECH P.
5th Symposium on Environmental Effects on Buildings and People - Actions, Influences, Interactions, Discomfort, October 24-27, 2007, Kazimierz Dolny, POL, 4 p.

Mass, temperature and pressure measurements during the dry out of refractory castables

MEUNIER P., MINDEGUIA J.C., PIMIENTA P.
51st International Colloquium on Refractories, October 15-16, 2008, Aachen, DEU, 4 p.

Nonlinear parametric resonances in a stay of the Iroise cable-stayed bridge: analytical model and experiments

BOUJARD O., PERNOT S., BERLIOZ A., LAMARQUE C.
6th international conference on multibody systems, nonlinear dynamics, and control, MSNDC, september 4-7, 2007, Las Vegas, USA, 6 p.

Numerical simulation of radiation propagation through water mist

BLANCHARD E., BOULET P., DESANGHERE S., CESMAT E.
9th International Water Mist Conference, September 23-25, 2009, London, GBR, 6 p.

Water sprays used as radiative shield, investigations at laboratory scale

LECHENE S., BLANCHARD E., PARENT G., ACEM Z., BOULET P.
9th International Water Mist Conference, September 23-25, 2009, London, GBR, 2 p.

Non linear parabolic equation model for finite-amplitude sound propagation in an inhomogeneous medium over a non-flat, finite impedance ground surface

LEISSING T., JEAN P., DEFRANCE J., SOIZE C.
Acoustics'08, June 29 - July 4th 2008, Paris, FRA, 5 p.

Tests and modelling of wood in shear at elevated temperatures

AUDEBERT M., BOUCHAR A., DHIMA D.

Applications of Structural Fire Design, February 19-20, 2009, Prague, CZE, 7 p.

An overview of flood protection barriers

SALAGNAC J.L.
Ashley R., Garvin S., Vassilopoulos A. and Zevenbergen C. (Eds.)
Advances in urban flood management, February 7-9 2007, Amsterdam, NLD, Taylor & Francis, 2007, p. 453-459

Experimental and numerical study of an UHPFRC at very high temperature

MINDEGUIA J.C., PIMIENTA P., SIMON A., ATIF N.
CONSEC'07, Fifth international conference on concrete under severe conditions environment and loading, June 4-6, 2007, Tours, FRA, p. 1659-1674

Taking spalling of concrete at high temperature into account in fire resistance

TAILLEFER N., DHIMA D., PESTANA J., AVENEL C.
CONSEC'07, Fifth international conference on concrete under severe conditions environment and loading, June 4-6, 2007, Tours, FRA, p. 1707-1716

Thermal and thermo-mechanical behaviour of timber connections in fire

AUDEBERT M., BOUCHAR A., TAAZOUNT M., DHIMA D.
COST Action C26 International Conference "Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events", September 16-18, 2010, Naples, ITA, p. 189-194

A comparison between dry cylinder galloping and rain-wind induced excitation

FLAMAND O., BOUJARD O.
EACWE 5 - 5th European & African Conference on Wind Engineering, July 19-23, 2009, Florence, ITA, 11 p.

Three-dimensional finite element meso-scale modelling of thermo-hydro-mechanical behavior of concrete exposed to elevated temperatures

LE THI THU H., MEFTAH F., BOUSSA H., ZIBOUCHE K.

ECCM 2010, 4th European Conference on Computational Mechanics, May 16-21, 2010, Paris, FRA, 2 p.

Simulating concrete behaviour subjected to high speed heating reaching elevated temperatures

MELHEM C., BOUSSA H., DUMONTET H.
ECCOMAS 2008, 5th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and engineering, June 30 - July 4, 2008, Venice, ITA, 2 p.

Virtual laboratory for testing anchors under static and cyclic loads

BOUSSA H., NAKHLE M., DUYSSENS J., SICHAIB A.,
ECCOMAS 2008, 5th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and engineering, June 30-July 4, 2008, Venice, ITA, 2 p.

Top-down and bottom-up eddy motion in wall bounded turbulence

CARLOTTI P., LAADHARI F., Eckhardt B. (Ed). Advances in Turbulence XII - Proceedings of the 12th Euromech European Turbulence Conference, September 7-10, 2009, Marburg, DEU, Springer-Verlag, 2009, p. 389-392

Modelling of the THM behaviour of concrete at the macroscopic and mesoscopic scale

LE THI THU H., BOUSSA H., MEFTAH F.,
EURO-C 2010, Conference-Computational Modelling of Concrete Structures, March 15-18, 2010, Rohrmoos/Schladming, AUT, 10 p.

Nonlinear parametric resonances in the Iroise cable-stayed bridge: experiments and reduced order modelling

BOUJARD O., PERNOT S., LAMARQUE C.H, BERLIOZ A.
EUROMECH Colloquium 483, Geometrically non-linear vibrations of structures, July 9-11, 2007, Porto, PRT, 4 p.

A peculiar case of non-linear cable resonance combination of a cable-stayed bridge submitted to wind and traffic

BOUJARD O., PERNOT S., LAMARQUE C., BERLIOZ A.
EVACES'07: International conference on experimental vibration analysis for civil engineering, October 24-26, 2007, Porto, PRT, 9 p.

Full-scale dry inclined stay-cable vibrations: modeling by non-linear quasi-steady analysis of wind-tunnel tests

BOUJARD O., GRILLAUD G.
EVACES'07: International conference on experimental vibration analysis for civil engineering, October 24-26, 2007, Porto, PRT, 10 p.

Experimental study of fire behaviour of different concretes: thermal-hydral and spalling analysis

MINDEGUIA J.C., PIMIENTA P., LA BORDERIE C., CARRE H.
FIB Workshop: Fire design of concrete structures - From materials modelling to structural performance, November 8-9, 2007, Coimbra, PRT, 12 p.

Experimental study of mechanical behaviour of high performance concretes at high temperature

MINDEGUIA J.C., PIMIENTA P., CARRE H., LA BORDERIE C., BEURLOTTE A.
FIB Workshop: Fire design of concrete structures - From materials modelling to structural performance, November 8-9, 2007, Coimbra, PRT, 13 p.

Spalling of concrete: a synthesis of experimental results for middle and large size tests

TAILLEFER N., QUENTIN C., AVENEL R.
First International Workshop on Concrete Spalling due to Fire Exposure, September 3-5, 2009, Leipzig, DEU, 9 p.

Effect of aggregates morphology on the THM behaviour of concrete at high temperatures

LE THI THU H., BOUSSA H., MEFTAH F.

FRAMCOS-7, 7th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete Structures, May 23-27, 2010, Jeju, KOR, 8 p.

Thermo-hydro-mechanical behaviour of concrete at high temperature: analysis of the dehydration effects on mass and heat transfer

MELHEM C., BOUSSA H., DUMONTET H.
GeoProc 2008, 3rd International Conference on coupled T-H-M-C Processes in Geo-systems: fundamentals, modelling, experiments & applications, June 1-5, 2008, Lille, FRA, p. 473-480

Inclined stay-cable vibrations: confrontation of full-scale measurements and quasi-steady analysis of wind-tunnel tests

BOUJARD O., GRILLAUD G.
ICWE 12, 12th International Conference on Wind Engineering, July 1-6, 2007, Cairns, AUS, 8 p.

Use of Computer Modelling for the Interpretation of Midscale Tunnel Fire Test Results

BLANCHARD E., BOULET P., DESANGHERE S., CESMAT E.
Interflam2010, 12th International Fire Science & Engineering Conference, July 5-7, 2010, Nottingham, GBR, 13 p.

A Proposed mechanics reliability coupling method to evaluate soil-foundation vulnerability

DO Q.V., MEBARKI A., HECK J.V., SAADA R.
International Symposium on Safety Science and Technology, September 24-27, 2008, Beijing, CHN, Progress in Safety Science and Technology VII/Part. B., 2008, p. 2103-2108

Computational model for long-range nonlinear propagation over urban cities

LEISSING T., SOIZE C., JEAN P., DEFRANCE J.
Internoise 2009, 38th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, August 23-26, 2009, Ottawa, CAN, 9 p.

Damping levels full scale measurements of bridge stays at high row number

FLAMAND O.
ISCD 2007 - Seventh International symposium on cable dynamics, December 10-13th, 2007, Vienna, AUS, 8 p.

Numerical simulation of the impact of a plunging breaker on a vertical structure and subsequent overtopping event using a navier-stokes VOF model

MOKRANI C., ABADIE S., GRILLI S., ZIBOUCHE K.
ISOPE 2010, 20th International Offshore and Polar Engineering Conference, June 20-25, 2010, Beijing, CHN, 8 p.

Definition and optimisation of the efficiency of smoke extraction in a road tunnel

OUCHERFI M., GAY B., MOS A., CARLOTTI P.
ISAVVT 13 - 13th International Symposium on Aerodynamics and ventilation of vehicle tunnels, 13-15 May, 2009, New Brunswick, New Jersey, USA, p.183-197

Making wind engineering more popular

FLAMAND O.
ISWE3, 3rd International Symposium on Wind Effects on Building and Urban Environment, "New Frontiers in Wind Engineering", March 4-5th, 2008, Tokyo, JPN, 10 p.

Fire behaviour of high performance concrete: an experimental investigation on spalling risk

PIMIENTA P., PARDON D., MINDEGUIA J.C.
Kodur V., Franssen J.M. (Eds) Structures in Fire, Proceedings of the Sixth International Conference, SiF'10, June 2-4, 2010, East Lansing, USA, DEStech Publications, Inc., 2010, p. 880-889

Physical properties and behaviour of high-performance concrete at high temperatures

SCHNEIDER U., ALONSO M.C., PIMIENTA P., JANSSON R.
Kodur V., Franssen J.M. (Eds) Structures in Fire, Proceedings of

the Sixth International Conference, SiF'10, June 2-4, 2010, East Lansing, USA, DEStech Publications, Inc., 2010, p. 800-808

Dry cable vibrations of cable-stayed bridges: explanation through full scale and wind-tunnel measurements

BOUJARD O.
Nevada Medal For Distinguished Graduate, 2007, Reno, NV, USA, 10 p.

Definition and optimisation of the efficiency of smoke extraction in a road tunnel

OUCHERFI M., GAY B., MOS A., CARLOTTI P.
Proceedings of International Congress "Smoke Control in Buildings and Tunnels", October 16, 2008, Santander, ESP, 14 p.

Behaviour of an ultra-high performance fibre reinforced concrete at very high temperatures

PIMIENTA P., MINDEGUIA J.C., DHIERSAT M., AFIF N., SIMON A.
Proceedings of the 7th International Congress "Concrete: construction's sustainable option", Volume 5: Concrete for fire engineering, July 8-9, 2008, Dundee, GBR, IHS BRE Press, 2008, p. 115-126

Analysis and modelling of the thermo-mechanical behaviour of dowelled and bolted steel-to-timber joints

AUDEBERT M., BOUCHAIR A., TAAZOUNT M., DHIMA D.
SEMC 2010, The 4th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, September 6-8, 2010, Cape Town, ZAF, 5 p.

Measurements of snow penetration into ventilation openings in buildings

DELPECH P., THUIS T.K.
Snow Engineering VI, June 2-5th, 2008, Whistler, BC, CAN, 8 p.

Quantitative assessment of snow load on complex and extended roof shapes

DELPECH P., GUILHOT J.

Snow Engineering VI, June 2-5th, 2008, Whistler, BC, CAN, 10 p.

Behaviour of UHPFRC at high temperatures

PIMIENTA P., MINDEGUIA J.C., SIMON A., BEHLOUL M.
UHPFRC International Workshop "Designing and Building with UHPFRC: State of the Art and Development", November 17-18, 2009, Marseille, FRA, 16 p.

Le stade Jean Bouin

RICCIOTTI R., LAMOUREUX G., RICCIOTTI R., RIVILLON P., THIRIET C.
UHPFRC International Workshop "Designing and Building with UHPFRC: State of the Art and Development", November 17-18, 2009, Marseille, FRA

Musée des civilisations de l'Europe et de la méditerranée (MuCEM) : expérimentation et modélisation de poteaux droits et de forme Y en BFUHP

précontraints sous l'action d'un chargement vertical centré
RIVILLON P., PORTELATINE J.
UHPFRC International Workshop "Designing and Building with UHPFRC: State of the Art and Development", November 17-18, 2009, Marseille, FRA

European seismic design of shear walls: experimental and numerical tests and observations

BOUDAUD C., HAMEURY S., FAYE C., DAUDEVILLE L.
WCTE 2010 : 11th Word Conference on timber Engineering, June 20-24, 2010, Trentino, ITA, 6 p.

Chapitres d'ouvrages

Museum of European and Mediterranean civilizations (MuCEM): Experimentation and modeling of straight and Y-shaped UHPFRC prestressed columns under the action of an off-centered vertical load
RIVILLON P., PORTELATINE J., NICOLAS F.

Toutlemonde F., Resplendino J. (Eds.) Designing and Building with UHPFRC: State-of-the-Art and

Development, Wiley-ISTE,
November 2010, p. 501-528
ISBN: 9781848212718

Behavior of UHPFRC at high temperatures

PIMIENIA P., MINDEGUIA J.-C.,
SIMON A., BEHLOUL M.
Toutlemonde F., Resplendino J.
(Eds.) Designing and Building with
UHPFRC: State-of-the-Art and
Development, Wiley-ISTE,
November 2010, p. 579-600
ISBN: 9781848212718

Guides

**Renforcement parasismique des
bâtiments : guide
méthodologique pour le
renforcement préventif du bâti
existant**

AMIR-MAZAHARI D., BISCH P.,
CAPRA A., CHENAF M.,
DAVIDOVICI V., DELMOTTE P.,
TAILLEFER N.
CSTB, Coll. Guide Technique, 2010,
268 p. [ISBN 978-2-86891-467-5]

Rapports

**CIFI2009 : application d'un
modèle à deux zones gazeuses à
l'étude de l'influence des
caractéristiques d'un local sur
l'activité d'un feu s'y développant**
DEMOUGE F., FROMY P.
Mai 2010, 67 p.

**Corrosion des conduits de fumée :
caractérisation des phénomènes
de condensation pour la
combustion au fioul. Note de
synthèse**

HUGUET C.
Janvier 2009, 8 p.

**Dimensionnement au
déversement des raidisseurs et
poutres en verre**

COSSAVELLA M., PANAIT A.
Juin 2008, 15 p.

**Évaluation du risque tempête en
France**

SABRE M. (avec la collab. de
TAILLEFER N., CHENAF M.,
MAUCOTEL A., ELIAS P.)
Décembre 2009, 30 p.

**Note sur l'essai LEPRI 2 et son
application à deux ETICS**

HOGNON B.
D 2010, 31 p.

**Protection incendie des
structures en béton exposées à
des feux à combustion rapide**

PIMIENIA P., ANTON O.,
MINDEGUIA J.-C., AVENEL R.,
CUYPERS H., CESMAT E.
octobre 2010, 16 p.

**Renforcement de la sécurité
incendie dans les bâtiments
existants**

HOGNON B.
Décembre 2007, 60 p.

**Typologie des structures vis-à-vis
du risque sécheresse :
modélisation des interactions sol-
structure**

HECK J.V.
Octobre 2007, 43 p.

**CONGRÈS, COLLOQUES,
CONFÉRENCES**

**CONSEC'07, Fifth International
Conference on Concrete under
Severe Conditions Environment
and Loading**

June 4-6, 2007,
Tours
Pierre PIMIENIA (membre du
comité scientifique)

**1st International Workshop on
Concrete Spalling due to Fire
Exposure**

3-5 September 2009,
Leipzig
Pierre PIMIENIA (membre du
comité scientifique)

**Ultra High Performance Fibre
Reinforced Concrete Designing
and Building with UHPFRC: State
of the art and development**

UHPFRC 2009 International
Workshop, 17-18 November,
2009, Marseille
Pierre PIMIENIA (membre du
comité scientifique)

**Sécheresse et constructions, SEC
2008 - Symposium international,
septembre 2008, Paris-Marne-la-
Vallée**

Ménad CHENAF (membre du
comité scientifique)

FEDSM2009, ASME 2009 Fluids
Engineering Division Summer
Meeting, August 2-5, 2009, Vail,
Colorado, USA
Sylvain AGUINAGA (relecteur)

**Protection contre le feu des
structures des tunnels par
plaques rapportées**

26 novembre
2009, Paris
Eric CESMAT, Pierre PIMIENIA
(organisateurs)

**Protection incendie par brouillard
d'eau**

Colloque français de
l'International Water Mist
Association (IWMA), CSTB-FFB, 3
décembre 2008, Archives
nationales de Pierrefitte-sur-Seine
Sylvain DESANGHERE
(organisateur)

REVUES SCIENTIFIQUES

Animation de revues, relecture régulière ou occasionnelle d'articles

REVUES INTERNATIONALES A COMITÉ DE LECTURE

Journal of Structural Fire Engineering

Dhionis DHIMA (membre du comité scientifique, relecteur)

Wood Material Science & Engineering

Stéphane HAMEURY (membre du comité scientifique)

Annals of Glaciology

Philippe DELPECH (relecteur)

Experiments in Fluids

Jean-Paul BOUCHET (relecteur)

Fire Safety Journal

Sylvain DESANGHERE (relecteur)

Journal of Fluid Mechanics

Olivier FLAMAND (relecteur, 2007)

Journal of Wind and Structures

Olivier FLAMAND (relecteur, 2007)

Journal of Wind engineering and industrial aerodynamics

Olivier FLAMAND (relecteur, 2007)

Journal of Sound and Vibration

Olivier FLAMAND (relecteur, 2008)

Journal of Fluids and Structures

Olivier FLAMAND (relecteur, 2010)

REVUES FRANÇAISES A COMITÉ DE LECTURE

Revue française de géotechnique

Jean-Vivien HECK (relecteur)

RÉSEAUX SCIENTIFIQUES**EFB - École française du béton**

Charles BALOCHE (membre du conseil scientifique)

AIV - Association de l'Ingénierie

du Vent (Belgique - France - Suisse)

Olivier Flamand (secrétaire)

AFPS - Association Française du Génie Parasismique, Groupe de travail "Guide relatif au diagnostic et au renforcement de bâtiments existants, aux séismes"
Ménad CHENAF (animateur)

AFPS-GERIS - Association Française du Génie Parasismique, Groupe de travail "Risque sismique : évaluation, prise en compte, gestion-plan d'actions"
Dorothee MARCHAND (membre)

CIB W014 - Fire

Eric CESMAT (membre)

DGPR - Direction générale de la prévention des risques, Groupe de travail prévention du risque sismique

Dorothee MARCHAND (membre)

IAFSS - The International Association of Fire Safety Science
Dhionis DHIMA (membre)

R2GC - Réseau de Recherche en Génie Civil

Olivier FLAMAND, Adrien COURBOIS, Gérard GRILLAUD (membres, participation à l'animation)

RILEM - Technical Committee "Physical properties and behaviour of High-Performance Concrete at high temperature" (TC 227-HPB)

Pierre PIMIENTA (président)

AFTES - Association française des tunnels et de l'espace souterrain
Nicolas TAILLEFER (membre)

PRIX, DISTINCTIONS

Prix Montgolfier de la Société pour l'encouragement de l'industrie nationale (SEIN), 2007
Olivier FLAMAND

2e prix ex-aequo Jeunes chercheurs "René Houpert" décerné par l'AUGC (2008)
Jean-Christophe MINDEGUIA

1^{er} prix du concours universitaire Excellence SMA 2010 (fondation SMABTP) décerné à Jean-Christophe MINDEGUIA pour sa thèse sur le comportement au feu des bétons

VALORISATION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

BREVETS

Composition pour fournir des fumées destinées à reproduire celles générées par un incendie réel - Procédé pour fabriquer une telle composition et récipient pour la contenir (déposé en 2010)
Inventeurs : Christophe LEMERLE, Sébastien MORAT
Déposant : CSTB

LOGICIELS

CIM'Feu Eurocode 2, Logiciel de vérification par calcul de la résistance au feu des structures en béton - Refonte du logiciel CIM'feu, dédié à la vérification au feu des éléments de structure en béton développé par les départements Sécurité, Structures et Feu (Jean-Vivien HECK, Ménad CHENAF, Philippe FROMY) et Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir (Bruno HILAIRE) du CSTB en collaboration avec CIMbéton en prévision de l'adaptation de la réglementation française au nouveau contexte des Eurocodes

ACTIVITÉS DE FORMATION

ACTIVITÉS D'ENCADREMENT

Thèses en cours

Impact des mouvements de terrain sur une structure type "maison individuelle".
Modélisation de l'interaction sol-structure pour l'évaluation de la vulnérabilité du bâti (soutenance prévue pour avril 2011)
 Quoc-Viet DO
 Université Paris-Est Marne-la-Vallée - Laboratoire de Modélisation et Simulation Multi Echelle (MODES)
 Encadrant CSTB : Jean-Vivien HECK

Panneaux en maçonnerie renforcés à l'aide de matériaux composites - approches de type calcul à la rupture et étude expérimentale (soutenance prévue pour avril 2011)
 Ramzi SAHLAOU
 École des Ponts ParisTech (ENPC) - UR Navier
 Encadrants CSTB : Jean-Vivien HECK, Céline FLORENCE, Philippe RIVILLON

Modélisation de l'interaction entre un brouillard d'eau et un foyer : application à la sécurité contre l'incendie en tunnel (2008-2011)
 Elisabeth BLANCHARD
 Université de Nancy - Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée (LEMTA)
 Encadrant CSTB : Eric CESMAT, Sylvain DESANGHERE

Étude par similitude de l'influence du vent sur les transferts de masse et d'énergie dans les bâtiments complexes (2008-2011)
 Nicolas LE ROUX
 Université de la Rochelle - Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment (LEPTIAB)
 Encadrant CSTB : Xavier FAURE

Analyses du comportement de rupteurs thermiques sous sollicitations sismiques (2008-2011)
 Thi-Tanh-Huyen NGUYEN

ENS Cachan - Laboratoire de mécanique et technologie (LMT)
 Encadrants CSTB : Philippe LEBLOND, Damien BAHON

Simulation expérimentale de la houle et du vent sur des éoliennes offshore flottantes (2009-2012)
 Adrien COURBOIS
 École centrale de Nantes
 Encadrant CSTB : Olivier FLAMAND

Modélisation numérique et expérimentale des phénomènes de givrage par accrétion de neige collante (2009-2012)
 Alexandro VIGANO
 Université de Poitiers
 Encadrant CSTB : Philippe DELPECH

Vulnérabilité des liaisons pour béton vis à vis des risques naturels ou accidentels : étude des ancrages chimiques d'armature dans le béton en situation d'incendie (2010-2013)
 Nicolas PINOTEAU
 Université de Cergy Pontoise
 Encadrants CSTB : Pierre PIMENTA, Thierry GUILLET

Thèses soutenues

Diagnostic et évaluation des risques incendie d'une construction et de sa mise en sécurité
 Julien CHORIER
 Université de Savoie, 2007
 Encadrants CSTB : Michel CURTAT, Philippe FROMY (examineurs)

Analyse probabiliste de la vulnérabilité sismique des bâtiments existants : application aux structures à portiques en béton armé
 Sami HAMZA
 Université Paris-Est Marne-la-Vallée, 2007
 Encadrant CSTB : Patrick DELMOTTE (examineur)

Comportement mécanique des chevilles de fixation sous sollicitations accidentelles type sismique
 Abdelghani SICHAIB
 Paris VI - Université Pierre et Marie Curie, 2007

Encadrant CSTB : Hocine BOUSSA (examineur)

Analyse et simulation des phénomènes de contact conforme et de rupture dans les structures en verre trempé
 Quy Dong. TO
 Université Paris-Est Marne-la-Vallée, 2007
 Encadrants CSTB : Michel COSSAVELLA, Adrian PANAIT (examineurs)

Contribution à l'étude des caractéristiques mécaniques des Bétons Auto-Plaçants et application à l'industrie de la préfabrication
 Alexandre Pineaud
 Université de Cergy Pontoise, 2007
 Encadrants CSTB : Philippe RIVILLON, Pierre PIMENTA (examineurs)

Étude du phénomène de galop des câbles inclinés secs appliquée aux haubans de pont : application au pont de l'Iroise
 Olivier BOUJARD
 Université de Nantes- Faculté des sciences et des techniques, 2008
 Encadrant CSTB : Gérard GRILLAUD (examineur)

Propagation d'ondes non linéaires en milieu complexe : application à la propagation en environnement urbain
 Thomas LEISSING
 Université Paris-Est Marne-la-Vallée - Laboratoire de Modélisation et Simulation Multi Echelle (MODES), 2009
 Encadrants CSTB : Philippe JEAN (co-directeur), Jérôme DEFRANCE

Contribution à l'étude de l'usage du brouillard d'eau dans la lutte contre les incendies en tunnel ventilé longitudinalement
 Raphaël MEYRAND
 Université de Poitiers - École nationale supérieure de mécanique et d'aéronautique (ENSMA) - Laboratoire de combustion et de détonique (LCD), 2009
 Encadrant CSTB : Eric CESMAT

Contribution expérimentale à la compréhension des risques d'instabilité thermique des bétons

Jean-Christophe MINDEGUIA
 Université de Pau et des Pays de l'Adour, Laboratoire de Sciences Appliquées au Génie Civil et Côtier (LASAGEC2), 2009
 Encadrant CSTB : Pierre PIMIANTA (examineur)

Approche expérimentale et modélisation numérique du comportement thermomécanique des assemblages de structure bois

Maxime AUDEBERT
 Université Blaise Pascal - Polytech' Clermont-Ferrand (CUST), 2010
 Encadrant CSTB : Dhionis DHIMA

Post-doctorat**Quantification des effets des redondances structurales sur les niveaux de sécurité (2007-2008)**

Sami HAMZA
 Encadrant CSTB : Patrick DELMOTTE

Accueil d'étudiants (stagiaires de niveau bac+5)**Comportement au séisme des bardages rapportés : conception du dispositif expérimental et de la méthode d'essais**

WESIERSKI V.
 Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur « Techniques de construction en bâtiment » du CNAM, 2007

Étude du comportement des éléments constitutifs des blocs de maçonnerie à haute température

KHOUYA O.
 Stage 4e année "Technologie et économie des matériaux", Université de Technologie de Troyes, 2009

Étude du comportement mécanique du béton à haute température

DIB A.
 Stage de fin d'études, INSA de Lyon, 2009

Étude du processus thermo-hydrrique intervenant dans le phénomène d'éclatement du béton soumis à de hautes températures

LOUBINOUX V.
 3e année, Sciences et génie des matériaux, Université Paris-Sud XI, 2007

Identification paramétrique du comportement acoustique d'une zone urbaine

MARTIN H.
 Master 2, Ingénierie mécanique et acoustique, Université du Maine - Le Mans, 2008

Nonlinear outdoor sound propagation: a numerical implementation and study using the nonlinear progressive wave equation

LEISSING T.
 Master's Thesis in the Master's programme in Sound and Vibration, Chalmers University of Technology, 2007

Projet de simulation numérique par la méthode des éléments finis : modélisation d'une éprouvette de béton lors d'un essai thermomécanique

LOUBINOUX V., HUET I.
 Stage de 3e année « Matériaux », Université Paris-Sud XI, 2007

Système de distribution d'air chaud mis en place sur des cheminées

PASCUAL N.
 Stage de fin d'études « Thermique-Energétique », École Polytechnique de l'Université de Nantes, 2007

Participation à des jurys académiques

Autres que ceux des doctorants accueillis au CSTB

Chaire de recherche industrielle CRSNG-Hydro-Québec-UQAC sur le givrage des réseaux électriques

(renouvellement en 2007)
 Philippe DELPECH (évaluateur)

Thèse de Mulumba KANEMA

TSHIMANGA, Influence des paramètres de formulation sur le

comportement à haute température des bétons, 2007, Université de Cergy-Pontoise Pierre PIMIANTA (examineur)

Thèse de Caroline DE SA, Étude hydro-mécanique et thermo-mécanique du béton : influence des gradients et des incompatibilités de déformation, 2007, ENS Cachan Pierre PIMIANTA (examineur)

Thèse de Hanaa FARES, Propriétés mécaniques et physico-chimiques de Bétons autoplaçants exposés à une température élevée, 2009, Université de Cergy-Pontoise Pierre PIMIANTA (examineur)

Thèse de Sullivan LECHÊNE, Étude expérimentale et numérique des rideaux d'eau pour la protection contre le rayonnement thermique, 2010, Université de Nancy, Université de Nancy - Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée (LEMTA) Sylvain DESANGHERE (examineur)

Thèse de The-Duong NGUYEN, Comportement au feu des maçonneries de briques en terre cuite. Approche expérimentale et modélisation du risque d'écaillage, 2009, Université de Marne la Vallée, MSME-MECA Jean-Vivien HECK (membre du jury)

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

Cours

Conception parasismique des bâtiments

Nicolas TAILLEFER
École des Ponts ParisTech (ENPC),
3e année Ingénieur
2010

Béton armé : application

Nicolas TAILLEFER
École Spéciale des Travaux Publics,
du Bâtiment et de l'Industrie
(ESTP), 2e année Ingénieur
spécialité Travaux publics
2010

Actions du vent sur les ouvrages, effets dynamiques

Olivier FLAMAND
IUP Saint Nazaire, Master 2 Génie
Civil et Infrastructures Portuaires
2007-2009

Les études pratiques du vent naturel

Olivier FLAMAND
École Centrale de Nantes,
Ingénieur 2e année, Mécanique
des Fluides & Energétique
2007-2010

Le risque vent : comment l'étudier, comment l'anticiper ?

Olivier FLAMAND
École centrale de Nantes, 2010

Projet de bâtiment résidentiel

Jean-Vivien HECK
École Spéciale des Travaux Publics,
du Bâtiment et de l'Industrie
(ESTP), 3e année option Structure
2007-2010 (32h/an)

Béton armé

Jean-Vivien HECK
École Spéciale des Travaux Publics,
du Bâtiment et de l'Industrie
(ESTP), 2e année
2007-2010 (72h/an)

Action du vent sur les constructions

Olivier FLAMAND
École des Mines de Nantes
2009-2010

1) Action du vent sur les constructions, 2) Actions dynamiques du vent sur les constructions

Olivier FLAMAND
Centre des Hautes Études de la
Construction (CHEC)
2009-2010 (6h/an)

Comportement au feu des constructions bois

Stéphane HAMEURY
École Nationale Supérieure des
Technologies et Industries du Bois
(ENSTIB), Master Architecture
2010 (4h)

Action du vent sur les constructions

Olivier FLAMAND, Gérard
GRILLAUD
École des Ponts ParisTech
Novembre 2009

Action du vent sur les constructions

Olivier FLAMAND
INSA de Rennes
Novembre 2009

Formation professionnelle

Les pathologies des fondations : du diagnostic aux réparations

Coordination : Ménad CHENAF
FPC CSTB, 2007-2010 (1 à 2x2j/an)

Comportement des structures en bois (Eurocode 5-1.2)

Dhionis DHIMA
Ponts Formation Edition,
Intervention au cours de la
formation "Eurocode
5 : conception et calcul des
structures en bois, application aux
bâtiments", 2007-2010 (2h/an)

Principes et pratique du calcul par éléments finis - exemple d'application à un bâtiment industriel en béton armé

Nicolas TAILLEFER
Ponts Formation Edition
Intervention au cours de la
formation "Principes et pratique
du calcul par éléments
finis : application Bâtiment", 2010
(2h)

Comportement des structures au feu

Dhionis DHIMA
Institut National des Sciences et
Techniques Nucléaires (INSTN),
2008-2010 (4h/an)

Réduction de la vulnérabilité des bâtiments aux inondations: mesures techniques

Jean-Luc SALAGNAC
Centre Interrégional Formation
Professionnelle (CIFP) de Tours,
Formation à destination des
agents administrations
déconcentrées, 2008 (4h)

La vulnérabilité des constructions aux risques

Jean-Luc SALAGNAC
Ponts Formation Edition,
Intervention au cours de la
formation "Prévention et gestion
des risques naturels - Construire
une politique locale de gestion",
2009-2010 (3h/an)

PARTENARIATS

CONVENTIONS-CADRE

LNBTP Haïti - Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics (Haïti)

NIST - National Institute of Standards and Technology (États-Unis)

Accord de collaboration scientifique signé en mai 2009 et portant sur la résistance au feu des structures, la modélisation feu, l'énergie et la qualité de l'air intérieur, les données environnementales.

SP - Technical Research Institute of Sweden (Suède)

Accord de coopération dont le but est d'optimiser les offres de service dans l'intérêt du secteur public ou d'autres intervenants : recherche & développement, activités d'essais et diffusion des connaissances.

COLLABORATIONS AUTOUR DE PROJETS DE RECHERCHE

Partenaires académiques

CORIA - COmplexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie, UMR 6614 Université de Rouen, INSA Rouen, CNRS (Alexis Coppalle)

ENPC-CERMES - École des Ponts ParisTech, UR Navier, CERMES (Centre d'Enseignement et de Recherche en Mécanique des Sols)

ENSMP - École des Mines ParisTech

École Polytechnique de Cracovie (Pologne)

ETH Zürich - Swiss Federal Institute of Technology (Suisse)

Imperial College London (Royaume-Uni)

LCD - Laboratoire de Combustion et de Détonique - UPR 9028, CNRS, ENSMA, Université de Poitiers

LEMETA - Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée, UMR 7563, CNRS, INPL, UHP

LMT Cachan - Laboratoire de mécanique et technologie, ENS Cachan

MSS-MAT - Laboratoire Mécanique des Sols, Structures et Matériaux, UMR 8579, École Centrale de Paris, CNRS

Politecnico di Milano (Italie)

TU Vienna - Vienna University of Technology (Autriche)

TUM - Technical University München (Allemagne)

UCBL-LGCIE - Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale, Site Bohr, EA 4126, Université Claude Bernard Lyon 1

UMLV - Université Paris Est Marne-la-Vallée

Université de Cergy Pontoise

Université de Coimbra (Portugal)

Université de Liège (Belgique)

University of Innsbruck (Autriche)

UP - Universidade do Porto (Portugal)

UPPA - Université de Pau et des Pays de l'Adour, Laboratoire de Sciences Appliquées au Génie Civil et Côtier (LASAGEC2)

Agences et opérateurs de recherche publics

BAM - Federal Institute for Materials Research and Testing (Allemagne)

BRGM - Bureau de recherches géologiques et minières

CEA - Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives

CETU - Centre d'études des tunnels

INERIS - Institut National de l'Environnement industriel et des Risques

INRS - Institut National de Recherche et de Sécurité

LCPC - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

NIST - National Institute of Standards and Technology (États-Unis)

SP - Technical Research Institute of Sweden (Suède)

VTT - Technical Research Centre of Finland (Finlande)

Centres de recherche industriels - Laboratoires privés

BRE - Building Research Establishment

HFA - Holzforschung Austria (Autriche)

Industriels

FIC - Freyssinet International & Cie

KNAUF

Lafarge

Placoplâtre (Saint Gobain)

PROMAT

Vinci Construction France

Maîtrise d'œuvre-Ingénierie

Dynamique Concept

Eiffage TP

NECS - Numerical Engineering & Consulting Services

RODIO J.

Associations, fondations

AFPS - Association Française du génie Parasismique

AQC - Agence Qualité Construction

Centres techniques

CTICM - Centre technique de l'industrie des constructions métalliques

UP6 - Université Pierre et Marie Curie - Paris 6

UPPA - Université de Pau et des Pays de l'Adour, Laboratoire de Sciences Appliquées au Génie Civil et Côtier (LASAGEC2)

ONERA - Office National d'Études et de Recherches Aéronautiques

SETEC TPI

UP - Universidade do Porto (Portugal)

**ACCUEIL DE DOCTORANTS,
CHERCHEURS, ÉTUDIANTS**

CNAM – Conservatoire national des arts et métiers

CUST - Polytech¹ Clermont-Ferrand

École centrale de Nantes

École des Mines de Douai

ENPC - École des Ponts ParisTech

ENS Cachan - Laboratoire de mécanique et technologie (LMT)

LEMTA - Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée, UMR 7563, CNRS, INPL, UHP

UMLV - Université Paris Est Marne-la-Vallée

Université de Cergy Pontoise

Université de la Rochelle - Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment (LEPTAB)

Université de Nancy - Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée (LEMTA)

Université de Nantes

Université de Poitiers

Université de Savoie

SOUTIEN AUX POLITIQUES PUBLIQUES

ÉVALUATION DE PROGRAMMES ET PROJETS DE RECHERCHE

AERES - Comité de visite du Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions (LMDC), EA 3027 INSA-UPS (2009)
Pierre PIMIEN (président du comité d'expert)

AERES - Comité de visite de l'Unité de Recherche en Sécurité des Réacteurs, Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (ISRN) (2010)
Pierre CARLOTTI (membre du comité d'expert)

Pôle de compétitivité Génie Civil Ecoconstruction (PGCE)
Philippe DELPECH (membre du comité de labellisation)

PARTICIPATION À L'EXPERTISE PUBLIQUE

MEEDDM

DHUP

Adaptation au sol des constructions (2008-2009)
Ménad CHENAF

Élaboration d'un guide des méthodes de renforcement pour le bâti existant en zone sismique (2008)
Ménad CHENAF

Maisons individuelles : impact financier de l'Eurocode 8 (2009)
Ménad CHENAF

Validation des guides maisons individuelles en métropole et aux Antilles (2008)
Ménad CHENAF

Vulnérabilité des espaces publics vis-à-vis d'actions terroristes, en regard de certains types d'ouvrages de bâtiment et de génie civil (2009)
Ménad CHENAF

Prise en compte des isolants biosourcés mis en place pour l'isolation intérieure et extérieure dans la prévention des incendies dans les habitations : réglementation et procédures d'essais à l'étranger (2010)
Pierre CARLOTTI

Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN)

Adaptation au sol des constructions – effets de la sécheresse sur le bâti de type maison individuelle (2010)
Jean-Vivien HECK

Direction générale de la prévention des risques (DGPR)

Guide PPRT - Plans de prévention des risques technologiques, Complément technique relatif à l'effet de surpression (2008)
Jean-Vivien HECK, Ménad CHENAF

AIDE À L'ÉLABORATION DE LA RÉGLEMENTATION

MEEDDM - DHUP

→ GEPP - Groupe d'Étude et de Proposition pour la Prévention du risque sismique en France, Bâtiments de catégorie d'importance II situés en zone de sismicité 2 - Dispositions constructives pour les éléments non structuraux (2008)
Jean-Vivien HECK

→ Eurocodes : analyse de la compatibilité des réglementations et description de solutions (2008)
Ménad CHENAF

Mission interministérielle pour la reconstruction d'Haïti

Étude d'une coopération en vue de l'adoption de codes de construction intégrant les règles parasismiques (juin 2010)
Nicolas TAILLEFER, Charles BALOCHE

Ministère de l'Intérieur – Direction de la sécurité civile
Révision de l'instruction technique 249 concernant les le comportement au feu des façades
Bernard HOGNON, Dhionis. DHIMA

CONTRIBUTION AU DÉBAT PUBLIC

Sensibilisation du grand public au risque sismique

Audition à l'assemblée nationale le 22 juillet 2010 dans le cadre du Groupe de travail "Prévention du risque sismique" de la Direction générale de la prévention des risques (DGPR)
Dorothee MARCHAND

PRODUITS D'INFORMATION

Outil de sensibilisation à la qualité parasismique des constructions destiné aux professionnels et au grand public afin d'améliorer la prise en compte du risque dès la conception d'un bâtiment
CD-Rom réalisé par le département Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB pour le compte du Conseil général des Alpes Maritimes.

> GESTION INTÉGRÉE DES RISQUES

Édito

Charlotte ABELE | Responsable du programme | charlotte.abele@cstb.fr

Sommaire

BILAN QUALITATIF	212
Axes et actions de recherche	213
1. Identification des risques encourus et générés par le bâti	213
1.1. Évacuation en cas d'incendie	213
1.2. Humidité	214
1.3. Changements climatiques et événements extrêmes	214
2. Évaluer les risques (analyse et quantification)	215
2.1. Sécurité incendie	216
2.2. Ouvrages bois : approche combinée expérimentation / simulation numérique	217
2.3. Durabilité et performance en œuvre	217
3. Maîtrise des risques : informer et proposer des moyens de prévention et de protection à coût acceptable	218
Contributeurs	220
BILAN QUANTITATIF	221

Les acteurs de la construction doivent assurer la gestion de risques de différents ordres : risques naturels et accidentels, risques sanitaires, risques domestiques, risques de malveillance, risques pour l'environnement, etc. Selon le type de risques et d'acteurs concernés, cette gestion sera orientée différemment : certains viseront le respect du cadre réglementaire, d'autres l'équilibre financier ou encore la sécurité des personnes.

La multiplicité des risques en jeu et l'impact des actions mises en place pour maîtriser un risque sur un ou plusieurs autres risques complexifient l'analyse à mener. Les questions suivantes illustrent cette complexité : quel est l'impact de l'amélioration des performances énergétiques sur la santé des occupants ? L'amélioration de la sécurité incendie influe-t-elle sur les facilités de maintenance ? Comment évaluer les risques liés aux solutions d'écoaménagement de bâtiments ou de quartiers ? Le facteur humain peut-il compromettre l'efficacité des outils de gestion ? Comment les jeux d'acteurs interviennent-ils et comment doivent-ils être pris en compte ?

Le mode de gestion de ces risques est un déterminant important de l'équilibre économique de la gestion du bâtiment, de l'image des acteurs, et du niveau de risque juridique lié à leur activité. Confrontés à une augmentation de leurs responsabilités, les maîtres d'ouvrages et les collectivités territoriales sont de plus en plus demandeurs d'outils de gestion intégrée leur permettant d'effectuer des choix éclairés, pour la gestion prévisionnelle et quotidienne des biens immobiliers ou faire face aux situations de crises. La puissance publique est également intéressée par cette approche, qui va dans le sens de l'accompagnement du transfert des risques vers les acteurs privés (transfert mis en place par de nombreuses réglementations) et de la réponse à des situations de crises sans solution apparente. La finalité du programme de recherche "Gestion intégrée des risques" (GIR) est de développer à l'échelle du bâtiment une approche innovante de gestion multirisque intégrant des préoccupations d'ordre technique, sanitaire, réglementaire, organisationnel, économique et sociologique en vue de faciliter et d'améliorer la prise de décision dans un souci de performance et de sécurité.

C'est dans ce contexte que le CSTB travaille à l'élaboration d'une offre pluridisciplinaire d'ingénierie de la gestion des risques liés au bâti, mobilisable en phase de conception, de construction et de maintenance. Pour cela, il s'appuie sur ses compétences et son expertise dans chacun des nombreux domaines techniques et méthodologiques concernés.

BILAN QUALITATIF

La gestion intégrée des risques, qui fait l'objet d'une littérature abondante, s'est concrétisée par le développement de nombreux outils, plus ou moins adaptés au monde du bâtiment. Ce programme de recherche a été à l'origine d'une réflexion sur la signification d'une gestion intégrée des risques à l'échelle du bâtiment, que ceux-ci interviennent en phase de conception, de construction, de maintenance, ou encore en cas de crise.

L'approche multirisque et pluridisciplinaire propre à la thématique de recherche s'est traduite dans les faits par la mobilisation de compétences multiples – que ce soit sur le plan technique ou économique et social –, pour mûrir cette réflexion et développer une offre globale de maîtrise des risques. Elle a notamment favorisé les échanges entre chercheurs et le partage de compétences.

La démarche globale adoptée visait à identifier, d'une part, les principaux risques auxquels les acteurs de la construction et les interlocuteurs du CSTB sont confrontés ainsi que les outils actuellement disponibles pour les gérer et, d'autre part, les risques générés par les produits afin d'évoluer vers une évaluation globale.

Le programme de recherche 2007-2010 a finalement été structuré en trois sous-programmes correspondant aux étapes successives de la démarche à adopter pour se rapprocher au mieux d'une gestion intégrée des risques :

- l'identification des risques encourus et générés par le bâti ;
- l'évaluation de ces risques (analyse et quantification) ;
- leur maîtrise (informer et proposer des moyens de prévention/protection à coût acceptable).

De ces trois étapes découle alors une stratégie de maîtrise des risques qui peut ensuite faire l'objet d'un apprentissage et d'une communication en continu afin d'améliorer le processus décisionnel et sa gestion (en particulier pour ce qui est de la prévention des risques).

Les actions de recherche qui ont contribué à chaque sous-programme ont principalement pris la forme de « briques », qu'elles soient technologiques, économiques ou sociales. Ainsi les travaux menés en ingénierie de la sécurité incendie ont permis de développer une première approche performantielle du risque incendie en prenant en compte différents facteurs aggravants. Par ailleurs,

plusieurs actions ont cherché à mettre en œuvre une analyse multirisque à l'échelle du produit ou du procédé. Par exemple l'action « Conception assistée par ordinateur » a abouti au développement d'un outil d'aide à l'analyse de risque et à sa capitalisation. Enfin des travaux menés sur l'appropriation du risque par les usagers et la communication des pouvoirs publics sur le sujet se sont traduits, entre autres, par l'élaboration d'un Cd-Rom ciblé sur la qualité parasismique des constructions dans le département des Alpes-Maritimes.

COLLABORATIONS

Enfin, deux partenariats structurants ont été noués dans le cadre du programme GIR.

Le premier avec l'institut technologique Forêt, cellulose, bois-construction et ameublement (FCBA). La convention de partenariat signée en 2008 a pour objet d'apporter un appui scientifique et technique à la filière. Elle a notamment permis la coordination des programmes de recherche des deux établissements et la promotion des procédures d'évaluation auprès des industries du bois.

Une autre convention de partenariat a été signée en 2009 avec l'École nationale des officiers sapeurs-pompiers (ENSOSP), organe du ministère de l'Intérieur ayant pour mission de dispenser les savoirs nécessaires à l'exercice de la profession. Elle prévoit l'appui du CSTB au développement de son programme de formation à l'ingénierie de la sécurité incendie et son intervention au cours de diverses sessions de formation.

AXES ET ACTIONS DE RECHERCHE

1. IDENTIFICATION DES RISQUES ENCOURUS ET GÉNÉRÉS PAR LE BÂTI

Ce sous-programme correspond à une étape centrée sur l'analyse et l'évaluation en amont de quelques risques particuliers, étape nécessaire pour intégrer par la suite ces travaux dans une approche globale. Ce sous-programme ne vise pas à traiter de manière exhaustive de l'ensemble des risques rencontrés dans le bâti mais bien à traiter quelques problématiques aux enjeux forts : sécurité des personnes, rénovation, santé, changement climatique, etc.

Les actions menées entre 2007 et 2010 ont porté sur la question de l'évacuation des personnes en situation d'incendie, sur les conséquences et les modes de remédiation face à un excès d'humidité et au développement de moisissures et enfin sur l'impact des conditions climatiques sur le cadre bâti et les solutions d'adaptation face à un climat futur différent.

1.1. ÉVACUATION EN CAS D'INCENDIE

Les travaux de recherche autour de cette thématique sont organisés autour de deux axes principaux : le mouvement des personnes en cas d'évacuation et la vision dans les fumées.

→ **Mouvement des personnes en cas d'évacuation**

Philippe FROMY, Bruno HILAIRE

Le CSTB a développé au milieu des années 1990 un logiciel de simulation du mouvement des personnes lors de l'évacuation d'un bâtiment à la suite d'un sinistre, SEVE-P. Ce logiciel est aujourd'hui utilisé dans le cadre d'études d'ingénierie du désenfumage des établissements recevant du public. Il complète l'étude de dimensionnement d'une solution de désenfumage effectuée à l'aide d'un logiciel de mécanique des fluides. Son utilisation et ses résultats participent de l'aide à la décision des choix techniques finaux. Par exemple, le calcul du délai d'évacuation de personnes situées en gradins hauts d'une salle de spectacle contribue à justifier la décision d'installer ou non un écran de cantonnement formant obstacle au passage de la fumée et permettant

ainsi d'allonger la durée pendant laquelle elles seront préservées de la fumée.

Le travail réalisé autour du logiciel a consisté, d'une part, à améliorer l'interface homme/machine dans un double objectif pour faciliter la mise en données et l'édition des résultats et, d'autre part, en une utilisation pratique sur le cas des stades. Des simulations du déplacement de plusieurs milliers de personnes ont permis de faire des propositions concrètes. Elles ont contribué à la rédaction du cahier des charges relatif « à la construction ou à la modification de grands établissements à exploitation multiple » dans le cadre des dispositions de l'article GN 4, paragraphe 2 du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (arrêté du 25 juin 1980 modifié).

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Modélisation, simulation et visualisation du comportement humain dans l'évacuation de bâtiments en situation d'incendie (2007-2010)

Julien VALENTIN – Université de Pau et des Pays de l'Adour, LIUPPA)

→ **Vision dans les fumées**

Samuel CARRÉ

Les travaux menés depuis 2007 dans cette action ont abouti à la définition d'une méthode de simulation permettant la prise en compte d'un milieu participant dynamique (la fumée) dans un modèle d'illumination global faisant intervenir des sources artificielles ponctuelles, surfaciques et naturelles.

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Simulateur pour l'étude de la visibilité dans les environnements enfumés (2007-2010)

Mickaël RIBARDIERE – Université de Rennes I, IFSIC

1.2. HUMIDITÉ

→ HUMIRISK – Renforcement de l'isolation dans l'existant – Évaluation des risques liés à l'humidité (2006-2010)

Projet ANR-PREBAT cofinancé par l'Ademe et la DHUP

Charlotte ABELE

Coordonné par le CSTB, et mené en partenariat avec plusieurs industriels et le Centre d'études techniques de l'équipement (CETE), le projet HUMIRISK visait à évaluer l'impact d'une rénovation énergétique (changement des fenêtres, isolation, renforcement de l'étanchéité, ventilation, etc.) sur l'humidité des logements.

La recherche s'est appuyée sur dix-sept projets de rénovation dans différentes régions de France. Chaque projet a fait l'objet d'un diagnostic avant travaux *via* des enquêtes (pour onze sites) et/ou une instrumentation (six sites). Les enquêtes ont porté sur le système constructif du bâtiment, l'état des logements (désordres apparents, état de la ventilation et des menuiseries, etc.) et sur le mode de vie des occupants. Elles ont été complétées, pour six sites, d'une instrumentation incluant l'enregistrement de la température et de l'humidité relative dans cinq pièces, la mesure de la perméabilité à l'air et un diagnostic par caméra infrarouge. La même démarche après travaux a abouti à une analyse de l'impact de la rénovation sur les transferts d'humidité à l'échelle de la paroi et du logement. L'ensemble de ces actions a permis de proposer des préconisations pour limiter les risques liés à l'humidité ainsi que les travaux à mener dans le futur pour améliorer le diagnostic des bâtiments anciens.

AUTRES PROJETS DE RECHERCHE AUTOUR DE L'HUMIDITÉ

→ Étude des moyens de lutte contre les moisissures dans les bâtiments : actions préventives et curatives (2008-2010)

Marjorie BOISSIER-DRAGHI

Les travaux menés dans cette action ont pour objets principaux l'étude et la compréhension des mécanismes mis en œuvre dans le développement des moisissures sur les supports d'une part, et l'évaluation de l'efficacité de traitements innovants et en particulier d'un enduit destiné à réduire la vulnérabilité des matériaux de construction vis-à-vis du développement des moisissures d'autre part.

Un *Guide de réhabilitation à destination des particuliers confrontés à des développements de*

moisissures dans leur logement a aussi été élaboré et publié en 2010.

→ Étude comparative des moyens de luttés contre les remontées capillaires dans les maçonneries (2008-2010)

François BOUTIN

Cette action vise, d'une part, à étudier l'aptitude des procédés de lutte contre les remontées capillaires dans les maçonneries en pierre et, d'autre part, à apprécier les conséquences de ces remèdes du point de vue de la dégradation des maçonneries dans les zones soumises à une diminution significative de leur teneur en eau. Ces travaux sont menés conjointement avec le Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH), le Cercle des partenaires du patrimoine (CPP) et la Fédération française du bâtiment (FFB).

→ Rénovation et humidité (2008-2010)

Charlotte ABELE

L'objectif de ces travaux est de pouvoir proposer à l'ensemble des acteurs d'un projet de réhabilitation (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, bureau d'études) un guide illustrant les bonnes pratiques afin d'aboutir à un programme de travaux de rénovation complet. Celui-ci fournira l'ensemble des informations pour se prémunir des risques liés à l'humidité : diagnostic, programme de travaux, mise en œuvre des solutions.

1.3. CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET ÉVÉNEMENTS EXTRÊMES

→ IC3B – Impacts du changement climatique sur le cadre bâti (2004-2010)

Jean-Luc SALAGNAC

Les travaux réalisés depuis 2004 dans le cadre de l'action IC3B (Impact du changement climatique et du cadre bâti) sont centrés sur le concept d'adaptation, complémentaire de celui d'atténuation (des émissions des gaz à effets de serre en vue de limiter, à terme, les évolutions climatiques), abordé dans plusieurs autres programmes de recherche. Les effets des mesures d'atténuation n'étant destinés à être perceptibles qu'à l'horizon temporel auquel une nouvelle donne climatique sera probablement perceptible, c'est la déclinaison du concept d'adaptation pour le cadre

bâti qui constitue l'axe structurant du projet. Son objectif concerne la limitation de la vulnérabilité du cadre bâti et de ses occupants face aux aléas naturels dans un contexte climatique modifié. Une attention particulière est portée à la cohérence des mesures d'adaptation et d'atténuation.

Le projet se structure autour des principaux aléas naturels actuellement identifiés pour le territoire métropolitain. Depuis les premiers travaux menés à l'échelle du bâtiment isolé (sécheresse, inondation notamment), la réflexion a évolué vers une approche à l'échelle urbaine, compte tenu de la relation intrinsèque aléa-territoire (cas de la canicule), ou de la conséquence de la concentration des enjeux dans les zones urbaines (inondation en particulier). Par ailleurs, il s'avère que l'approche technique initiale doit être appuyée par des compétences complémentaires (économie, psychologie environnementale) afin de mieux appréhender les conditions de la co-construction de consignes d'adaptation et du passage de ces consignes à tous les acteurs de la construction.

La réflexion menée dans le cadre d'IC3B s'appuie sur les résultats des projets de recherche portant sur le vent et les précipitations dans la région nantaise (projet CLIFURBAIN), les inondations (projets DGALN et SMARTeST), les effets de la canicule sur le confort et la consommation d'énergie en région parisienne (projets EPICEA, VURCA et MUSCADE) et ceux de la sécheresse sur le risque de subsidence des argiles (actions DGALN).

Cet ensemble de projets et les communications/publications les accompagnant assurent au CSTB une petite notoriété sur le sujet, notoriété qui le conduit à être appelé pour participer à des travaux collectifs comme la réflexion sur le coût des impacts et des mesures d'adaptation aux effets du changement climatique – pilotée par l'ONERC et le ministère en charge de l'Écologie et du Développement durable (actuel MEDDTL) –, qui se sont prolongés en 2010 par la préparation du plan national Adaptation.

AUTRES PROJETS DE RECHERCHE AUTOUR DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DES ÉVÉNEMENTS EXTRÊMES

- **VURCA** – Vulnérabilité urbaine aux épisodes caniculaires et stratégies d'adaptation (2009-2010)
Projet ANR
Jean-Luc SALAGNAC

- **EPICEA** – Étude pluridisciplinaire des impacts du changement climatique à l'échelle de l'agglomération parisienne (2008-2010)
Projet cofinancé par la ville de Paris
Jean-Luc SALAGNAC
- **CLIFURBAIN** – Climat futur urbain (cinquième volet du projet MEIGEVille) [2007-2011]
Projet cofinancé par la région des Pays de La Loire
Maeva SABRE, Christian SACRE
- **SMARTeST** – *Smart Resilience Technology, Systems and Tools* (2010-2012)
Projet cofinancé par l'Union européenne
Jean-Luc SALAGNAC
- **MUSCADE** – Modélisation urbaine et stratégies d'adaptation au changement climatique pour anticiper la demande et la production énergétique (2010-2012)
Projet ANR
Jean-Luc SALAGNAC

2. ÉVALUER LES RISQUES (ANALYSE ET QUANTIFICATION)

Ce sous-programme a pour objectif de développer les compétences et l'analyse technique à l'échelle de l'ouvrage ou du produit de construction en adoptant une approche multirisque. L'évaluation de l'impact d'un risque sur les fonctionnalités d'un système, et donc sur sa capacité à répondre à un autre risque, est également abordée ici.

Les recherches effectuées depuis 2007 sur ces problématiques ont mêlé approche multirisque et approche performantielle. D'importants travaux ont été menés pour apporter des réponses à la question de l'évaluation quantitative de la sécurité incendie des bâtiments et ce notamment dans le cadre du Programme national de recherche d'ingénierie de sécurité incendie (PN-ISI). Les projets menés en collaboration avec le FCBA autour des systèmes constructifs en bois ou mixtes sont quant à eux fondés sur une approche expérimentale, visant notamment à valider de nouveaux outils numériques. Enfin, un outil informatique d'analyse de risques fondé sur l'analyse des modes de défaillances et de leurs effets (AMDE) a également vu le jour.

2.1. SÉCURITÉ INCENDIE

→ PN-ISI – Programme national ingénierie sécurité incendie (2007-2011)

Projet RGCU coordonné par l'IREX (Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil)

Philippe FROMY

Le CSTB participe à ce programme de recherche appliquée de quatre ans mobilisant les principaux acteurs publics et privés du domaine pour développer les bases d'une approche dite performantielle comme alternative aux réglementations prescriptives en matière de sécurité contre l'incendie. Les travaux menés par le CSTB s'inscrivent plus particulièrement dans la thématique des outils permettant de prévoir le comportement des ouvrages.

Aujourd'hui en France, l'évaluation de la performance des stratégies de sécurité à déployer pour mettre un bâtiment en sécurité vis-à-vis de l'incendie repose sur une étude d'ingénierie en sécurité incendie. Cette étude a pour objectif l'estimation du risque incendie pour différentes stratégies et pour des scénarios d'incendies jugés pertinents. Pour réaliser cette estimation, le CSTB a mis au point un outil de simulation appelé SCHEMA-SI. Cet outil utilise des réseaux de Petri prédicat-transition différentiels orientés objets et des simulations de Monte-Carlo pour générer de multiples scénarios d'incendies. Ces scénarios sont ensuite utilisés pour évaluer le risque incendie encouru avec une stratégie de sécurité donnée. La stratégie est alors jugée d'autant plus performante que le risque incendie est faible.

L'objectif du travail de thèse d'Anne Muller-Gramling consiste à contribuer au développement d'une méthode d'analyse de risque incendie utilisant l'outil de simulation SCHEMA-SI. La réflexion a débuté par la définition de ce que devrait être cette méthode. À ce stade, il est apparu que l'une des difficultés à surmonter est celle de la mise en données du problème par un groupe d'acteurs impliqués dans la sécurité incendie d'un bâtiment donné. Pour résoudre cette difficulté, une méthode de modélisation spécifique a été construite. Cette méthode, baptisée ISI-Systema, repose sur deux fondements principaux :

- d'une part, un langage graphique de modélisation permettant au groupe d'acteurs de réfléchir à la mise en données du problème en s'appuyant sur une approche systémique ;
- d'autre part, une démarche de traduction des modèles graphiques obtenus avec le langage systémique en réseaux de Petri compatibles avec SCHEMA-SI.

Le PN-ISI a offert la possibilité de mettre en pratique cette approche au travers des cas concrets suivants :

- Étude de faisabilité d'une approche couplée par simulation physique du feu et simulation événementielle – Application à un hôtel

Cette étude a consisté à comparer l'effet de mesures de mise en sécurité de nature différente sur le niveau de sécurité incendie d'un hôtel. Elle a ainsi permis de calculer un niveau de sécurité et de comparer l'effet de mesures actives telles que le désenfumage de la circulation, la détection et l'alarme locale à l'aide d'un avertisseur sonore ; de mesures passives telles que les vitrages et les portes ; du comportement du personnel de sécurité et des clients.

- Application d'une approche stochastique hybride à la reconstitution d'un incendie récent

Le travail réalisé dans ce cadre a porté sur l'apport de la simulation numérique pour aider à la reconstitution d'un sinistre. Les résultats ont notamment montré que :

- 95 % des histoires plausibles sont obtenues lorsque la porte-fenêtre du studio n° 1 est fermée au début du sinistre et que la porte-fenêtre du studio n° 2 est à demi-ouverte ;
- toutes les histoires plausibles font intervenir un vent nul ;
- il apparaît que la puissance maximale du feu est restée limitée, comprise entre 1,5 et 2 MW. En comparant cette valeur aux données d'entrée (1 à 7 MW), on voit l'apport de l'approche utilisée sur ce point essentiel pour toute analyse de sinistre. La température maximale de la couche chaude dans le studio sinistré, de l'ordre de 400 °C, est compatible avec cette puissance maximale qui traduit une absence d'embrasement généralisé, ce que semble par ailleurs confirmer les observations ;
- enfin, la température moyenne des gaz dans la circulation horizontale commune, supérieure à 100 °C, a atteint une valeur suffisante pour causer des brûlures et en tout état de cause rendre l'évacuation de l'étage impossible.

- Application d'une approche stochastique hybride à l'évaluation de mesures de sécurité destinées à améliorer le niveau de sécurité d'un établissement accueillant des personnes âgées

Cette recherche a permis de quantifier l'impact de différentes mesures de mise en sécurité. Les résultats ont potentiellement un intérêt opérationnel pour le préventionniste confronté à la recherche de l'amélioration du niveau de sécurité des établissements existants. Ils lui permettent de mettre en perspective son point de vue d'expert en prévention, de hiérarchiser des mesures et enfin de proposer celles qui sont les plus efficaces, c'est-à-dire celles qui offrent le meilleur compromis sécurité/coût. L'utilisation pratique de cette approche semble appropriée pour les logements-foyers existants confrontés à l'amélioration de la sécurité pour un coût supportable.

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Développement de méthodes de diagnostic et d'évaluation de la sécurité incendie (2007-2010)

Anne MULLER-GRAMLING – Université de Haute Alsace, LGRE

2.2. OUVRAGES BOIS : APPROCHE COMBINÉE EXPÉRIMENTATION / SIMULATION NUMÉRIQUE

→ **Les solutions « bois » (2009-2010)**

Stéphane HAMEURY

Afin d'accompagner et de permettre une prise en compte des nouveaux produits à base de bois dans les filières de la construction, tout en conservant aux ouvrages leurs exigences essentielles (au sens de la Directive européenne « Produits de construction »), le CSTB s'est doté d'une mission « Bois et constructions durables ». Cette mission, à caractère transversal, s'appuie sur la recherche pour une intégration appropriée de l'ensemble des domaines fonctionnels et des risques rattachés aux ouvrages bois. La construction d'une méthodologie et des procédures de validation – fondées principalement sur une double approche d'expérimentation et de simulation numérique –, permettent d'étudier des phénomènes et des risques liés à la spécificité des constructions en bois jusqu'alors mal intégrés. Les travaux de recherche sont menés en partenariat étroit avec le FCBA.

→ **OPTI-MOB – Réduction des risques liés à l'humidité et aux transferts d'air dans les constructions à ossature bois (2008-2011)**

Projet ANR cofinancé par l'ADEME

Charlotte ABELE

Projet qui vise à analyser l'impact couplé de l'étanchéité à l'air et des transferts d'humidité sur le transfert de chaleur et le confort hygrothermique des locaux et à évaluer les risques de condensation et de dégradation du bâti. Le travail passe par une meilleure compréhension des transferts couplés air-vapeur d'eau-thermique qui s'appuie sur une double approche (numérique et expérimentale) appliquée à plusieurs échelles (bâtiment, composant, matériaux).

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

– **Hygrothermique du bâtiment : expérimentation sur une maison à ossature bois en conditions climatiques naturelles et modélisation numérique (2006-2009)**

Amandine PIOT – INSA Lyon, CETHIL

– **Humidité et bâtiment, vers une approche globale : du matériau au bâtiment en passant par l'enveloppe (2009-2010)**

Postdoctorat d'Amandine PIOT

– **Chaleur, humidité, air dans les maisons à ossature bois (2009-2012)**

Mathieu LABAT – INSA Lyon, CETHIL

– **Analyse probabiliste de la vulnérabilité sismique des maisons à ossature bois (2009-2012)**

Clément BOUDAUD – Université de Grenoble, Laboratoire 3S-R

2.3. DURABILITÉ ET PERFORMANCE EN ŒUVRE

→ **Outil de conception pérenne assistée par ordinateur**

Julien CHORIER, Julien HANS

L'outil Conception pérenne assistée par ordinateur (CPAO) développé par le CSTB permet de réaliser une analyse des modes de défaillances et de leurs effets (AMDE) appliquée aux produits de construction. Il vise également à servir de plateforme de partage des connaissances relatives aux produits et à leurs modes de dégradations.

L'AMDE est une démarche structurée qui permet, d'une part, d'acquérir une meilleure connaissance du comportement des produits tout au long de leur vie en œuvre et, d'autre part, de mettre au jour les modes de défaillances les plus critiques ainsi que leurs causes (« faiblesses » du produit et erreurs de conceptions).

Les résultats de telles analyses sont, pour un produit donné dans un environnement donné, l'enchaînement des dégradations qui conduit à la perte des fonctions principales du produit, présenté sous forme d'un tableau ou d'un graphe. Dans ce dernier cas, on parle également de graphe événementiel de défaillance (GED).

Néanmoins les limites de cette méthode ont été identifiées (projet DUREE) : la démarche est fastidieuse, elle nécessite l'encadrement d'un expert et ni la méthode ni les résultats obtenus ne sont réutilisables d'une étude à l'autre.

Le développement de l'outil CPAO vise à s'affranchir de ces limitations :

- en fournissant une interface intuitive permettant à un expert produit de réaliser seul une étude ;
- en permettant aux utilisateurs de partager leurs connaissances (matériaux, produits, dégradations, etc.) *via* des bases de données partagées.

Par ailleurs, la thèse de Manuel BAZZANA, débutée en janvier 2008 en parallèle de cette action de recherche, a permis de faire évoluer l'outil pour aboutir à une version enrichie grâce à un ensemble de données génériques – matériaux, modes de défaillances, etc. – de manière à faciliter la réalisation des études et à le rendre plus opérationnel.

AUTRES PROJETS DE RECHERCHE SUR LA DURABILITÉ DES OUVRAGES

- **DUREE – Étude de la durabilité de capteurs photovoltaïque, système de ventilation et double vitrage (2007-2009)**
Projet cofinancé par l'Ademe
Julien CHORIER, Julien HANS
- **Pérennité des performances AMDEC assistée par ordinateur pour évaluer les produits de construction (2008-2011)**
Programme doctoral
Manuel BAZZANA – Université de Savoie, LOCIE

3. MAÎTRISE DES RISQUES : INFORMER ET PROPOSER DES MOYENS DE PRÉVENTION ET DE PROTECTION À COÛT ACCEPTABLE

Ce dernier sous-programme vise, en s'appuyant sur la connaissance fine d'une situation de risque donnée (contexte, enjeux, solutions techniques, acteurs...), à définir des objectifs, proposer des options et ainsi établir une stratégie pour agir. L'action envisagée peut ensuite se traduire par des solutions de prévention ou par des solutions de protection.

Les travaux menés dans le cadre de l'action « Outils et méthodes pour la sensibilisation des acteurs à la prévention des risques naturels et accidentels dans le bâtiment » traitent la problématique de la sensibilisation des acteurs de la construction à la prévention des risques naturels et accidentels sous deux angles :

- les préconisations sur les thématiques pertinentes de risques dans le secteur de la construction ;
- les méthodes et outils adaptés à la diffusion d'une information ciblée vers les acteurs du bâtiment.

L'objectif était de dresser un état des thématiques rencontrées et d'analyser des démarches et outils d'information et de sensibilisation aux risques naturels et accidentels afin, notamment, de répondre aux questions des publics et des usages (démonstration, sensibilisation, formation au risque) ainsi que des acteurs les mieux à même de porter de telles initiatives.

L'analyse des conséquences des événements naturels ou accidentels met en évidence la méconnaissance initiale, de la part des victimes comme des acteurs de la prévention, du degré d'exposition aux risques auxquels ils sont soumis ainsi que leurs biens. Or, la connaissance des aléas et la prise en considération des risques dans les comportements individuels ou professionnels sont la première étape d'un processus de prévention. La rareté des phénomènes extrêmes et des catastrophes naturelles ou accidentelles entraîne, de fait, une perte de la culture du risque. Certains risques sont ainsi insuffisamment considérés dans les bâtiments susceptibles d'être affectés, et les règles de construction – au-delà de l'application stricte de la loi – peuvent être mal prises en compte.

Pour tenir compte de ce cadre, la faisabilité de services d'information dédiés aux problématiques de réduction de l'exposition au risque a été abordée : identification des risques potentiels, mesures et dispositions techniques, missions et responsabilités d'acteurs, réglementations en vigueur, contextes locaux, recensement de l'information existante, etc. Deux outils particuliers ont été finement analysés : un Cd-Rom réalisé par la DRIRE en région Haute-Normandie, et un autre ciblé sur la qualité parasismique des constructions dans le département des Alpes-Maritimes. Leur structuration logique est fondée sur l'explication du risque, les incidences sur le bâti et les bonnes pratiques de construction-prévention.

Les résultats de ces travaux montrent que les approches territoriales sont probablement les plus efficaces, car le risque comporte un fort ancrage géographique. Concernant les publics, il s'avère que la diffusion d'une culture du risque se justifie aussi bien auprès des professionnels qu'auprès des particuliers. Sur le plan des réalisations, l'élaboration des contenus multimédia reste une tâche très conséquente (nettement plus que la mise en forme ultérieure).

AUTRES PROJETS DE RECHERCHE SUR LA MAÎTRISE DES RISQUES

- **Outils et méthodes pour la sensibilisation des acteurs à la prévention des risques naturels et accidentels dans le bâtiment (2008)**
Saoussane CHAMI CAGLIERI
- **Outils de prévention-inondation. Comment et par qui sont utilisés les documents traitant du sujet ? (2008-2009)**
Projet cofinancé par la DHUP
Dorothée MARCHAND
- **Gestion intégrée des risques sanitaires et environnementaux : définition d'outils de prévention et de gestion de crises et modalités de leur appropriation par les acteurs (2009-2012)**
Programme doctoral
Joëlle-Dorcas LAFITTE – Université de Dijon

CONTRIBUTEURS

*Nota : les noms suivis d'une * sont ceux des personnes ayant quitté le CSTB*

Responsables des actions de recherche

ABELE Charlotte
BOISSIER-DRAGHI Marjorie
BOUTIN François
CARRE Samuel
CHAMI CAGLIERI Saoussane
CHORIER Julien
DELMOTTE Patrick
FROMY Philippe
HANS Julien
HECK Jean-Vivien
MARCHAND Dorothée
SABRE Maeva
SACRE Christian *
SALAGNAC Jean-Luc

Chercheurs associés

ABRAHAM Bernard
AKOUA Jean-Jacques
BALOCHE Charles
BONETTI Michel
BONHOMME Martial
BOUGEARD Philippe
BRIAND Emmanuel *
CHENAF Menad
CHEVALIER Jacques
COCHET Christian
DEMOUGE François
DESANGHERE Sylvain
DHIMA Dhionis
DUPONCHEL Xavier
FARKH Salem
FERY Augustine
FLORENCE Céline
FONTAN Jose
GUIGOU-CARTER Catherine
HAMEURY Stéphane
HILAIRE Bruno
HOGNON Bernard
JOURNI Haitham
LANCE Antoine
LEBERT Alexandra
LEBLOND Philippe
LEMERLE Christophe

LLORENTE Marie
MAUPETIT François
MEHL Céline
PELE Charles
POMPEO Claude
RIVILLON Philippe
ROBINE Enric
ROUDIL Nadine
RUOT Bertrand
SARRE Maryse
TAILLEFER Nicolas
VILLOT Michel
VINOT Benoit
WESIERSKI Valérie

Postdoctorants

PIOT Amandine (2009-2010)

Doctorants

BAZZANA Manuel (2008-2011)
BOUDAUD Clément (2009-2012)
COLOMBERT Morgane (2005-2008)
LABAT Mathieu (2009-2012)
LAFITTE Joëlle-Dorcas (2009-2012)
MULLER-GRAMLING Anne (2007-2010)
PIOT Amandine (2006-2009)
RIBARDIERE Mickaël (2007-2010)
VALENTIN Julien (2007-2010)

Personnel technique associé

LACAZE Isabelle
LAURENT Jérôme
PARDON Dominique

BILAN QUANTITATIF

PRODUCTION DE
CONNAISSANCES

PUBLICATIONS

Articles

∞ *Publiés dans une revue scientifique à comité de lecture*

Lessons from the 2003 heat wave: a French perspective

SALAGNAC J.L.
Building Research and Information, 35/4, June 2007, p. 450-457
[doi:10.1080/09613210601056554]

Communications

∞ *Dans des conférences internationales avec actes*

FMECA and Management of Building Components

TALON A., BOISSIER D., HANS J., LACASSE M.A., CHORIER J.
11DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, 11-14 May 2008, Istanbul, TUR, 9 p.

Canicule à Paris et changement climatique : approche pluridisciplinaire de la

vulnérabilité et de l'adaptation
LAUFFENBURGER M., DESPLAT J., KOUNKOU-ARNAUD R., SALAGNAC J.L., BIGORNE J., COLOMBERT M.
5e rencontre Géorisque, 3 février 2009, Montpellier, FRA, 13 p.

Projet EPICEA : étude pluridisciplinaire des impacts du changement climatique à l'échelle de l'agglomération parisienne

DESPLAT J., LAUFFENBURGER M., SALAGNAC J.L., KOUNKOU-ARNAUD R., LEMONSU A., COLOMBERT M., MASSON V.
5th Urban Research Symposium "Cities and climate change, responding to an urgent agenda", 28-30 June 2009, Marseille, FRA, 9 p.

Effects and implementation of measures aiming at impacting urban climate

COLOMBERT M., DIAB Y., SALAGNAC J.L., MORAND D.
8th Workshop and Meeting CIB W108 "Climate Change and the Built Environment", March 26-27, 2009, Milan, ITA, p. 34-41

Heat-wave in Paris and climate change: cross-disciplinary approach of vulnerability and adaptation

LAUFFENBURGER M., DESPLAT J., KOUNKOU-ARNAUD R., SALAGNAC J.L., BIGORNE J.
8th Workshop and Meeting CIB W108 "Climate Change and the Built Environment", March 26-27, 2009, Milan, ITA, p. 42-47

Mitigation of urban heat islands: urban planning, vegetation and materials

COLOMBERT M., DIAB Y., SALAGNAC J.L., MORAND D.
9th Highway and Urban Environment symposium, "Highway and Urban Environment", June 9-11, 2008, Madrid, ESP, 10 p.

Cadre bâti et changement climatique

SALAGNAC J.L.
Club ViTeCC 2009, Villes Territoires et Changement Climatique, 24 mars 2009, Nantes, FRA, 25 p.

Vers un diagnostic non destructif de l'état de conservation des documents graphiques : une nouvelle approche analytique intégrée de caractérisation du papier

DUPONT A.L., RAMALHO O., EGASSE C., LATUATTI-DERIEUX A.
Colloque SMPC - Sciences des matériaux du Patrimoine Culturel, 6-7 décembre 2007, Paris, FRA, 2p.

Climate change and built environment

SALAGNAC J.L.
EUROINFRA 2009, International ECCE Conference "Current State and Challenges for Sustainable Development of Infrastructure", October 15-16, 2009, Helsinki, FIN, 13 p.

The use of stochastic fire safety engineering tool for fire scene reconstruction

DEMOUGE F., FROMY P., MULLER A., JEGUIRIM M., VANTELON J.P., BRILHAC J.F.
Interflam2010, 12th International Fire Science & Engineering Conference, July 5-7, 2010, Nottingham, GBR, 12 p.

Capacity building and information quality

MARCHAND D., SALAGNAC J.L.
International Conference on Urban Flood Management "Road Map Towards a Flood Resilient Urban Environment", November 26-27, 2009, Paris, FRA, 7 p.

Amphibious buildings: an adaptation solution to flood?

SALAGNAC J.L.
International Conference on Urban Flood Management "Road Map Towards a Flood Resilient Urban Environment", November 26-27, 2009, Paris, FRA, 7 p.

Sécurité incendie : développement d'une approche de modélisation stochastique hybride

MULLER A., DEMOUGE F., FROMY P., BRILHAC J.F.
Lambda Mu 16, 16e congrès de maîtrise des risques et de sûreté de fonctionnement, 6-10 octobre 2008, Avignon, FRA, 7 p.

Contribution to the development of a systemic approach for building fire safety characterisation

MULLER A., JEGUIRIM M., BRILHAC J.F., DEMOUGE F., FROMY P.
Proceedings of the 7th Congress of the UES Systems Science European Union, "Systemic complexity for human development in the 21st century", December 17-19, 2008, Lisbon, PRT, Res-systemica, 7, n° spécial, 2008, 10 p.

Numerical simulation aided design of an experimental protocol

PIOT A., ABELE C., WOLOSZYN M., BRAU J.
NSB 2008 - 8th Symposium on Building Physics in the Nordic Countries, June 15-19, 2008, Copenhagen, DNK, 8 p.

Chapitres d'ouvrage collectif

Comportement mécanique de murs de contreventement en maçonneries : modèle de traction induite

MEBARKI A., BUI Q.H, SANCHEZ TIZAPA S., AMI SAADA R., DELMOTTE P.

Mébariki A., Genatios C., Lafuente M. (dir.) Risques naturels et technologiques. Aléas, vulnérabilité et fiabilité des constructions : vers une formulation probabiliste intégrée des risques. Apports récents de projets de coopération et recherche partenariat, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 2008, p. 65-83 [ISBN 978-2-85978-436-2]

Le bâti au coeur des enjeux du développement durable : entre logiques d'anticipation et d'adaptation

MARCHAND D.

Weiss K., Girandola F. (dir.) Psychologie et développement durable, In Press, septembre 2010, 19 p. [ISBN 978-2-84835-189-6]

Vulnérabilité et fiabilité des bâtis de maisons sur sols argileux

DO Q.V, MEBARKI A., HECK J.V, AMI SAADA R.

Mébariki A., Genatios C., Lafuente M. (dir.) Risques naturels et technologiques. Aléas, vulnérabilité et fiabilité des constructions : vers une formulation probabiliste intégrée des risques. Apports récents de projets de coopération et recherche partenariat, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 2008, p. 195-208 [ISBN 978-2-85978-436-2]

Vulnérabilité et fiabilité des constructions en maçonnerie sous l'effet des inondations

MEBARKI A., SALAGNAC J.L, VALENCIA N.

Mébariki A., Genatios C., Lafuente M. (dir.) Risques naturels et technologiques. Aléas, vulnérabilité et fiabilité des constructions : vers une formulation probabiliste intégrée des risques. Apports récents de projets de coopération et recherche partenariat, Presses de

l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 2008, p. 175-192 [ISBN 978-2-85978-436-2]

Guides

Transferts d'humidité à travers les parois : évaluer les risques de condensation, calcul des transports d'humidité et de chaleur, règles de mise en oeuvre associées

ABELE C. (coord.), avec la collab. de ABRAHAM B., SALAGNAC J.L., FONTAN J., QUENARD D., GILLIOT S., POMPEO C. CSTB, Coll. Guide technique 2009, 69 p. [ISBN 978-2-86891-416-3]

Rapports

Bilan des outils de prévention des inondations : évaluation des outils de réduction de la vulnérabilité des bâtiments en zone inondable ; une enquête menée en Languedoc-Roussillon et Ile de France

MARCHAND D, SALAGNAC J.L. juillet 2009, 40 p.

Les solutions bois dans la construction : les représentations et les significations symboliques associées aux constructions en bois

BONETTI M. décembre 2009, 24 p.

Performance-based codes and fire safety design: French case study

DEMOUGE F, FROMY P, HOGNON B, GIOVANNELLI G, CASALE E. March 2010, 67 p.

CONGRÈS, COLLOQUES, CONFÉRENCES

7th CIB W108 Meeting, Climate change and the Built

Environment, CSTB Nantes, 12-13 June 2008

Jean-Luc SALAGNAC (organisateur)

Ingénierie de la sécurité Incendie en France : Que savons-nous faire ?

Séminaire PN-ISI, 25 novembre 2008, Marseille

Philippe FROMY, François DEMOUGE (organisateurs)

Ingénierie du désenfumage,

Colloque CSTB-FFB, 10 septembre 2009, Paris

Philippe FROMY, François DEMOUGE (organisateurs)

11e journées du Groupement de Recherche (GDR) Incendie,

CSTB - Champs sur Marne, 17- 18 juin 2010

Philippe FROMY (organisateur)

Vulnerability, Risk and Complexity: Impacts of Global Change on Human Habitats,

21st IAPS (International Association of People Environment Studies)

Conference, 27th June-2nd July 2010, Leipzig

Dorothee MARCHAND

(Coordination of the symposium "How to build strategies of communication and involvement for population and stakeholders at risk")

Prescrire le bois dans les

bâtiments de demain, Colloque CSTB-FCBA-DHUP, juillet 2010,

Paris

Stéphane HAMEURY

(organisateur)

RÉSEAUX SCIENTIFIQUES

AFPCN - Association Française de Prévention des Catastrophes Naturelles

Jean-Luc SALAGNAC (membre)

CCROM - Comité Consultatif des Réseaux d'Observation Météorologique

Maeva SABRE, Christian SACRE (membres)

CIB W108 - Climate change and built environment

Jean-Luc SALAGNAC (coordinateur), Nicolas TAILLEFER, Maeva SABRE (membres)

CSM - Conseil Supérieur de la Météorologie, Groupes Environnement & Energie (EE) et Transport Terrestre & Génie Civil (TTGC)

Maeva SABRE (membre)

ENNP - European Network of National Platforms for disaster risk reduction (piloté par l'AFPCN)

Dorothee MARCHAND (membre depuis 2009, participation au programme d'échanges)

Groupement de recherche

"Incendie" (GdR CNRS 2864)

Philippe FROMY, François DEMOUGE, Sylvain DESANGHERE (participation)

IEA ECBCS Annex 41 "Whole Building Heat, Air and Moisture Response (MOIST-EN)" (2004-2008)

Charlotte ABELE, Daniel QUENARD (participation)

PNCC - Plan National d'Adaptation au changement climatique, Groupe de travail n°2 "Agriculture/Forêt - Energie - Infrastructures/Urbanisme/Cadre bâti - Tourisme" (2010)

Jean-Luc SALAGNAC (membre)

PNISI - Programme National Ingénierie Sécurité Incendie

Charle BALOCHE (directeur du Conseil scientifique et technique)

SMF - Société Météorologique de France

Jean-Luc SALAGNAC (membre)

ViTeCC - Club Villes, Territoires et Changement Climatique

Jean-Luc SALAGNAC (membre)

ACTIVITÉS DE FORMATION

ACTIVITÉS D'ENCADREMENT

Thèses en cours

Modélisation, simulation et visualisation du comportement humain dans l'évacuation de bâtiments en situation d'incendie (2007-2011)

Julien VALENTIN
Université de Pau et des Pays de l'Adour - Laboratoire d'Informatique de l'UPPA (LIUPPA)
Encadrant CSTB : Florent COUDRET

Pérennité des performances AMDEC assistée par ordinateur pour évaluer les produits de construction (2008-2011)

Manuel BAZZANA
Université de Savoie - Laboratoire Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement (LOCIE)
Encadrant CSTB : Julien HANS

Analyse probabiliste de la vulnérabilité sismique des maisons à ossature bois (2009-2012)

Clément BOUDAUD
Université de Grenoble - Laboratoire Sols, Solides, Structures - Risques (3S-R)
Encadrant CSTB : Stéphane HAMEURY

Chaleur, humidité, air dans les maisons à ossature bois (2009-2012)

Mathieu LABAT
INSA - Centre de Thermique de Lyon (Cethyl)
Encadrant CSTB : Claude POMPEO

La gestion de l'incertitude : exemple des syndromes collectifs inexpliqués (2009-2012)

Joëlle-Dorcas LAFITTE
Université de Dijon
Encadrant CSTB : Dorothée MARCHAND

Thèses soutenues

Intégration des enjeux du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville

Morgane COLOMBERT
Université Paris-Est Marne-la-Vallée - Laboratoire de Génie Urbain, Environnement et Habitat (LGUEH), 2008
Encadrant CSTB : Jean-Luc SALAGNAC (examinateur)

Hygrothermique du bâtiment : expérimentation sur une maison à ossature bois en conditions climatiques naturelles et modélisation numérique

Amandine PIOT
INSA Lyon - Centre de Thermique de Lyon (CETHIL), 2009
Encadrant CSTB : Daniel QUENARD (examinateur)

Simulateur pour l'étude de la visibilité dans les environnements enfumés

Mickaël RIBARDIERE
Université de Rennes I, Institut de Formation Supérieure en Informatique et Communication (IFSIC), 2010
Encadrant CSTB : Samuel CARRE

Développement d'une méthode pour évaluer la performance d'un système de sécurité incendie

Anne MULLER-GRAMLING
Université de Haute Alsace - Laboratoire de Gestion des Risques et Environnement (LGRE), 2010
Encadrant CSTB : Philippe FROMY (examinateur)

Post-doctorats

Impact du changement climatique sur l'environnement urbain : désagrégation de données météorologiques et effets du vent (2007-2008)

Nadia KITOVA
Encadrant CSTB : Maeva SABRE

Paris, quel climat demain ? (2008-2009)

Mireille LAUFFENBURGER
Encadrant CSTB : Jean-Luc SALAGNAC

Amélioration des connaissances des infiltrations d'air dans les maisons à ossature bois (2010-2011)

En collaboration avec le Fraunhofer IBP

Amandine PIOT
Encadrant CSTB : Daniel QUENARD

Participation à des jurys académiques

Autres que ceux des doctorants accueillis au CSTB

Thèse de Pierre ZURBRÜGG,

Simulation des phénomènes de dégradation d'éléments de construction : application d'une méthode basée sur la modification des performances de matériaux et la propagation des contraintes, 2010, École Polytechnique Fédérale de Lausanne
Julien HANS (rapporteur)

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT**Cours****Introduction à la climatologie**

Maeva SABRE
 École Centrale de Nantes, Master
 2 Sciences et Techniques des
 Environnements Urbains
 2003-2009 (4h/an)

Adaptation du cadre bâti au changement climatique

Jean-Luc SALAGNAC
 École d'Architecture de Paris
 Villemin (EAPV), élèves 4eannée
 2007 (4h)

Phénomènes physiques du feu

Philippe FROMY
 Université de Haute Alsace (UHA) -
 Laboratoire de gestion des risques
 et environnement, Master Risques
 et Environnement, Module
 ingénierie des risques incendies
 2007-2010 (12h/an)

Ateliers changement climatique

Jean-Luc SALAGNAC
 École des Ponts ParisTech (ENPC),
 Travaux dirigés
 2008 et 2010 (20h/an)

Formation professionnelle**Humidité dans l'habitat**

Coordination : Jean-Luc
 SALAGNAC,
 FPC CSTB, 2005-2010 (2x1à2j/an)

Les principales pathologies des bâtiments**contemporains : pourquoi ? comment les prévenir**

Coordinateur : Jean- Luc
 SALAGNAC
 FPC CSTB, 2000-2009 (3X4j/an)

Les fondamentaux de la réglementation incendie dans les ERP, les responsabilités juridiques

Interventions de Philippe FROMY
 sur "Les phénomènes du feu" et
 "Les grands principes de
 l'ingénierie incendie"
 FPC CSTB, 2007-2010 (2x2h/an)

Ingénierie de la sécurité incendie : prévention et retour d'expérience

Philippe FROMY
 École Nationale Supérieure des
 Officiers de Sapeurs Pompiers
 (ENSOSP), 2007-2010 (20h/an)

Formation à la lutte contre l'incendie (accès et intervention) : connaissances sur les phénomènes physiques du feu et simulation

Philippe FROMY
 École Départementale d'Incendie
 et de secours du département de
 l'Essonne (EDIS91), 2007-2010
 (12h/an)

Formation à la lutte contre l'incendie (accès et intervention) : connaissances sur les phénomènes physiques du feu et simulation

Philippe FROMY
 Service départemental d'incendie
 et de secours de l'Isère (SDIS38),
 2010 (12h)

PARTENARIATS

CONVENTIONS-CADRE DE PARTENARIATS

ENSOSP - École Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs Pompiers

Convention de partenariat a été signée qui prévoit l'appui du CSTB au développement du programme de formation à l'ingénierie de la sécurité incendie et l'intervention au cours de formations.

FCBA - Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement

Convention de partenariat de 2008 visant à apporter un appui scientifique et technique à la filière.

COLLABORATIONS AUTOUR DE PROJETS DE RECHERCHE

Partenaires académiques

CETHIL - Centre de Thermique de Lyon, UMR 5008, CNRS, INSA de Lyon, UCBL

Leesu - Laboratoire Eau, Environnement et Systèmes Urbains, UMR MA 102, École des Ponts ParisTech, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne, Université Paris-Est Marne-la-Vallée, AgroParisTech [Regroupement du CEREVE et du LGUEH]

LMF - Laboratoire de Mécanique des fluides, UMR 6598, CNRS-École Centrale de Nantes

Politecnico di Milano (Italie)

UNÎMES - Université de Nîmes

Université de La Rochelle-LEPTIAB - Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert, Instantanéité, Agro-ressources, Bâtiment, EA 4226

University of Manchester (Royaume-Uni)

Agences et opérateurs de recherche publics

CETE - Centres d'Études Techniques de l'Équipement

CNRM - Centre National de Recherches Météorologiques, Météo France

LCPC - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

MEEDDM-DGALN - Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature

MEEDDM-DGPR - Direction générale de la prévention des risques

Industriels

Aldes - Atelier Lyonnais D'Emboutissage Spécial

EDF R&D

Isover (Saint-Gobain)

Ossabois

Associations, fondations

AFPCN - Association Française pour la Prévention des catastrophes naturelles

Centres techniques

FCBA - Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement

Synervia

ACCUEIL DE DOCTORANTS, CHERCHEURS, ÉTUDIANTS

3S-R - Sols, Solides, Structures - Risques, UMR 5521, CNRS, Université Joseph Fourier, INPG

CUST - Polytech' Clermont-Ferrand

ENSA Toulouse-LRA - Laboratoire de recherche en architecture, École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse

ESIP - École Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers

IRISA - Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires, équipe Bunraku

Leesu - Laboratoire Eau, Environnement et Systèmes Urbains, UMR MA 102, École des Ponts ParisTech, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne, Université Paris-Est Marne-la-Vallée, AgroParisTech [Regroupement du CEREVE et du LGUEH]

UHA-LGRE - Laboratoire de Gestion des Risques et Environnement, Université de Haute-Alsace

UNÎMES - Université de Nîmes

SOUTIEN AUX POLITIQUES PUBLIQUES

PARTICIPATION À L'EXPERTISE PUBLIQUE

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group II special report
Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX)
Jean-Luc SALAGNAC (relecteur, 2010-2011)

MEEDDM - DHUP

→ Inondations (2008-2010)
- Élaboration d'une doctrine sur les constructions en zone inondable
- Réflexion sur l'adaptation à leurs objectifs des outils de réduction de la vulnérabilité aux inondations
- Prévention des dommages causés par les inondations
Jean-Luc SALAGNAC, Dorothée MARCHAND

→ Solutions "bois" et construction durable (2009)
Stéphane HAMEURY

MEEDDM - Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC)

→ Rapport de l'ONERC
"Changement climatique : Coûts des impacts et pistes d'adaptation", La Documentation française, 2009, ISBN: 978-2-11-007803-2
Jean-Luc SALAGNAC (relecteur)

→ Groupe de travail interministériel sur l'évaluation des impacts du changement climatique, du coût des dommages et des mesures d'adaptation en France, Groupes "Risques naturels et assurances" (2007-2008) et "Infrastructures de transport et cadre bâti" (2008-2009)
Jean-Luc SALAGNAC, Haitham JOURNI

→ PNAAC - Plan national d'adaptation au changement climatique, Groupe de travail n°2 "Agriculture/Forêt - Energie -

Infrastructures/Urbanisme/Cadre bâti - Tourisme"
Jean-Luc SALAGNAC

Ministère de l'Intérieur – Comité d'Études et Classification des Matériaux vis-à-vis de l'Incendie (CECMI)

Groupe de travail du sur la prise en compte de la toxicité des effluents du feu
Martial BONHOMME

Ministère de l'Intérieur – Direction de la sécurité civile

Groupe de travail sur l'utilisation de dispositifs d'aspersion automatique par brouillard d'eau dans les bâtiments
Philippe FROMY, Sylvain DESANGHERE, Bernard HOGNON (participation)

WHO Department of Public Health and Environment

Synthesis report on Health and Climate Change mitigation in five key economic sectors
Jean-Luc SALAGNAC (Reviewer of the chapter on the housing sector)

AIDE À L'ÉLABORATION DE LA RÉGLEMENTATION

MEEDDM - DHUP

→ Levée des freins réglementaires et normatifs à l'usage du bois dans la construction (2009)
Stéphane HAMEURY

→ Lutte contre les termites : élaboration de règles techniques de construction (2009)
Stéphane HAMEURY

Ministère de l'Intérieur

→ Groupe de travail sur le règlement de sécurité dans les ERP et les IGH
Bernard HOGNON (participation)

→ Commission Centrale de sécurité des ERP en charge de donner un avis sur toutes les questions relatives à la protection contre l'incendie et la panique dans les ERP et IGH et obligatoirement consultée sur les projets de modification du règlement de sécurité
Bernard HOGNON (représentant du CSTB)

CONTRIBUTION AU DÉBAT PUBLIC

Interview suite à tempête/inondation Xynthia (conseils d'interventions post-événement)

France Info 02/03/2010
Jean-Luc SALAGNAC



4 | Construction et évolutions sociétales

- > QUALITÉ DES AMBIANCES ET DES USAGES
- > EFFICACITÉ DU PROCESS CONSTRUCTION ET GESTION

> QUALITÉ DES AMBIANCES ET DES USAGES

Édito

Jérôme DEFANCE | Responsable du programme | jerome.defrance@cstb.fr

Sommaire

BILAN QUALITATIF 232

I. Bilan par sous-programme 234

1. Qualité des ambiances urbaines 234

1.1. Prévion et réduction des bruits environnementaux 234

1.2. Confort multicritère du piéton 235

1.3. Confort urbain au vent 235

2. Qualité des ambiances intérieures 236

2.1. Les vibrations environnementales et leurs effets sur les bâtiments et les personnes 236

2.2. Performance acoustique des systèmes du bâtiment 237

2.3. Perception sensorielle dans les lieux d'habitation 238

2.4. Confort des grands volumes 239

3. Qualité des usages 240

II. Présentation détaillée de deux actions phare 242

1. Les TICs pour de nouveaux services à domicile 242

2. Confort des grands volumes 246

Contributeurs 249

BILAN QUANTITATIF 250

Dans un contexte d'une très grande diversité de bâtiments en service, qu'il s'agisse d'immeubles tertiaires ou de logements, l'évolution des modes de vie et l'allongement de la durée de vie se traduisent par de nouvelles demandes en matière de confort et de performances des lieux d'habitat, mais aussi de qualité des ambiances extérieures aux abords des bâtiments. La réponse à ces demandes de confort s'est concrétisée à la fois par le développement de nouveaux produits, de réseaux et prestations portés par des opérateurs de service puissants. La période récente a vu émerger des demandes en matière de confort thermique d'hiver et d'été, de protection contre les bruits extérieurs puis intérieurs, de confort visuel et aérothermique, d'éclairage performant, de qualité de l'air intérieur mais aussi de qualité et de confort des espaces urbains extérieurs comme les jardins, les parcs et les places urbaines. Enfin ce sont les réseaux de communication, les réseaux informatiques, les systèmes de sécurité qui se sont développés dans le tertiaire puis dans le logement.

Afin de répondre à cette évolution sociétale et aux attentes correspondantes, le programme de Recherche "Qualité des ambiances et des usages" (QAU) s'articule autour de trois grandes finalités :

- mettre en place les scénarios prospectifs d'évolution pouvant avoir un impact majeur sur les demandes en matière de confort, performances et usage des bâtiments en service ainsi que le confort des espaces urbains de vie, au vu des enjeux et des mutations sociologiques ;
- identifier les évolutions des nouvelles solutions techniques, notamment celles s'inscrivant dans un cadre de développement durable ;
- développer les méthodes et outils de diagnostic, de prévision et d'évaluation pouvant être utilisés pour améliorer en continu les ambiances, performances et usages des bâtiments en service et le confort des espaces extérieurs environnants.

BILAN QUALITATIF

Au cours de la période 2007-2010, pour répondre aux enjeux décrits ci-contre, les travaux se sont organisés autour des axes suivants :

- le développement de **modèles avancés** : concernant notamment la prévision de la propagation du bruit en milieu extérieur, l'évaluation des vibrations environnementales dans le bâtiment, la modélisation des matériaux poreux ainsi que des murs à isolation répartie de type briques, ou encore visant à optimiser les techniques de chauffage et de climatisation par une approche perceptive et sensorielle ;
- le développement de **méthodes normalisées et de bancs d'essais** : tels que le modèle propre aux vibrations environnementales dans le bâtiment, la méthode sur les vitrages isolants comme projet de norme européenne ou le banc d'essai de la mesure du coefficient de diffusion acoustique à l'échelle réelle ;
- la **conception d'outils** : notamment d'outils capables de déterminer des solutions techniques visant à améliorer conjointement les aspects de confort thermique et acoustique, ou encore supportant des services d'aide au maintien à domicile des personnes âgées en utilisant des systèmes domotiques intelligents ;
- la recherche de **solutions innovantes** : comme la mise au point de systèmes novateurs antibruit dédiés aux transports terrestres, ou le développement de la *framework* CSTBox qui est un environnement logiciel permettant l'assemblage d'applications mettant en œuvre des dispositifs de capture hétérogènes et des traitements spécifiques de données issues de capteurs intégrés au bâtiment ;
- les **approches multicritères** : il s'agit notamment des ambiances extérieures urbaines et du confort interne des grands volumes, avec prise en compte simultanée de différents aspects physiques (acoustique, éclairage, thermique, aéraulique, olfactif, etc.).

STRUCTURATION DU PROGRAMME

Le programme QAU est organisé autour de trois axes, ou sous-programmes, chacun se déclinant autour d'un ou de plusieurs grands thèmes de recherche :

1. Qualité des ambiances urbaines
 - Prévision et réduction des bruits environnementaux dans l'espace bâti
 - Confort multicritère du piéton dans la ville
2. Qualité des ambiances intérieures
 - Vibrations environnementales et leurs effets sur les bâtiments et les personnes
 - Performance acoustique des systèmes du bâtiment
 - Perception sensorielle dans les lieux d'habitation
 - Confort multicritère des grands volumes
3. Qualité des usages dans le bâtiment
 - TICs pour de nouveaux services à domicile

PRINCIPAUX RÉSULTATS ET FAITS MARQUANTS

Confort multicritère du piéton :

- élaboration d'une méthodologie d'évaluation multicritère du confort du citoyen (acoustique, éclairage, climato-aéraulique, pollution de l'air) avec enquêtes de terrain, qui pourra être proposée par le CSTB aux collectivités territoriales, urbanistes et maîtres d'ouvrage impliqués dans des opérations d'aménagements urbains ;
- Création d'un système ambulatoire discret de type « homme orchestre » regroupant tous les instruments de mesure de caractérisation physique d'un lieu précis, a été créé en vue d'évaluer la perception des ambiances au cœur des villes.

Confort urbain au vent : application réussie de la vélocimétrie Laser par image de particules (PIV [*Particulate Image Velocimetry*]) pour mesurer les champs aérodynamiques.

Vibrations : développement de modèles sophistiqués de prévision d'indicateurs vibratoires avec une relation à la gêne.

Confort des grands volumes : inventaire complet des critères et méthodes existants, et application sur des scénarios représentatifs

Perception sensorielle : mise en évidence que la réponse électrodermale est un indicateur pertinent quant à l'étude du goût et de l'odeur de l'eau.

Les TICs comme nouveaux services à domicile : extraction des modèles de comportements de l'utilisateur à partir de chronologies d'événements produites par une instrumentation ambiante et

multiforme du cadre de vie (phase d'observation) et la détection des comportements à partir de ces modèles (phase de suivi) ; création d'un *framework* logiciel flexible permettant le développement d'applications multidomaines et l'intégration à volonté de matériels quelconques.

Ces résultats ont notamment été valorisés à travers la participation à de nombreux congrès scientifiques.

PRINCIPALES COLLABORATIONS

Pour le domaine de l'**acoustique environnementale**, les liens avec un grand nombre de partenaires européens ont été soit initiés, soit renforcés. Il s'agit aussi bien de partenaires universitaires (TNO, Open University, universités de Bradford, Sheffield, Chalmers, Ghent, Bologne, etc.) que de partenaires industriels (A-Tech, Müller-BBM, Arsenal, etc.) ou de collectivités locales (villes d'Oslo, de Stockholm, etc.). Pour ce qui est des partenariats français, il s'agit d'établissements avec qui nous collaborons depuis longtemps tels que le LCPC, le LRPC de Strasbourg, l'INRETS, l'ENTPE, le SETRA, le CETE de Lyon, le Grand Lyon, la SNCF, RFF, Acoucité...

Dans le domaine de l'**acoustique intérieure**, une collaboration très étroite a pu être établie avec le professeur Jeon, un des leaders mondiaux du domaine de la diffusion sonore, de l'université de Hanyang en Corée. D'autre part, la thèse co-encadrée avec l'université de Liège en Belgique sur la mesure de la diffusion sonore *in situ* a instauré des liens durables entre experts. La participation active du CSTB au groupe de normalisation ISO TC43/SC2/WG25 a permis au CSTB de nouer des contacts avec les chercheurs les plus impliqués dans le domaine de la diffusion comme Peter d'Antonio (États-Unis) ou Trevor Cox (Royaume-Uni). Enfin, grâce à la participation régulière aux réunions du groupe de normalisation de la S30D, l'expertise du CSTB est affirmée par ses contributions et éveille l'intérêt des partenaires comme par exemple l'INRS concernant les méthodes de prévision propres au CSTB.

Quant au thème des **vibrations environnementales**, les collaborations françaises ont eu lieu avec la SNCF, la RATP ainsi que SATEBA (fabricants de traverses), ACOUPHEN (BE). Pour les partenariats européens, il s'agit des grandes compagnies ferroviaires européennes telles que DB et SSB, de laboratoires universitaires comme l'ISVR et Chalmers University, et de constructeurs de véhicules tels Alstom et Bombardier.

Pour l'expertise sur la **performance acoustique des systèmes du bâtiment**, les partenaires privilégiés au niveau national sont le FCBA et CERQUAL et les industriels du secteur (projet commun en cours). Au niveau européen, le CSTB est coordinateur dans ce domaine du COST FP0702 (coordination des recherches nationales en Europe) et participe activement au groupe de travail européen (CEN/TC126/WG2) pour la mise en place d'un modèle de prévision européen de performances d'ouvrage pour les bâtiments à structure légère.

La mise en œuvre dans les codes d'éléments finis d'une modélisation des matériaux poreux dans leur complexité (systèmes à deux phases couplées solide et fluide) a été menée en partenariat avec le GAUS, groupe d'acoustique de l'université de Sherbrooke au Canada, pionnier dans ce domaine.

Concernant le thème de **perception sensorielle**, les principaux partenaires dans le cadre de la thèse d'Armelle Bigouret sont le laboratoire de recherche de Chanel CERIES et l'Institut des nanotechnologies de Lyon (INL). Dans le cadre de la recherche sur le goût et l'odeur de l'eau, un rapprochement avec l'équipe d'analyse sensorielle de l'ONIRIS (Philippe Courcoux) a permis au CSTB d'obtenir un soutien technique (sous la forme de sous-traitance) quant à l'exploitation statistique de ses données.

Pour le domaine de l'**usage** du bâtiment, des collaborations ont été établies avec le laboratoire des sciences de l'information et des systèmes (LSIS) de l'université Saint-Jérôme de Marseille (thèse de Laura Pomponio), le CNRS et EDF dans le cadre du projet ANR ENERGIHAB, ainsi que l'INRIA, la société OSMOSE et la communauté d'agglomérations de Sophia-Antipolis dans le cadre du projet PACALabs.

SUPPORT AUX POLITIQUES PUBLIQUES

Dans le cadre d'une convention CSTB-DHUP faisant intervenir un certain nombre de domaines techniques et scientifiques propres au bâtiment et à la ville (thermique, acoustique, structure, feu, etc.), les priorités fixées conjointement par les directions de la DHUP et du CSTB ont permis à ce dernier de travailler sur deux projets importants pour la période 2008-2009 :

- Le projet « ESA 2007 », concernant la mise à jour du document DHUP « Exemples de solutions acoustiques » ;
- Le projet « NRA 99 », visant à mener une réflexion sur la modification de la réglementation acoustique française.

BILAN PAR SOUS-PROGRAMME

Pour chacun des trois sous-programmes, on présente ci-après un bilan global en s'arrêtant particulièrement sur trois points : l'intérêt de la thématique ; une présentation des principaux résultats ; des conclusions et perspectives.

1. QUALITÉ DES AMBIANCES URBAINES

Les travaux propres à la qualité des ambiances urbaines s'articulent autour de deux grands thèmes de recherche :

- la prévision et la réduction des bruits environnementaux dans l'espace bâti ;
- le confort multicritère du piéton dans la ville.

Ces deux thèmes s'inscrivent dans le contexte de ce début de ^{xxi} siècle où près de 75 % de la population européenne et plus de 50 % de la population mondiale (chiffres 2007) vivent en zone urbaine. La problématique de l'amélioration de la qualité de vie dans les villes prend donc toute son importance, d'autant qu'elle fait partie de la notion de développement durable désormais incontournable. Il est ainsi nécessaire d'avoir aujourd'hui une approche globale et multicritère de la qualité des ambiances en milieu urbain afin de confronter les contraintes et aménagements positifs de chaque domaine spécifique.

Parallèlement à cette urbanisation en masse, la recherche de tranquillité pousse parfois les « citadins » à s'éloigner des zones fortement urbanisées et à utiliser les infrastructures pour se rendre sur leur lieu de travail ; le terme *citadin* se voit donc élargi. Les petits bourgs et villages se développent par l'arrivée de personnes à la recherche d'une qualité de vie optimale. Les territoires moins urbanisés sont ainsi, eux aussi, à la recherche d'une amélioration de la qualité des ambiances, notamment par la réduction des bruits environnementaux – on sait qu'environ 40 % des Français se disent gênés par le bruit (transports ou voisinage).

1.1. PRÉVISION ET RÉDUCTION DES BRUITS ENVIRONNEMENTAUX

Les travaux concernant la prévision et la réduction des bruits environnementaux, et notamment ceux

des transports terrestres, s'inscrivent au sein de trois projets de recherche :

- Le projet **PREDIT IMPACT** portant sur le développement de nouvelles solutions d'écrans antibruit destinés au fret ferroviaire en milieu urbain, est mené en collaboration avec la SNCF. Les solutions les écrans de faible hauteur et les écrans à couronnement multi-diffracteur. Une base de données d'efficacité acoustique, pour un ensemble de configurations types, a été créée et intégrée dans un outil d'aide à la décision, livré à l'ADEME.
- Le projet **HOSANNA** (*HOListic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means*), entrepris dans le cadre du programme « Transport » du 7^e PCRD, a pour objectif principal de proposer des solutions de réduction des nuisances sonores dues aux transports terrestres en combinant des moyens naturels (végétation, terre, roches) et des moyens artificiels (dont des matériaux recyclés). Le CSTB a pour tâche principale le développement et l'évaluation de la performance de protections antibruit innovantes. Un état de l'art a été rédigé. D'ici à l'achèvement du projet fin 2012, la tâche du CSTB consistera à développer un outil holistique permettant de prendre en compte les effets cumulés de réduction du bruit par des moyens naturels.
- Le projet **QUIESST** (*QUIetening the Environment for a Sustainable Surface Transport*), entrepris lui aussi dans le cadre du programme « Transport » du 7^e PCRD, a pour principaux objectifs l'amélioration des méthodes de caractérisation acoustique des protections antibruit simples ou complexes, l'optimisation de leur design (formes, matériaux, systèmes absorbants, mise en oeuvre sur site) ainsi que de leur caractère durable dans l'environnement urbain et périurbain, avec comme application le routier et le ferroviaire. Le CSTB a pour tâche principale de coupler les modèles de propagation acoustique et d'optimisation multicritères tels les algorithmes génétiques. Un état de l'art a été rédigé. Le travail restant d'ici à la fin du projet en 2012 consiste à mener des optimisations holistiques d'écrans à partir de la connaissance de performances acoustiques (département « Acoustique et Éclairage » [DAE] du CSTB) mais aussi non

acoustiques (département « Énergie – Santé – Environnement » [DESE])

D'autres projets concernant la **prévision et la réduction des bruits environnementaux** doivent débuter en 2011, comme le projet PREDIT CITEDYNE (Cité et transports : évaluation dynamique des émissions), sur la prévision simultanée des nuisances sonores, des rejets de NOx et de particules par les moyens de transports terrestres en ville et de la facture énergétique associée, cela à l'échelle d'un petit quartier.

1.2. CONFORT MULTICRITÈRE DU PIÉTON

En ce qui concerne l'action de recherche sur le confort multicritère du piéton, un premier travail a consisté à effectuer un état de l'art des méthodes existantes d'évaluation du confort du citadin pour chaque domaine physique concerné (acoustique, éclairage, climato-aéraulique, pollution de l'air) avec des réflexions sur les indicateurs existants. Parallèlement, une réflexion psychosociale a été réalisée sur les notions de gêne, de confort et d'inconfort (démarche de conceptualisation du confort urbain).

Des simulations et des expérimentations ont été menées, pour chacune des cinq disciplines, sur deux places : la Place Monge à Paris et la Grand-Place à Boulogne-Billancourt. En parallèle, des questionnaires ont été construits. Après amélioration de l'ensemble de l'expérimentation, deux journées d'expérimentation communes aux différentes disciplines « physiques » couplées aux enquêtes psychosociales ont été programmées en 2010. Les échanges autour des systèmes de mesures physiques ont permis d'identifier les limites techniques actuelles des systèmes respectifs (encombrement et conditions de mesure).

Les travaux actuels doivent être complétés par le développement d'un outil opérationnel d'évaluation multicritère des nuisances et de la perception en milieu urbain : cet outil de recherche appliquée et d'évaluation, issu des trois années de recherche sur le thème, sera une opportunité pour la mise en place d'une nouvelle offre de prestation du CSTB auprès des collectivités locales et territoriales. Il sera l'illustration d'une prise en compte globale d'un espace par une analyse multicritère grâce à un travail transversal des experts du CSTB. Les deux journées d'expérimentation de 2010 nous ont permis

d'affiner la méthodologie d'analyse et d'envisager un système d'enregistrement multicritère (type homme-orchestre imperceptible). Celui-ci sera cependant à tester et à valider sur plusieurs espaces pour en vérifier l'efficacité.

1.3. CONFORT URBAIN AU VENT

Dans le cadre des activités d'expertise, les analyses de confort piétonnier sont de plus en plus fréquentes. Ces analyses se font actuellement à partir de campagnes de mesure en soufflerie atmosphérique. Autour de l'environnement cible, des mesures discrètes de vitesse et d'intensité turbulente permettent de remonter à un indice de confort. Il s'agit d'un nombre sans dimension indiquant une dégradation ou une amélioration de la somme des deux grandeurs liées à la présence du bâtiment.

Un premier axe de recherche a concerné en 2009 les moyens expérimentaux. Il s'agissait de mieux cibler les plages d'actions des capteurs aujourd'hui en place et de développer des nouvelles techniques expérimentales à partir de mesures thermiques au niveau du sol permettant une évaluation spatiale continue. Ces approches ont montré des résultats qualitativement intéressants. Les comparaisons quantitatives ne peuvent se faire qu'en « calibrant » les coefficients d'échange convectif à la notion de confort. Ces éléments ont été complétés en 2010 par des mesures supplémentaires utilisant d'autres moyens : la PIV et la détermination des champs de vitesse par code de champ.

RÉCAPITULATIF DES PROJETS DE RECHERCHE AUTOUR DE LA QUALITÉ DES AMBIANCES URBAINES

- **Évaluation multicritère des nuisances et de la perception en milieu urbain (2008-2010)**
Marine BAULAC
- **Confort urbain au vent (2009-2010)**
Xavier FAURE
- **SONVERT – Réduire le bruit des voitures par l'analyse des sources sonores (2005-2008)**
Projet Predit cofinancé par l'Ademe
Philippe JEAN

- **IMPACT** – Impact des protections antibruit complexes destinées au transport ferroviaire de marchandises en zone urbaine (2007-2010)
Projet Predit cofinancé par l'Ademe
Marine BAULAC
- **PROPICE** – Préservation et réhabilitation optimisées du patrimoine existant d'infrastructures sous fortes contraintes de circulation, d'environnement et des riverains (minimiser les gênes des chantiers) (2006-2009)
Projet ANR cofinancé par l'Ademe
Marc BOURDEAU
- **HOSANNA** – HOlistic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means (2009-2012)
Projet cofinancé par l'Union européenne
Jérôme DEFRANCE
- **QUIESST** – QUIetening the Environment for a Sustainable Surface Transport (2009-2012)
Projet cofinancé par l'Union européenne
Jérôme DEFRANCE
- **Étude du confort thermique ressenti de l'homme dans son environnement climatique** (2006-2009)
Programme doctoral
Fabrice DE OLIVEIRA
- **Aspects psychologiques et sociologiques du bruit en milieu urbain** (2008-2011)
Programme doctoral
Solène MARRY
- **Réduction du bruit des transports terrestres par des moyens naturels** (2009-2012)
Programme doctoral
Faouzi KOUSSA

2. QUALITÉ DES AMBIANCES INTÉRIEURES

Les travaux propres à la qualité des ambiances intérieures s'articulent autour de quatre grands thèmes de recherche :

- les vibrations environnementales et leurs effets sur les bâtiments et les personnes ;
- la performance acoustique des systèmes du bâtiment ;
- la perception sensorielle dans les lieux d'habitation ;
- le confort multicritère des grands volumes.

2.1. LES VIBRATIONS ENVIRONNEMENTALES ET LEURS EFFETS SUR LES BÂTIMENTS ET LES PERSONNES

Le cadre réglementaire et normatif français relatif aux vibrations environnementales et à leurs effets sur les bâtiments et les personnes, est pauvre par rapport à celui d'autres pays européens tels que l'Allemagne ou le Royaume-Uni. Les phénomènes sont plus complexes que pour le bruit, et la profession (en France comme dans les autres pays européens) manque d'outils de prévision et de dimensionnement. Le CSTB est expert en mesure et en modélisation des vibrations (département DAE), a des compétences relatives à l'effet des vibrations sur les structures (département DSSF [Sécurité – Structures – Feu]) et relatives à l'effet des vibrations sur les personnes (département DESH [Économie et Sciences Humaines]) ; il doit donc jouer un rôle moteur dans ce domaine.

Principaux résultats

Une première thèse avec la RATP (2006-2008, Guillaume Coquel) a permis de développer un modèle simplifié d'estimation du bruit sol-dien intérieur rayonné par les structures vibrantes d'un bâtiment. Puis, dans une deuxième thèse CSTB (2009-2011, Pierre Ropars), une approche source-récepteur a été développée, la source comprenant le sol et les fondations du bâtiment, et le récepteur la superstructure du bâtiment. Le logiciel sol/structure MEFISSTO permet d'étudier la source et l'interaction du sol avec différents types de fondation. L'approche source-récepteur permet alors une connexion avec tous types de superstructure de bâtiment, modélisé par tous types d'approche (par ondes, énergétique ou par éléments finis classiques). Cela a permis d'intégrer aux modèles de calcul l'estimation des indicateurs d'exposition vibratoire.

Tous les résultats ont été validés en vibrations ferroviaires et sont déjà utilisés en expertise (étude SNCF « EOLE ») ou projet de recherche (Predit VIBSOLFRET avec la SNCF). L'approche source-récepteur a été appliquée à l'étude de l'effet des vibrations de chantier sur les bâtiments, le département DAE caractérisant la source et le DSSF calculant la réponse de la superstructure ; une validation est en cours sur un bâtiment du CSTB de Champs-sur-Marne. Enfin, le CSTB participe activement au groupe de travail AFNOR S30MI sur les indicateurs vibratoires.

Perspectives

Le CSTB est partenaire du projet européen RIVAS (dont le démarrage est prévu en 2011) sur l'atténuation des vibrations ferroviaires à la source, avec des tâches prévues pour DAE et DESH concernant les effets sur les riverains. Un projet PREDIT, en cours d'évaluation, porte sur l'application de l'approche source-récepteur à l'insertion de dispositifs d'atténuation des vibrations dans les bâtiments entre fondations et superstructure. Pour ce qui est des approches numériques, le développement d'un module 3D du logiciel MEFISSTO permettrait de traiter le problème des fondations de type pieux. Enfin, un projet de thèse (2011-2014) porte sur l'aspect probabiliste de la propagation des vibrations dans le sol et de l'interaction sol-structures (encadrement avec l'université de Marne-la-Vallée).

2.2. PERFORMANCE ACOUSTIQUE DES SYSTÈMES DU BÂTIMENT

Concernant ce thème, on doit se souvenir qu'environ 40 % des Français s'estiment gênés par le bruit à leur domicile (bruit extérieur, bruit intérieur). De par le développement de la préfabrication d'éléments de bâtiments (bâtiments à structures légères à ossature bois ou métallique), les demandes en matière de confort acoustique sont de plus en plus nombreuses. La prévision de la performance acoustique de ce type de bâtiments à structures légères est une tâche importante qui s'appuie sur une demande forte de la profession au niveau national et européen. Ainsi cette action de recherche vise à faire progresser la notion de confort acoustique avec les exigences de sobriété énergétique et de développement durable, par la mise en œuvre d'outils de prévision et d'évaluation de la performance acoustique des systèmes du bâtiment. Un des objectifs est d'avoir à disposition un laboratoire acoustique virtuel pour étendre les

résultats du LABE (laboratoire européen d'acoustique du bâtiment du CSTB), de faire du prédimensionnement avec des essais qui y sont menés, et d'optimiser les produits/systèmes par rapport à d'autres contraintes. La contrainte liée à l'amélioration énergétique des bâtiments est particulièrement forte et les logiciels/méthodes de prévision acoustique doivent s'adapter rapidement pour évaluer plus spécifiquement les performances acoustiques des traitements/systèmes thermiques (en vue de leur amélioration).

Principaux résultats

Le cas des rupteurs thermiques a notamment été étudié en vue de modéliser par éléments finis la perte vibratoire de jonction à prendre en compte dans la prévision de la performance acoustique des bâtiments. Des solutions liées à la problématique des systèmes de type fonds de coffrage et flocage permettant d'assurer une isolation thermique entre locaux non chauffés (garage par exemple) et locaux chauffés (logements) ont été examinées ; il a été démontré qu'une amélioration de la performance acoustique est possible si l'isolation thermique est partiellement découplée de la dalle support. Ces travaux ont mené à implanter dans les codes d'éléments finis une modélisation des matériaux poreux dans leur complexité (systèmes à deux phases couplées solide et fluide) plutôt que d'utiliser des approches simplifiées. En parallèle, les paramètres importants des matériaux poreux pour l'amélioration du confort acoustique dans le bâti ont été identifiés et des méthodes de caractérisation de ces paramètres, pouvant être mises en place au LABE, ont été examinées. Un modèle de prévision de la performance acoustique des entrées d'air utilisées notamment dans le système de renouvellement d'air simple flux, a été validé expérimentalement. Des mesures ont été réalisées sur site sur des systèmes à double flux pour évaluer leur performance acoustique.

L'étude des murs à isolation répartie (briques) en soutien avec les travaux d'une thèse (2008-2010) a permis de développer un outil de prévision sur la base des éléments finis ainsi qu'une approche simplifiée sur la base d'un matériau équivalent représentant les briques, et de mieux comprendre de la sorte les phénomènes influant sur la performance acoustique. De nouveaux types de briques pourraient être développés permettant d'améliorer les performances acoustique et thermique. La problématique de l'impact acoustique d'équipements de bâtiment extérieurs au bâtiment, sur des personnes se situant soit à l'extérieur, soit à l'intérieur du même ou d'un autre bâtiment et prenant en compte les aspects

de pollution acoustique et vibratoire a également commencé à être traitée. La caractérisation acoustique et vibratoire de ces sources est une nécessité, tout comme la prise en compte de ces deux aspects dans les modèles de prévision.

Perspectives

La problématique des basses fréquences (50-100 Hz) doit être abordée tant au niveau des mesures que de la prévision dans le cadre du GT européen (CEN/TC126/WG2) travaillant pour la mise en place d'un modèle de prévision européen de performances d'ouvrage pour les bâtiments à structure légère. D'autre part, dans le but d'analyser l'adéquation entre les niveaux de performance requis par la réglementation acoustique et la gêne ressentie par les occupants, une enquête visant à faire le point sur les différents indices acoustiques et niveaux réglementaires dans plusieurs pays européens a été entreprise et sera complétée par un bilan des études publiées tentant de corrélérer la gêne acoustique avec des indices acoustiques et d'autres indicateurs.

2.3. PERCEPTION SENSORIELLE DANS LES LIEUX D'HABITATION

Pour ce qui est de la perception sensorielle, l'action de recherche se fonde sur l'étude innovante de l'interaction entre la perception sensorielle des individus et les caractéristiques physiques des lieux (habitat, bâtiment industriel, transport et habitacle de véhicule, etc.). Elle s'appuie sur les récentes découvertes en neurosciences, en neurophysiologie et sur les approches multidisciplinaires faisant appel à la physique des phénomènes étudiés. L'intérêt de cette action est de présenter une méthodologie d'évaluation du ressenti de l'homme par l'introduction d'indicateurs objectifs liés à la réaction physiologique issue de l'interaction entre les sens (perception thermique, goût, odeur, vision et toucher) et la stimulation physique (ou physico-chimique). Les travaux se sont focalisés sur le confort et la sensation thermique, ainsi que le goût et l'odeur de l'eau dans l'habitat.

Principaux résultats

Les premiers résultats portent sur la pertinence des indicateurs objectifs (température du visage par région par méthode caméra IR) pour évaluer la sensation thermique par rapport aux modèles thermiques classiques (construits sur la base d'une population de référence et par conséquent non

individualisable). Les travaux de la thèse d'Armelle Bigouret confirment ce premier résultat et poussent la démarche plus loin par l'étude et la modélisation du confort ressenti. Les indicateurs cutanés mis en œuvre ont aussi permis de mieux appréhender l'impact de l'environnement sur la peau (première interface entre l'homme et son environnement climatique). Cette analyse a été l'occasion de construire une nouvelle expertise qui peut intéresser des secteurs d'activité tels que la cosmétique et l'industrie du textile.

L'autre atout de cette action de recherche est de profiter des avancés scientifiques de l'équipe Capteurs Biomédicaux, de l'INL tant au niveau de la thèse d'Armelle Bigouret qu'au niveau de l'étude du goût et de l'odeur de l'eau. Dans le cadre de ce dernier partenariat, un transfert de compétence quant à l'analyse des indicateurs physiologiques en lien avec l'activité du système nerveux autonome a permis de construire une nouvelle compétence. Celle-ci vise à étudier la réactivité émotionnelle pour l'étude de la perception du goût et de l'odeur. Initiée en 2007, cette action de recherche a permis de mettre en évidence que la réponse électrodermale est un indicateur pertinent quant à l'étude du goût et de l'odeur de l'eau. Afin de confirmer définitivement ce résultat, mais aussi pour compléter l'approche, sa confrontation avec une évaluation des seuils de perception obtenus à partir d'un olfactomètre doit être réalisée fin 2010.

Perspectives

Les premières perspectives correspondent à la mise en œuvre de méthodes issues de cette action de recherche pour l'étude du confort dans les « habitacles ». Une prise de contact avec l'équipe « Perceptions et facteurs humains » de PSA *via* l'équipe de DAE (Samuel Carré) est en cours. L'objectif est de :

- 1 – Construire une méthode d'évaluation complète (mesure, évaluation de la charge thermique et évaluation sensorielle objective du ressenti thermique) dédiée aux environnements hyper-hétérogènes rencontrés dans les habitacles
- 2 – Proposer une intégration « capteur/analyse de données » permettant d'alimenter le système de contrôle de l'environnement thermique afin d'optimiser le confort de l'habitacle (individualisation du confort thermique)
- 3 – Développer des compétences sur l'aspect du confort visuel lors de la conduite (mesure de l'activité oculaire, etc.)

Une autre perspective vise à construire une méthode d'objectivation des seuils de perception

olfactive qui pourrait affiner et proposer une alternative à la méthode actuellement utilisée dans la norme, fondée sur l'olfactomètre seul. Pour finir, une action transversale interdépartement sur la perception sensorielle (cinq sens + perception thermique) pourrait être engagée au CSTB en intégrant des partenariats extérieurs (spécialiste en neurophysiologie, neuropsychologie, capteurs biomédicaux, etc.) afin de repositionner la perception de l'homme au centre de son environnement.

2.4. CONFORT DES GRANDS VOLUMES

Le travail effectué sur ce thème se propose de définir des indicateurs multicritères permettant d'évaluer le confort global de grands volumes tels que les halls, atriums, bureaux *open space* ou salles de spectacle. Cette approche transversale originale répond à de nouvelles demandes croissantes de confort holistique dans les bâtiments en service, notamment liée à des modes de vie et de travail en forte évolution.

Principaux résultats

Le premier résultat obtenu pour l'ensemble des domaines étudiés est la rédaction d'un inventaire des critères et méthodes existants pour évaluer le confort des grands volumes fermés. Leur utilité a été testée pour la transversalité entre les domaines. De nombreux autres résultats de recherche ont été acquis ou sont en cours de réalisation. En acoustique, un banc d'essai de la mesure du coefficient de diffusion à l'échelle réelle selon la norme ISO 17479-2 est en cours de validation, et des coefficients de dispersion précis ont pu être mesurés et publiés selon la norme ISO 17479-1.

Une méthode de simulation de la diffusion sur la base du lancer de particules a été développée. Pour la partie éclairage, les travaux réalisés ont permis de développer des méthodes de simulation beaucoup plus adaptées à la configuration des grands volumes (méthode du suivi de chemin). En outre, l'algorithme du lancer de rayon, très sollicité par cette méthode de simulation, a été adapté à la problématique des grands espaces. Dans le domaine de la thermo-aéraulique, des approches expérimentales (trois campagnes au total avec un partenaire industriel) et numériques ont été analysées et développées. Des approches analytiques ont également été développées sur les régimes de ventilation par déplacement et mixée, et les effets du vent également analysés. Certains travaux expérimentaux ont été menés *via* une

approche de similitude dégradée dans laquelle les cibles sont des variables globales (taux de renouvellement d'air, gradient thermique).

Enfin, dans le domaine des façades légères, des règles de conception ont été définies afin d'assurer la fiabilité et la durabilité des stores intégrés dans les lames d'air, une méthode expérimentale a été mise en place pour caractériser les performances des façades de type respirant, et un outil numérique a été développé permettant de définir les températures atteintes dans les différentes couches des façades multiparois en fonction des différentes configurations.

Perspectives

L'effort concernant l'ensemble des différents domaines scientifiques mobilisés par cette thématique doit se poursuivre : pour l'acoustique, les recherches portent sur les méthodes de mesure de la diffusion *in situ* ainsi que les méthodes de simulation d'une acoustique active. Le CSTB doit en effet être prêt à accompagner le MEDDMM dans le cadre d'une future réglementation propre aux bureaux. D'autre part, les connaissances acquises doivent être rapidement intégrées dans les logiciels de prévision sonore du CSTB afin de rester compétitif en acoustique des salles. Pour les façades légères, il faut travailler sur la concaténation des méthodes pour obtenir un dimensionnement global de la façade intégrant un maximum de configurations. En ce qui concerne l'éclairage, les travaux à venir visent à définir un mode d'intégration du module (entrées/sorties, bibliothèque de fonctions, etc.) dans un outil d'optimisation holistique. Finalement, plus globalement, il manque certains résultats significatifs sur la confrontation croisée des différents domaines pour une seule scène commune étudiée.

PROJETS DE RECHERCHE AUTOUR DE LA QUALITÉ DES AMBIANCES INTÉRIEURES

- **Outils de prévision et d'évaluation de la performance acoustique des systèmes du bâtiment (2008-2010)**
Catherine GUIGOU-CARTER
- **Perception sensorielle du goût et de l'odeur dans l'habitat : croisement des paramètres physiques, physiologiques et psychologiques (2008-2010)**
Fabrice DE OLIVEIRA

- **Vibrations et bruits solidiens dans les bâtiments** (2008-2010)
Michel VILLOT
- **Confort des grands volumes** (2009-2010)
Isabelle SCHMICH
- **PARABAS** – Développement de doubles parois avec performance acoustique renforcée en basses fréquences par l'intermédiaire du contrôle actif (2007-2009)
Projet cofinancé par l'ANR
Catherine GUIGOU-CARTER
- **RIVAS** – *Railway Induced Vibrations Abatement Solutions* (2010-2013)
Projet cofinancé par l'Union européenne
Michel VILLOT
- **ESA 2007** – Mise à jour du document DHUP « Exemples de solutions acoustiques » (2008-2009)
Projet cofinancé par la DHUP
Catherine GUIGOU-CARTER
- **NRA 99** – Réflexion sur la modification de la réglementation acoustique française (2008-2009)
Projet cofinancé par la DHUP
Michel VILLOT
- **Identification des critères de peau en relation avec le ressenti thermique (plaisir et bien-être), les bénéfiques (protection) et le rendu visuel en fonction des sollicitations climatiques** (2008-2011)
Programme doctoral
Armelle BIGOURET
- **Propagation des vibrations dans les bâtiments** (2008-2011)
Programme doctoral
Pierre ROPARS
- **Projet PARABAS** (2008-2009)
Programme doctoral (P-doc)
Azzedine SITEL
- **Méthodes d'aide à la conception et à l'évaluation de l'efficacité d'un système de réverbération active** (2009-2012)
Programme doctoral
Jérémy ROUCH
- **Développement d'une méthode de mesure in situ de la diffusion acoustique** (2010-2012)
Programme doctoral
Philippe CAMUS

- **Nouveaux développements de CARMENCITA** (2009-2010)
Programme doctoral (P-doc)
Delphine DEVALLEZ

3. QUALITÉ DES USAGES

Les recherches liées à la qualité des usages constituent une prolongation des travaux initiés par le projet GerHome (2004-2007), portant sur l'exploration de solutions au problème du maintien à domicile de personnes âgées. Les problèmes majeurs posés par ce genre d'application touchent à :

- l'instrumentation ambiante et non intrusive du logement (et plus généralement du cadre de vie) afin de collecter un ensemble d'indicateurs suffisant pour le suivi des habitudes de vie ;
- la reconnaissance des activités fondamentales sélectionnées comme traceurs de l'état de santé de l'occupant ;
- la reconnaissance des situations anormales ou à risque nécessitant l'intervention de tiers externes ;
- la définition des modèles de détection de ces activités et situations, en intégrant la variabilité de ces modèles d'un individu à un autre, et d'une période à une autre (saisonnalité des comportements).

Principaux résultats

Les principaux résultats des travaux inscrits dans cette thématique sont :

- une approche innovante sur le plan scientifique concernant :
 - l'extraction des modèles de comportements de l'utilisateur à partir de chronologies d'événements produites par une instrumentation ambiante et multiforme du cadre de vie (phase d'observation),
 - la détection des comportements à partir de ces modèles (phase de suivi) ;
- un framework logiciel flexible permettant le développement d'application multi-domaines et l'intégration à volonté de matériels quelconques ;
- une bonne connaissance de la conception et de la réalisation de capteurs spécifiques destinés à être exploités dans un réseau non filaire ;

- un retour d'expérience riche permettant de mieux connaître les contraintes et exigences du déploiement d'applications fondées sur une instrumentation ambiante, et donc de les anticiper lors de leur conception et développement.

Perspectives

Certaines conclusions peuvent être tirées à partir de l'analyse des expériences acquises lors de la réalisation de ces travaux de recherche :

- toutes les applications fondées sur les usages requièrent des mécanismes évolués pour ce qui est de l'identification et de la détection des comportements des occupants et ne peuvent donner de résultats en utilisant les logiques déterministes habituelles ;
- l'offre actuelle en matière de solutions d'instrumentation ne couvre que très partiellement les besoins concernant de telles applications et ne peut être utilisée dans ce contexte, même si elle peut cependant constituer une partie du dispositif déployé.

Aussi, l'offre actuelle en matière de capteurs est en partie inadaptée aux besoins de ces applications, et requiert donc le développement d'adaptations de ces produits ou de dispositifs spécifiques. Il semble ainsi indispensable de poursuivre les travaux actuels sur ces divers aspects du problème.

Projet cofinancé par l'ANR
François GAUDAIRE

- **Adaptation dynamique par tissage d'aspects** (2006-2009)
Programme doctoral
Daniel CHEUNG
- **Adaptations dynamiques aux contextes et utilisateurs d'applications à architectures variables** (2008-2011)
Programme doctoral
Nicolas FERRY
- **Élaboration de techniques d'apprentissage automatique visant à élaborer des modèles d'activité à partir de chronologies de données produites par des capteurs instrumentant le cadre de vie** (2009-2012)
Programme doctoral
Laura POMPONIO

RÉCAPITULATIF DES PROJETS DE RECHERCHE AUTOUR DE LA QUALITÉ DES USAGES

- **Bâtiments intelligents, bâtiments à vivre : les TICs pour de nouveaux services d'assistance à l'autonomie au domicile** (2007-2010)
Éric PASCUAL
- **CIU Santé** – Centre d'innovation et d'usages santé (2009-2012)
Alain ANFONSO
- **GERHOME LABS** – Expérimentation en situation réelle et en dehors d'un laboratoire des équipements de capture et logiciels innovants pour la télé-vigilance destinée aux personnes âgées (2009-2010)
Projet cofinancé par la Région PACA
Alain ANFONSO
- **OP2H** – Outil de prédiction de champ en milieu urbain par navigation hiérarchique et homogénéisation de matériaux (2007-2009)

PRÉSENTATION DÉTAILLÉE DE DEUX ACTIONS PHARE

1. LES TICS POUR DE NOUVEAUX SERVICES À DOMICILE

Pilote : Éric PASCUAL

1.1. CONTEXTE ET INTÉRÊTS DE L'ACTION

Cette action de recherche constitue une prolongation des travaux initiés par le projet GerHome, portant sur l'exploration de solutions au problème du maintien à domicile des personnes âgées, qui s'est déroulé de 2004 à 2007.

1.1.1. Instrumentation

Les investigations ont été orientées dès le départ vers l'utilisation d'une instrumentation ambiante du lieu de vie (logement, locaux professionnels, etc.), chargée de collecter un ensemble d'indicateurs élémentaires et de nature hétérogène. De tels indicateurs sont, par exemple, les mouvements, l'état des ouvrants, l'usage d'appareils domestiques, l'usage de l'eau, l'occupation de sièges, etc.

En effet, bien que fournissant un premier niveau d'information, les travaux existants ne mettant en œuvre que des données élémentaires homogènes ont montré qu'il est indispensable de disposer d'informations de natures différentes pour être en mesure de lever des ambiguïtés, voire de détecter, et donc de suivre, les activités de la vie courante.

Afin de garantir au mieux l'acceptabilité des solutions par les usagers et les collectivités ayant à les supporter, tant sur le plan psychologique qu'économique, il a fallu également intégrer la contrainte de minimisation des travaux de déploiement. Les recherches ont donc été naturellement orientées vers les solutions non filaires de type radio. Une telle option apporte une simplification indéniable de la mise en œuvre matérielle, mais soulève par contre des problèmes techniques multiples tels que :

- la propagation des ondes dans les lieux instrumentés ;
- l'autonomie énergétique des dispositifs installés ;

- l'immunité aux perturbations causées par d'autres appareils domestiques (réseau Wifi, four à micro-ondes, téléphone DECT, etc.).

1.1.2. Reconnaissance d'activités et situations

Comme résumé précédemment, la base du suivi de l'occupant consiste à repérer dans la chronologie de son quotidien les activités typiques définies comme marqueurs de son état de santé.

Les travaux menés en collaboration avec des gérontologues et des professionnels de santé ont conduit à retenir des activités élémentaires telles que le repos nocturne ou diurne, la préparation ou la prise de repas, la toilette, les distractions (ex : TV), etc.

Bien que chacune d'entre elles puisse être associée en théorie à une séquence d'informations élémentaires fournies par les capteurs installés, l'acteur central étant un humain et non pas un dispositif mécanique, il est impossible de définir des modèles déterministes de ces séquences. En effet, l'ordre et le nombre des occurrences des événements élémentaires ainsi que les écarts temporels entre ces événements sont dépendants de la personne et présentent de plus une variabilité non négligeable.

Cette caractéristique fondamentale rend totalement inopérant tout algorithme conventionnel au niveau de la détection, et impose le recours à des méthodes avancées de corrélation. De plus, l'impossibilité de définir a priori les modèles individuels des activités et scénarios oblige à mettre en œuvre des mécanismes de découverte automatique ou d'apprentissage, capables d'extraire par eux-mêmes des modèles de corrélations depuis l'analyse de chronologies enregistrées.

Plusieurs autres méthodes existent, telles que les approches par énumération et par optimisation. Elles sont pour la plupart fondées sur des approches dérivées de la compression de données (domaine dans lequel la reconnaissance de séquences au sein d'un flux est une des bases), et s'avèrent peu performantes dans notre contexte, avec un taux de reconnaissance de modèles très faible. Des travaux de recherche théorique et appliquée sont donc menés dans le cadre de la thèse de Laura Pomponio, en collaboration avec le LSIS de l'université Saint-Jérôme de Marseille. Ces travaux sont l'une des composantes de la présente action de recherche.

1.1.3. Ingénierie logicielle

L'exploitation opérationnelle (et donc la valorisation potentielle) de ces travaux, tant au niveau de l'instrumentation que du traitement des données, nécessite également de disposer d'un socle logiciel permettant d'assembler les divers composants constitutifs d'une application donnée, et ce de manière souple et réutilisable. Ces caractéristiques ont rapidement émergé à l'occasion des sollicitations que l'équipe projet a pu recevoir, tant par d'autres équipes du CSTB que par des partenaires externes (collectivités et industriels).

Après étude de l'existant et de l'état de l'art, un *framework* logiciel (dénommé CSTBox) a été développé afin de répondre aux premiers besoins. Les premiers retours d'expérience ont fait émerger des évolutions de la version initiale, ce qui a conduit à réaliser une nouvelle version, exploitant les résultats des travaux de thèse relatifs à la construction d'applications par assemblage de composants. Cette approche n'avait pas été adoptée pour la version initiale du *framework*, les travaux concernés n'étant pas encore aboutis lors de son développement.

1.1.4. Ingénierie matérielle

Les premiers travaux menés dans le cadre du projet GerHome étaient fondés sur des capteurs de conception et de réalisation interne. L'objectif à cette époque était de constituer rapidement une plate-forme matérielle apte à fournir des informations élémentaires de nature diversifiée, et fondées sur une liste élaborée en collaboration avec les professionnels de santé partenaires du projet.

Un certain réalisme ensuite a conduit à opter pour des solutions fondées sur des dispositifs commercialisés issus du monde de la domotique. Outre les aspects contextuels des relations techniques initiés alors, cette démarche trouvait sa justification dans le fait que, même si les compétences techniques peuvent exister, le CSTB n'a pas pour vocation de réaliser des dispositifs électroniques en dehors d'un cadre strictement expérimental à l'échelle d'un laboratoire. De plus, les volumétries imposées par certains projets, ajoutées aux difficultés inhérentes à la mise en place d'une sous-traitance industrielle de ce type, ont naturellement amené à privilégier une approche fondée sur l'utilisation de produits existants.

Les retours d'expérience de ces deux stratégies ont montré que la voie était en réalité entre les deux, dans la mesure où les produits disponibles sur le marché sont très typés en fonction des applications auxquelles ils participent (systèmes d'alarme, système de confort, gestion de l'énergie, etc.). En conséquence, ils s'avèrent souvent inadaptés, de par leur comportement natif à des applications telles que le maintien à domicile ou l'assistance au personnel soignant. Ce constat a donc conduit le CSTB à revoir sa position et à en conclure que, selon les applications envisagées, il était nécessaire de recourir à une solution mixte, en ayant recours à la fois à des produits du commerce lorsqu'ils ont un comportement adapté aux besoins, et à des dispositifs « maison », dont la fabrication est au besoin sous-traitée en fonction des volumes nécessaires, lorsqu'ils ne le sont pas.

1.2. PRINCIPAUX RÉSULTATS OBTENUS

L'étude des usages dans le bâtiment est le fil directeur de ce projet, que l'usage concerne le maintien à domicile (services de maintien pour le bâtiment) ou l'économie d'énergie (service d'analyse des flux pour le bâtiment). Cette analyse s'appuie sur une instrumentation des bâtiments en capteurs spécifiques. Les usages participent également à une dynamique de terrain caractérisée par différentes phases de fonctionnement (par exemple l'installation, la collecte, la récupération de données, etc.) et différents contextes d'utilisation. Cela amène à un arbitrage dynamique des services proposés. Ces trois axes ont été regroupés au sein d'une solution matérielle et logicielle, le *framework* CSTBox.

1.2.1. Analyse des usages : corrélation et apprentissage de modèles d'activités

Dans le cadre de l'usage appliqué au domaine du maintien à domicile, la thèse de Laura Pomponio, actuellement à mi-parcours, a d'ores et déjà produit plusieurs résultats très prometteurs au travers de la mise en œuvre des méthodes d'analyse stochastique d'événements discrets pour la découverte d'activités TOM4D et TOM4L. Celle-ci consiste en la reconnaissance de modèles de corrélations connus dans des chronologies et l'extraction automatique de modèles depuis ces chronologies.

L'apprentissage consiste à identifier automatiquement les modèles de corrélations directement à partir de l'observation de

chronologies d'informations produites par les capteurs. Des points forts majeurs ont été identifiés comme la fiabilité de l'identification des modèles, rapportée à la taille des observations analysées. Ils placent cette approche bien au-dessus des approches utilisées habituellement. De tels résultats préliminaires sont d'un très grand intérêt dans les domaines d'application visés tels que le maintien à domicile, pour lesquels il est impossible de définir a priori des modèles d'activités crédibles, ne serait-ce que parce que chaque individu observé « fonctionne » selon des modèles qui lui sont propres.

1.2.2. Instrumentation des bâtiments en capteurs

Une activité importante a été consacrée à l'intégration de produits sur étagères dans les solutions développées. Cela a été rendu possible par la collaboration technique très étroite établie avec Delta-Dore, puisque d'une part le CSTB dispose de prototypes bien avant leur apparition sur le marché, et d'autre part contribue à l'affinage des spécifications des produits, voire à la suggestion de nouveaux modèles ou nouvelles gammes, adaptés à des applications autres que les secteurs habituels de l'alarme ou de la domotique.

Ces résultats ont pu être exploités dans plusieurs projets, parfois rattachés à d'autres programmes de recherche, comme ENERGIHAB ou ECOFFICES pour les plus récents. Ces projets utilisent à échelle significative des instrumentations fondées sur la CSTBox, des capteurs Delta-Dore sur étagères ainsi que des capteurs Delta-Dore adaptés par le CSTB pour des captures.

1.2.3. Prise en compte de la dynamique et de l'évolution du contexte d'usage

Ces situations ou usages hétérogènes dans lesquels évolue le *framework* CSTBox ont démontré l'intérêt d'une solution capable de réagir dynamiquement aux évolutions des services proposés selon les usages en cours. Les approches utilisées habituellement dans ce domaine (OSGi, etc.) exploitent l'apport conséquent des modèles à composants traditionnels en termes de réutilisabilité pour le développement de la solution d'analyse des usages en décomposant le système en plusieurs briques indépendantes. Toutefois, cette approche connaît certaines limites rencontrées sur le terrain. Par exemple, les déploiements ENERGIHAB ont dû gérer des phases d'usage différentes nécessitant une réactivité de la

solution une fois déployée : enregistrement des capteurs, phase d'expérimentation et fin de l'expérimentation. Chacune de ces phases requiert une composition différente des services proposés, tout en assurant une cohérence dans le fonctionnement global du système. Une fois la solution déployée, elle doit encore s'adapter à des situations changeantes.

La mise en application des travaux de thèse aboutis sur l'adaptation dynamique, de Daniel Cheung, a permis d'intégrer les concepts d'évolutivité des usages. Le CSTB dispose maintenant de la possibilité d'adapter efficacement sa solution une fois déployée. Cette approche est enrichie également par les travaux de Nicolas Ferry sur l'optimisation de ces algorithmes d'adaptation. Ses travaux permettent une plus grande flexibilité non seulement de mise en œuvre de la solution CSTBox, mais également de son extension avec des fonctionnalités supplémentaires, telles que le support dynamique de nouveaux types d'équipements par exemple.

1.2.4. Capitalisation de la solution : le *framework* CSTBox

Le *framework* CSTBox est un environnement logiciel permettant l'assemblage d'applications mettant en œuvre des dispositifs de capture hétérogènes et des traitements spécifiques. De telles applications vont au-delà de la simple collecte de données, ainsi que le font les produits disponibles sur le marché, et peuvent intégrer des fonctionnalités très avancées, comme la reconnaissance d'activité, la prise d'action, etc.

Ainsi, les expérimentations en cours dans le cadre du projet GerhomeLabs, mené en partenariat avec plusieurs établissements de santé et visant à fournir des services d'assistance au personnel soignant, sont basées sur la détection de situations spécifiques.

La version initiale du *framework* CSTBox est en cours de refonte et tire maintenant parti de la mise en application des résultats des travaux de thèse de Daniel Cheung sur la construction et l'adaptation d'applications par assemblage dynamique de composants. Le déploiement de la nouvelle architecture se fait dans le cadre du projet ECOFFICES.

Enfin, l'intégration des travaux de Laura Pomponio doit débuter en 2011 puisque la bibliothèque logicielle en résultant a été implémentée fin 2010.

1.3. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

1.3.1. Corrélation et apprentissage

La thèse de Laura Pomponio se termine en avril 2012, et continue par conséquent au-delà de la fin de la présente action de recherche. Cela étant, les apports attendus de l'approche et des mécanismes développés dans ce cadre représentent un apport indéniable ainsi qu'une différenciation majeure par rapport aux travaux menés par d'autres laboratoires de recherche relativement à la reconnaissance de comportements.

Les résultats obtenus par la mise en œuvre de la méthode TOM4D dans d'autres domaines d'application, tels que l'aide au diagnostic d'incidents dans des processus industriels, permettent de lui accorder par ailleurs un niveau de confiance important quant à sa contribution à des applications centrées sur les usages.

Un accord de collaboration scientifique a par ailleurs été initié avec la société en charge d'industrialiser les travaux de recherche du LSIS, auquel est rattachée la thèse de Laura Pomponio, afin de réduire le plus possible notre implication dans la mise au point des logiciels en résultant. L'accord permettra ainsi au CSTB d'accéder librement à ces produits en vue de les intégrer dans ses solutions, en contrepartie de quoi une collaboration à leur mise au point et une remontée d'expérience produite par leur déploiement dans des contextes réels permettant leur évolution est attendue. Ces divers éléments nous confortent par conséquent dans l'utilité de poursuivre cet axe d'investigation, même après la fin de la thèse de Laura Pomponio.

1.3.2. CSTBox

Avant de se lancer dans le développement du *framework* CSTBox, l'équipe de recherche a analysé l'état de l'offre disponible, afin de ne pas réinventer la roue. Plusieurs produits ont alors retenu l'attention, dont eWon, ZodiaNet, Tridium/Niagara.

L'étude des fonctionnalités des solutions recensées a mis en évidence les points suivants :

- elles sont cantonnées à la collecte de mesures ;
- elles offrent parfois une fonctionnalité de *gateway* vers les réseaux informatiques, voire vers Internet ;

- si elles sont toutes paramétrables, peu d'entre elles offrent la possibilité pour l'utilisateur d'y ajouter des logiques de traitement spécifiques ;
- lorsqu'elles existent, les possibilités d'extension par programmation sont très limitées, et se réduisent à des traitements simples sur les données collectées, au déclenchement d'envoi de fichiers, etc. ;
- l'ajout de fonctionnalités spécifiques n'est pas accessible à l'utilisateur ;
- les produits sont architecturés sur des environnements propriétaires.

Ainsi que cela a été confirmé par les échanges avec des utilisateurs CSTB de ces solutions, il est important de noter que les deux approches ne sont pas concurrentes, ni même redondantes, mais au contraire complémentaires. Grâce à la flexibilité d'extension et donc à la possibilité d'ajouter les interfaces requises sur le plan système, un sous-système d'acquisition géré par une solution de ce type, voire par une application LabView, peut parfaitement être intégré dans un écosystème CSTBox et contribuer à la collecte de paramètres, voire au contrôle d'équipements.

L'approche adoptée a également été comparée à celles utilisées par d'autres groupes de recherche ou de développement, tant académiques qu'industriels, ce qui a permis d'en valider le bien-fondé et la pérennité.

Il apparaît donc judicieux de poursuivre le développement du *framework* CSTBox, car il permet au CSTB de disposer d'une solution pour laquelle il maîtrise la totalité de la chaîne. Outre la capacité d'y ajouter des éléments de niveau applicatif en fonction des besoins des projets pouvant en tirer parti, cela laisse une entière liberté concernant l'ajout du support de matériels ou de produits industriels. C'est ce qui a permis de développer les solutions évoquées précédemment sur la base de produits Delta-Dore.

À noter qu'en plus des projets dans lesquels ont été utilisées les versions disponibles de des solutions développées, l'équipe de recherche du CSTB est actuellement en cours de développement pour le compte de la société Delta-Dore et d'une de ses filiales d'un démonstrateur fondé sur ces composants. En cas de succès, cette action préfigure d'une offre que Delta-Dore envisage de diffuser à titre commercial.

1.3.3. Instrumentation

Bien qu'a priori le moins prévisible au départ il résulte des expériences dans les projets menés qu'il reste nécessaire pour le CSTB d'être en mesure de produire ses propres solutions matérielles en termes de capteurs, que ce soit afin de répondre à des besoins spécifiques de mesure ou de détection pour lesquels il n'existe pas de produits sur le marché, ou à des contraintes de comportements de ces capteurs.

Cette activité permet par ailleurs une veille sur l'évolution des technologies et des solutions disponibles dans le domaine des réseaux de capteurs.

2. CONFORT DES GRANDS VOLUMES

Pilote : Isabelle SCHMICH

L'action de recherche se focalise sur l'évaluation du confort global de grands volumes tels que :

- **les atriums et les halls**, grands volumes, peu encombrés avec de larges surfaces vitrées ;
- **les salles de spectacles**, grands volumes, peu encombrés avec très peu de surfaces vitrées ;
- **les bureaux paysagers**, grands volumes larges et plats, très encombrés avec des surfaces vitrées.

Cette action est fortement transversale puisqu'elle implique trois départements du CSTB : Acoustique et Éclairage (DAE), Climatologie – Aérodynamique – Pollution – Épuration (CAPE) et Enveloppe et Revêtements (DER), au travers de quatre domaines : l'acoustique, l'éclairage, la thermo-aérodynamique et les façades légères.

2.1. CONTEXTE ET INTÉRÊTS DE L'ACTION

Pour ce qui concerne la partie **acoustique**, les domaines de la diffraction et de la diffusion dans les espaces fermés ont pu être étudiés de façon détaillée. L'étude de la caractérisation *in situ* de la diffusion est un sujet de première importance, car aujourd'hui aucun expert ne peut quantifier la diffusion dans les salles existantes, notamment celles réputées avoir une très bonne acoustique. L'étude qualitative et quantitative des bureaux ouverts n'a jamais réellement été effectuée avec précision à cause des coûts de calcul des outils existants. De nouvelles idées d'amélioration des codes de calcul, comme l'intégration de calcul BEM entre deux plaques parallèles, ont été émises, mais n'ont pas encore été implémentées. Le CSTB possède une grande expertise dans le domaine de l'acoustique active appliquée aux grands volumes fermés. La thèse en cours sur le sujet permet de pousser plus loin les connaissances sur les avantages et limites de ces techniques.

Le thème de l'**éclairage** s'inscrit dans le cadre du développement d'un outil global permettant une optimisation multicritère de l'aménagement intérieur de grands volumes. Ainsi, il est important de disposer de modules d'évaluation (ici de la qualité de l'éclairage) qui sachent se satisfaire d'une description non optimale de l'environnement. Après avoir défini les critères de confort généraux et ceux plus spécifiques aux

grands volumes, cette action a donc visé au développement d'une méthode de calcul robuste et performante de leur évaluation. Si les phénomènes physiques ou les critères d'évaluation du confort visuel restent similaires à ce qui est pris en compte de manière générale, la principale spécificité des grands volumes est liée à l'étendue de l'environnement et à sa complexité. Les développements se sont donc concentrés sur cette difficulté particulière en définissant un mode de simulation adapté à ce type de configurations, une plus grande adaptation à la qualité des données d'entrée et quelques optimisations liées aux grands volumes.

En ce qui concerne les **façades légères**, elles délimitent les grands volumes tertiaires et participent à l'ambiance intérieure en termes de confort thermique, acoustique et visuel. L'amélioration des façades s'effectue à travers de nouvelles solutions technologiques dont l'impact est souvent difficile à quantifier. L'étude sur les grands volumes a pour objectif d'appréhender les performances et les méthodes de dimensionnement de ces nouvelles solutions.

Enfin, pour la partie **thermo-aéraulique**, l'objectif consiste à mieux comprendre l'interaction entre les effets aérodynamiques (condition en pression sur les ouvrants) et les effets de tirage thermique générés par des apports de chaleur internes au volume. La problématique des grands volumes est pertinente du fait des grandes hauteurs sous plafond, renforçant ainsi le tirage thermique. Les deux effets peuvent être alors du même ordre de grandeur et opposés. Le but est de prévoir le comportement global en résultant. Cette problématique s'insère dans plusieurs domaines : la qualité de l'air intérieur (renouvellement d'air en fonction de l'usage des lieux), le confort thermique (températures de surface, température ambiante et vitesse d'air locale) et en arrière-plan la sécurité puisque l'évacuation des fumées d'incendie est également concernée par les approches de l'étude.

PRINCIPAUX RÉSULTATS OBTENUS

Pour la partie **acoustique**, cette action a permis de :

- développer un banc d'essai de la mesure du coefficient de diffusion à l'échelle réelle selon la norme ISO 17479-2, et qui est en cours de validation ;
- mesurer et publier des coefficients de dispersion précis selon la norme ISO 17479-1 (banc de mesure validé) ;

- mettre au point une méthode de simulation de la diffusion sur la base du lancer de particules (le CSTB n'utilisait jusqu'alors que la prolongation statistique).

Concernant l'**éclairage**, les tâches réalisées dans le cadre d'autres travaux de recherche (simulation de la visibilité dans les milieux enfumés) ont permis de développer des méthodes de simulation beaucoup plus adaptées à la configuration des grands volumes. La méthode du suivi de chemin s'avère ainsi beaucoup plus souple à exploiter dans des environnements complexes que celle de la radiosité. Des adaptations ont été apportées de manière à prendre en compte plus efficacement un nombre important de sources artificielles, qu'elles soient surfaciques ou ponctuelles.

Des développements sont en cours pour l'évaluation des niveaux d'éclairement moyens sur des surfaces fictives ou réelles, en exploitant cette méthode de simulation. Différents critères pourront alors être évalués de manière très rapide, sans nécessiter un calcul complet sur l'ensemble des surfaces de l'environnement. Enfin, l'algorithme du lancer de rayon, très sollicité par cette méthode de simulation a été adapté à la problématique des grands espaces. Les optimisations apportées permettent une meilleure prise en compte des inhomogénéités de la complexité dans l'environnement, qui se traduisent par des temps de calculs beaucoup plus faibles. Le facteur d'optimisation va de deux (scène simple) à quelques centaines (scène complexe).

Pour la partie **façades légères**, un grand nombre de travaux ont été menés, donnant lieu à un ensemble de résultats originaux :

- les stores intégrés dans les lames d'air sont soumis à de fortes contraintes thermiques. Des règles de conception ont été définies afin d'assurer leur fiabilité et leur durabilité ;
- les façades de type respirant sont appréciées pour leurs performances énergétiques. Une méthode expérimentale a été mise en place pour caractériser leurs performances. Par ailleurs, un modèle analytique permet de calculer la pression dans la lame d'air afin d'évaluer les performances de la façade ;
- une étude bibliographique a été réalisée sur la définition du facteur solaire ;
- un outil numérique a été développé permettant de définir les températures atteintes dans les différentes couches des façades multiparois en fonction des différentes configurations (présence de stores, pare-soleil, etc.) ;

- le vitrage feuilleté fait intervenir de nouveaux matériaux intercalaires dans le but d'atteindre de meilleures caractéristiques mécaniques ou acoustiques. Le dimensionnement de ces vitrages s'appuie sur une caractérisation du matériau par analyse mécanique dynamique, le comportement du feuilleté dépendant fortement des températures et des durées d'application des charges. Une méthode expérimentale a été testée, méthode en accord avec la proposition de norme européenne sur les vitrages feuilletés.

Enfin, pour le domaine **thermo-aéroulrique**, les approches expérimentales et numériques ont été analysées et développées. La première campagne de mesure visait à définir un banc d'essais pour des cas de volumes chauffés par une surface verticale et disposant de deux ouvrants (haut et bas). Les rapports de force entre les effets thermiques et aérodynamiques (pression sur les façades et sur les ouvrants) ont été étudiés sur ce banc d'essais. Les inversions de flux (pour des effets thermiques et aérodynamiques opposés) sont identifiés dès 1 Pa de condition limite. En effet, la variation de la densité est trop faible pour générer des écarts de pression plus fort (le volume faisait 1 m de hauteur, les essais sont allés jusqu'à 200 °C en surface).

Des approches analytiques ont également été développées sur les régimes de ventilation par déplacement et mixée, et les effets du vent analysés. En 2010, les travaux expérimentaux se sont développés *via* une approche de similitude dégradée, c'est-à-dire que les cibles sont des variables globales (taux de renouvellement d'air, gradient thermique). En tout, trois campagnes ont eu lieu avec un partenaire industriel. Une première, en vraie grandeur, a permis de définir le protocole expérimental. Une deuxième, à échelle réduite, a eu lieu pour valider les approches de similitude dégradée. Une troisième permettra de vérifier en vraie grandeur les modifications réalisées en échelle réduite.

2.2. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le travail, déjà bien avancé, nécessite encore des approfondissements afin de pouvoir positionner durablement le CSTB à la pointe de ces domaines. C'est pourquoi la prolongation de ce travail en 2011 est indispensable.

Pour le domaine **acoustique**, la thèse sur les méthodes de mesures de la diffusion *in situ* ainsi

que celle sur les méthodes de simulation d'une acoustique active doivent continuer à être accompagnées par un intérêt fort de recherche dans ces domaines au CSTB. Le confort dans les bureaux est à l'ordre du jour pour une future réglementation et le CSTB sera sûrement amené à accompagner le MEEDDM dans ses choix. Pour cela, les connaissances doivent encore être approfondies. Une intégration des connaissances acquises dans les logiciels de prévision de propagation acoustique en milieu fermé est souhaitable afin de faire profiter sur le moyen terme les études du CSTB ainsi que les acquéreurs des logiciels des avancées dans les domaines de l'acoustique des salles.

Pour la partie **éclairage**, le module de calcul développé a pour vocation d'être intégré dans un outil d'optimisation plus global. Les travaux à venir visent donc à définir un mode d'intégration de ce module (entrées/sorties, bibliothèque de fonctions, etc.).

Concernant le domaine des **façades légères**, il apparaît que les différents éléments étudiés au cours de cette recherche ne sont pas indépendants et qu'il est nécessaire de poursuivre les travaux en se focalisant sur la concaténation des méthodes afin d'obtenir un dimensionnement global de la façade intégrant un maximum de configurations. Concernant la définition du facteur solaire, une méthode de détermination est en cours.

D'autre part, on sait que le triple vitrage apporte un gain énergétique grâce à la présence de deux lames de gaz. Ces deux lames n'étant pas à la même température, les réactions dans les joints de scellement des vitrages triples sont plus difficiles à évaluer. Une méthode de dimensionnement est en cours de rédaction pour les vitrages triples. Cette méthode sera proposée comme base de travail du projet de norme européenne sur les vitrages isolants.

CONTRIBUTEURS

*Nota : les noms suivis d'une * sont ceux des personnes ayant quitté le CSTB*

Responsables des actions de recherche

ANFOSSO Alain
 BAULAC Marine *
 DE OLIVEIRA Fabrice
 DEFRANCE Jérôme
 FAURE Xavier
 GAUDAIRE François
 GUIGOU-CARTER Catherine
 HORLAVILLE Carole
 MOREAU Sophie
 PASCUAL Éric
 PERRAUDEAU Michel
 SCHMICH Isabelle
 VILLOT Michel

Chercheurs associés

ALESSANDRINI Jean-Marie
 BARRE Christian
 BERTHAUT Julien
 BOISSONNAT Alexis
 BONETTI Michel
 BONHOMME Martial
 BOUCHIE Remi
 BOURDEAU Marc
 CARRÉ Samuel
 CHENAF Menad
 CHENE Jean-Baptiste
 CHERVIN Paul
 CHEUNG Daniel *
 COSSAVELLA Michel
 COURTINE Sébastien
 DE GOUVELLO Bernard
 DELPECH Philippe
 DUCRUET Pascal
 DUFRESNE DE VIREL Marc
 ELIAS Patrick
 FARKH Salem
 FLORI Jean-Paul
 FORET Rémy
 GALEA Jean-Louis
 GARCIA Michel
 GODIN Aurélie
 GRENIER Claire
 GUILHOT Julien

GUIOT Thierry
 HORLAVILLE Thierry
 JEAN Philippe
 LAUMONIER Chantal *
 LEGUILLON Franck
 LE MEHAUTE Brewal
 MARCHAND Dorothée
 MARTIN Claude
 MARTINSONS Christophe
 MAUCOTEL Arnaud
 MOREAU Sophie *
 MURESAN Christian *
 NOE Nicolas
 NORMAND Cédric
 ORDITZ Dominique
 PALIER Pierre
 PERRAUDEAU Michel
 POMPEO Claude
 RAMALHO Olivier
 RIBERON Jacques
 ROUGIER Christophe
 SABRE Maeva
 SACRE Christian *
 SALAGNAC Jean-Luc
 SALLEE Hebert
 SANQUER Stéphane
 SAVIN Yannick
 SCHNEIDER Cédric
 TAILLEFER Nicolas
 TETARD Yves
 VINET Jérôme
 WETTA Roland
 ZARLI Alain

Doctorants

BIGOURET Armelle (2008-2011)
 CAMUS Philippe (2009-2012)
 CHEUNG Daniel (2007-2009)
 FERRY Nicolas (2008-2011)
 MARRY Solène (2008-2011)
 POMPONIO Laura (2009-2012)
 ROPARS Pierre (2008-2011)
 ROUCH Jérémy (2009-2012)

Postdoctorants

DEVALLEZ Delphine (2009-2010)
 SITEL Azzedine (2008-2009)

BILAN QUANTITATIF

PRODUCTION DE
CONNAISSANCES

PUBLICATIONS

Articles

∞ *Publiés dans une revue scientifique à comité de lecture*

Single and multiple reflections in plane obstacle using the parabolic equation method with a complementary Kirchhoff approximation

ABALLEA F., DEFRANCE J.

Acta acustica united with acustica, 93/1, 2007, p. 22-30

Outdoor sound propagation reference model developed in the European Harmonoise project

DEFRANCE J., SALOMONS E., NOORDHOEK I., HEIMANN D., PLOVSING B., WATTS G., JONASSON H., ZHANG X., PREMAT E., SCHMICH I., ABALLEA F., BAULAC M., DE ROO F.

Acta acustica united with acustica, 93/2, March-April 2007, p. 213-227

Development of an analytical model for outdoor sound propagation within the Harmonoise project

VAN MAERCKE D., DEFRANCE J.

Acta acustica united with acustica, 93/2, March-April 2007, p. 201-212

Vertical sound speed profiles determined from meteorological measurements near the ground

DEFRANCE J., HEIMANN D., BAKERMANS M., KÜHNER D.

Acta acustica united with acustica, 93/2, March-April 2007, p. 228-240

A study of the influence of incidence angle on sound reduction index using NAH-Phonoscopy

BRUTEL-VUILMET C., GUIGOU-CARTER C., VILLOT M.

Acta acustica united with acustica, 93/3, May-June 2007, p. 364-374

Calculation of tyre noise radiation with a mixed approach

JEAN P., NOE N., GAUDAIRE F.

Acta acustica united with acustica, 94/1, 2008, p. 91-103
[doi:10.3813/AAA.918012]

The Role of Studs in the Sound Transmission of Double Walls

POBLET-PUIG J., RODRIGUEZ-FERRAN A., GUIGOU-CARTER C., VILLOT M.

Acta acustica united with acustica, 95/3, May-June 2009, p. 555-567
[doi:10.3813/AAA.918176]

NMPB-routes-2008: The revision of the French method for road traffic noise prediction

DUTILLEUX G., DEFRANCE J., ECOTIERE D., BESNARD F., LE DUC E.

Acta acustica united with acustica, 96/3, May-June 2010, p. 452-462
[doi:10.3813/AAA.918298]

WComp middleware for ubiquitous computing: Aspects and composite event-based Web services

TIGLI J.Y., LAVIROTTE S., REY G., HOURDIN V., CHEUNG-FOO-WO D., CALLEGARI E., RIVEILL M.

Annals of Telecommunications, 64/3-4, April 2009, p. 197-214
[doi:10.1007/s12243-008-0081-y]

Capturing urban traffic noise dynamics through relevant descriptors

CAN A., LECLERCQ L., LELONG J., DEFRANCE J.

Applied Acoustics, 69/12, December 2008, p. 1270-1280
[doi:10.1016/j.apacoust.2007.09.006]

Optimisation with genetic algorithm of the acoustic performance of T-shaped noise barriers with a reactive top surface

BAULAC M., DEFRANCE J., JEAN P.

Applied Acoustics, 69/4, April 2008, p. 332-342
[doi:10.1016/j.apacoust.2006.11.002]

Sound transmission through opened windows

JEAN P.

Applied Acoustics, 70/1, January 2009, p. 41-49 [doi:10.1016/j.apacoust.2008.01.007]

Numerical modelling of the radiation efficiency of asymmetrical structures

POBLET-PUIG J., RODRIGUEZ-FERRAN A., GUIGOU-CARTER C., VILLOT M.

Applied Acoustics, 70/5, May 2009, p. 777-780
[doi:10.1016/j.apacoust.2008.09.011]

Accounting for traffic dynamics improves noise assessment: Experimental evidence

CAN A., LECLERCQ L., LELONG J., DEFRANCE J.

Applied Acoustics, 70/6, June 2009, p. 821-829
[doi:10.1016/j.apacoust.2008.09.020]

Spectators' aerothermal comfort assessment method in stadia

SZUCS A., MOREAU S.

Building and Environment, 42/6, June 2007, p. 2227-2240
[doi:10.1016/j.buildenv.2006.03.009]

A computer system to monitor older adults at home: preliminary results

ZOUBA N., BREMOND F., THONNAT M., ANFOSSO A., PASCUAL E., MALLEA P., MAILLAND V., GUERIN O.

Gerontechnology 8/3, September 2009, p. 129-139
[doi:10.4017/gt.2009.08.03.011.00]

Monitoring elderly activities at home

ZOUBA N., BREMOND F., ANFOSSO A., THONNAT M., PASCUAL E., GUERIN O.

Gerontechnology 9/2, June 2010, p. 263
[doi:10.4017/gt.2010.09.02.285]

Aspects of stadium design for warm climates

SZUCS A., MOREAU S., ALLARD F.

Building and Environment, 44/6, June 2009, p. 1206-1214
[doi:10.1016/j.buildenv.2008.09.008]

Optimization of multiple edge barriers with genetic algorithms coupled with a Nelder-Mead local search

BAULAC M., DEFRANCE J., JEAN P.

Journal of Sound and Vibration, 300/1-2, February 2007, p. 71-87 [doi:10.1016/j.jsv.2006.07.030]

Thermal comfort assessment in semi-outdoor environments: application to comfort study in stadia

BOUYER J., VINET J., DELPECH P., CARRE S.
Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 95/9-11, October 2007, p. 963-976 [doi:10.1016/j.jweia.2007.01.022]

A new method of near-field photometry

BOULENGUEZ P., CARRE S., PIRANDA B., PERRAUDEAU M.
Light & Engineering, 16, 1, 2008, p. 89-95

Sensitivities of outdoor sound propagation predictions to environmental input parameters

ABALLEA F., BAULAC M., DEFRACTANCE J., FOURNIER M., PREMAT E.
Noise Control Engineering Journal, 55/1, January-February 2007, p. 38-49

∞ Publiés dans une revue technique à comité éditorial

La prévision du bruit de trafic en milieu urbain : apport de la modélisation dynamique

LELONG J., LECLERCQ L., CAN A., DEFRACTANCE J.
Acoustique et techniques, 51, décembre 2007, 8 p.

Modélisation de la propagation acoustique en milieu extérieur complexe : effets de frontière

BAULAC M., DEFRACTANCE J., JEAN P.
Acoustique et techniques, 51, décembre 2007, p. 18-24

Prise en compte des effets météorologiques dans un modèle de propagation analytique pour la cartographie du bruit dans l'environnement

VAN MAERCKE D.
Acoustique et techniques, 51, décembre 2007, p. 49-59

Exposition des toitures de bâtiment au bruit de trafic

routier : conséquences sur la performance des fenêtres de toit sur site

VILLOT M., JEAN P.
Acoustique et techniques, 54-55, décembre 2008, p. 20-23

Développement de planchers flottants thermo-acoustiques entre locaux d'activités ou parkings et logements

GUIGOU-CARTER C., CHENE J.B.
Acoustique et techniques, 54-55, décembre 2008, p. 52-57

Performance acoustique des systèmes de type flocage en fond de coffrage

GUIGOU-CARTER C., CHENE J.B.
Acoustique et techniques, 59, octobre-décembre 2009, 8 p.

Étude unidimensionnelle d'une cellule hybride pour absorption et isolation simultanées

MELON M., HERZOG P., SITEL A., GALLAND M.A.
Acoustique et techniques, 60, 2010, p. 46-50

Impact sonore des viaducs routiers en fonction de leur géométrie

DEFRACTANCE J., BEYRET M., BAULAC M., JEAN P.
Acoustique et techniques, 54-55, décembre 2008, p. 24-29

Conception des ambiances climatiques, lumineuses et acoustiques des grands stades : méthodologie et conseils pratiques

SZUCS A., MOREAU S.
e-Cahiers, Cahier 3605, septembre 2007, 42 p.

La correction acoustique des locaux en 2007 : où en est-on ?

CHENE J.B., SCHMICH I.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 238, février 2007, p. 7-11

Communications

Prediction of acoustic comfort of a trainset using ray-tracing technology

GABET P., DROBECQ V., NOE N., JEAN P.
5e Symposium Confort automobile "Acoustique, vibratoire, thermique", 19-20 novembre 2008, Le Mans, FRA, 8 p.

Acoustic performance of membrane based multilayered systems with improved thermal inertia characteristics

GUIGOU-CARTER C., SALLEE H., NORMAND C.
Acoustics'08, June 29 - July 4th, 2008, Paris, FRA, 6 p.

CARMEN® in the Norwich Theatre Royal, UK

ROUGIER C., SCHMICH I., CHERVIN P., GILLIERON P.
Acoustics'08, June 29 - July 4th, 2008, Paris, FRA, 6 p.

Calculations of low height noise barriers efficiency by using Boundary Element Method and optimisation algorithms

BAULAC M., GUILLOU A., DEFRACTANCE J., JEAN P.
Acoustics'08, June 29 - July 4th, 2008, Paris, FRA, 5 p.

Development of thermo-acoustic floating floors for use between parking and dwellings

GUIGOU-CARTER C., CHENE J.B.
Acoustics'08, June 29 - July 4th, 2008, Paris, FRA, 5 p.

Prediction method for the acoustic performance of permanent form systems

CHENE J.B., GUIGOU-CARTER C.
Acoustics'08, June 29 - July 4th, 2008, Paris, FRA, 5 p.

Road traffic noise from viaducts in mountainous areas

DEFRACTANCE J., BEYRET M., BAULAC M., JEAN P.
Acoustics'08, June 29 - July 4th, 2008, Paris, FRA, 5 p.

The Acoustics of the Beijing National Grand Theatre of China

SCHMICH I., CHERVIN P., XIANGDONG Z., XIANG Y., GUO-QI L.

Acoustics'08, June 29 - July 4th, 2008, Paris, FRA, 6 p.

The revision of the French method for road traffic noise prediction

DUTILLEUX G., DEFRANCE J., GAUVREAU B., BESNARD F., Acoustics'08, June 29 - July 4th, 2008, Paris, FRA, 5 p.

Experimental investigation to improve low frequency sound transmission by means of active control

GUIGOU-CARTER C., ROURE A., MAILLARD J., PINHEDE C. ACTIVE 2009, 2009 International Symposium on Active Control of Sound and Vibration, 20-22 August 2009, Ottawa, CAN, 7 p.

Numerical method to predict active control efficiency for a double panel separating two rooms

SITEL A., GUIGOU-CARTER C., JEAN P. ACTIVE 2009, 2009 International Symposium on Active Control of Sound and Vibration, 20-22 August 2009, Ottawa, CAN, 7 p.

Évaluation du confort thermique objectif ressenti par l'homme dans son environnement climatique

DE OLIVEIRA F., PALIER P. ASTELAB 2009, 6-8 octobre 2009, Villepinte, FRA, 16 p.

Subjective evaluation of the Beijing National Grand Theatre of China

ROUGIER C., SCHMICH I., XIANGDONG Z., XIANG Y., GUO-QI L. Auditorium Acoustics 2008, October 3-5th, 2008, Oslo, NOR, 8 p.

Amélioration de la performance acoustique d'une demi-cloison par contrôle actif

GUIGOU-CARTER C., SITEL A., ROURE A., PINHEDE C., MAILLARD J. CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 6 p.

Auscultation acoustique des aménagements cyclables en milieu urbain

DEFRANCE J., PALACINO J., BAULAC M. CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 4 p.

Élaboration d'une méthodologie définissant un indicateur représentatif du risque sanitaire induit par les nuisances sonores en milieu urbain

BAULAC M., BOURGOIS D., GOEURY C., MARRY S., DEFRANCE J. CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 6 p.

Étude unidimensionnelle d'une cellule hybride pour absorption et isolation simultanées

MELON M., HERZOG P., SITEL A., GALLAND M.A. CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 5 p.

Évaluation multicritère des nuisances et de la perception en milieu urbain

MARRY S., BAULAC M., MARCHAND D., DEFRANCE J., RAMALHO O., GARCIA M., FLORI J.P., DE OLIVEIRA F., ROUSSEL J., SAVINA Y. CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 6 p.

Méthode de calcul de la puissance vibratoire injectée dans un bâtiment par le sol

ROPARS P., VILLOT M., JEAN P. CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 5 p.

Mesure et prédiction du bruit de pluie sur des systèmes multicouches

GUIGOU-CARTER C., CHENE J.B., FORET R., LANGAGER LARSEN M. CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 6 p.

Modélisation numérique et caractérisation expérimentale des cellules hybrides efficaces en isolation acoustique sur une large bande de fréquences

SITEL A., GALLAND M.A., GUIGOU-CARTER C. CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 6 p.

Musiciens, acousticiens et systèmes électroacoustiques

SCHMICH I. CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 4 p.

Quelle précision attendre des outils de simulation pour l'application aux bureaux à espace décroisonné ?

SCHMICH I., HERMANT N., NOE N., ROUGIER C., ASSELINEAU M., CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 6 p.

Retour d'expérience sur la mise en application de la norme ISO 17497-1

SCHMICH I. CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 6 p.

Simulation numérique de l'isolation acoustique d'une double plaque avec un système de contrôle actif

SITEL A., GUIGOU-CARTER C., JEAN P. CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 6 p.

Dimensional analysis of ventilation systems to study isothermal flows in steady and transient conditions

FAURE X., LE ROUX N., INARD C., SOARES S., RICCIARDI L. Clima 2010, 10th Rehva world congress "Sustainable energy use in buildings", 9-12 May 2010, Antalya, TUR, 8 p.

Time dependent flow in displacement ventilation considering thermal massive volume

FAURE X., LE ROUX N.
Clima 2010, 10th Rehva world congress "Sustainable energy use in buildings", 9-12 May 2010, Antalya, TUR, 8 p.

Assessment of thermal environment sensation for various climatic conditions and fluctuating air flow

DE OLIVEIRA F., MOREAU S.
EACWE 5 - 5th European & African Conference on Wind Engineering, 19-23 July 2009, Florence, ITA, 7 p.

Acoustic performance of innovative barriers designed for freight trains in urban areas

BAULAC M., MARGIOCCHI F., DEFRANCE J., POISSON F., JEAN P.
Euronoise 2009, October 26-28, 2009, Edinburgh, GBR, 7 p.

Acoustical assessment of cycle paths in urban areas

DEFRANCE J., PALACINO J., BAULAC M.
Euronoise 2009, October 26-28, 2009, Edinburgh, GBR, 9 p.

Aging and temperature dependency of acoustic PVC floor covering under French certification NF UPEC.A+

CHENE J.B., FORET R., MARTIN C., GUIGOU-CARTER C., VILLOT M.
Euronoise 2009, October 26-28, 2009, Edinburgh, GBR, 8 p.

Applying EN 12354-5 for estimating sound levels due to service equipment in buildings

VILLOT M.
Euronoise 2009, October 26-28, 2009, Edinburgh, GBR, 5 p.

French road traffic noise prediction emission and propagation (NMPB'08) aspects

HAMET J.F., BESNARD F., LELONG J., DOISY S., FURST N., DEFRANCE J., DUTILLEUX G., LE DUC E., GAUVREAU B., ECOTIERE D., BERANGIER M., GUIZARD V.
Euronoise 2009, October 26-28, 2009, Edinburgh, GBR, 10 p.

Noise barriers and the Harmonoise sound propagation model

SALOMONS E., VAN MAERCKE D., RANDRIANOELINA A.
Euronoise 2009, October 26-28, 2009, Edinburgh, GBR, 7 p.

"Vitrage respirant": a new type of insulating glass allowing for improved thermal and acoustic insulation

COSSAVELLA M., PANAIT A.
Glass Performance Days, June 11-12, 2009, Tampere, FIN, 8 p.

Contextual adaptation for ubiquitous computing systems using components and aspect of assembly

CHEUNG-FOO-WO D., TIGLI J., LAVIROTTE S., RIVEILL M.
IADIS Applied Computing 2007 Conference, February 18-20, 2007, Salamanca, ESP, 5 p.

Assessing computer systems for monitoring elderly people living at home

ZOUBA N., BREMOND F., THONNAT M., ANFOSSO A., PASCUAL E., MALLEA P., MAILLAND V., GUERIN O.
IAGG 2009, 19th IAGG World Congress of Gerontology and Geriatrics, July 5-9, 2009, Paris, FRA, 11 p.

Analyse du bilan de l'environnement lumineux intérieur

PERRAUDEAU M., CARRE S.
IBPSA France 2008, 6-7 novembre 2008, Lyon, FRA, 8 p.

A new reverberation enhancement system: Carmencita

SCHMICH I., CHERVIN P., MAILLARD J., ROUGIER C.
ICA 2007 - 19th International Congress on Acoustics, September 2-7, 2007, Madrid, ESP, 5 p.

Prediction of re-radiated noise from structure born vibration due to railway

COQUEL G., VILLOT M., JEAN P., DUEE R.
ICA 2007 - 19th International Congress on Acoustics, September 2-7, 2007, Madrid, ESP, 6 p.

Testing floor coverings mounted on lightweight floors using ISO/FDIS 140-11

VILLOT M., CHENE J.B., HOUSSAIN S.
ICA 2007 - 19th International Congress on Acoustics, September 2-7, 2007, Madrid, ESP, 7 p.

The concert hall acoustic design of the Beijing National Grand Theatre of China

SCHMICH I., VIAN J.P.
ICA 2007 - 19th International Congress on Acoustics, September 2-7, 2007, Madrid, ESP, 6 p.

Optimization of ceramic brick double walls with peripheral resilient layers

ARINES S., CORTES A., FUENTE M., GUIGOU-CARTER C., MARTIN C., VILLOT M.
ICA 2007 - 19th International Congress on Acoustics, September 2-7, 2007, Madrid, ESP, 4 p.

Acoustic properties of hollow brick walls

JACQUS G., BERGER S., GIBIAT V., JEAN P., VILLOT M., CIUKAJ S.
ICA 2010, 20th International Congress on Acoustics, August 23-27, 2010, Sydney, AUS, 6 p.

The equivalent translational stiffness of steel studs

DAVY J.L., GUIGOU-CARTER C., VILLOT M.
ICA 2010, 20th International Congress on Acoustics, August 23-27, 2010, Sydney, AUS, 6 p.

Noise impact of innovative barriers dedicated to freight trains in urban areas

MARGIOCCHI F., POISSON F., BAULAC M., DEFRANCE J., JEAN P.
ICSV16, 16th International Congress on Sound and Vibration, July 5-9, 2009, Krakow, POL, 6 p.

The physiological Equivalent Temperature: a universal thermal comfort index? Experimental evaluation of its sensitivity to wind and radiation

DE OLIVEIRA F., SACRE C.
ICWE 12, 12th International Conference on Wind Engineering, June 1-6, 2007, Cairns, AUS, 4 p.

Comparison between calculated noise contours and measured levels around Lyon airport: a request from neighbours

VALLET M., ROLAND J., BRUYERE J.C., FORET R.
Internoise 2007, 36th International Congress on Noise Control Engineering, August 28-31, 2007, Istanbul, TUR, 7 p.

Diffused sound reflection effect of non flat noise barriers

DEFRANCE J., TEYTU M., JEAN P.
Internoise 2007, 36th International Congress on Noise Control Engineering, August 28-31, 2007, Istanbul, TUR, 9 p.

The acoustics of the Concert Hall and the Chinese Theatre in the Beijing National Grand Theatre of China

SCHMICH I., ROUGIER C., CHERVIN P., XIANG Y., ZHU X., GUO-QI L.
Internoise 2008, 37th International Congress on Noise Control Engineering, October 26-29th, 2008, Shanghai, CHN, 12 p.

Predicting Sound insulation in wood frame buildings

VILLOT M., GUIGOU-CARTER C.
Internoise 2009, 38th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, August 23-26, 2009, Ottawa, CAN, 5 p.

Prediction of the acoustic performance of floor coverings on lightweight floors

GUIGOU-CARTER C., FORET R., CHENE J.B., VILLOT M.
Internoise 2009, 38th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, August 23-26, 2009, Ottawa, CAN, 9 p.

Self-adaptation of event-driven component-oriented middleware using aspects of assembly

CHEUNG-FOO-WO D., TIGLI J., LAVIROTTE S., RIVEILL M.
MPAC Proceedings of the 5th international workshop on middleware for pervasive and ad-hoc computing, November 26-30, 2007, Newport Beach, USA, 7 p.

The acoustical improvement of historic monuments: Saint Joseph Chapel, a case study

SCHMICH I., BRUDER P.
ISRA, International Symposium on Room Acoustics, Satellite Symposium of the ICA, 19th International congress on acoustics, September 10-12, 2007, Seville, ESP, 5 p.

Modélisation de l'exposition au bruit en milieu urbain et études épidémiologiques : quelles sources sonores ?

PUJOL S., HOUOT H., BERTHILLIER M., DEFRANCE J., LARDIES J., BONGAIN S., LEVAIN J.P., MASSELOT C., PETIT R., MAUNY F.
Neuvièmes Rencontres de Théo Quant, 4-6 mars 2009, Besançon, FRA, 10 p.

Optimized contextual discovery of web services for devices

CHEUNG-FOO-WO D., BUSSIERE N., HOURDIN V., LAVIROTTE S., RIVEILL M., TIGLI J.
Proceedings of the international workshop on context modeling and management for smart environments, IEEE, October 28-31, 2007, Lyon, FRA, 6 p.

SONVERT: Hybrid traffic noise simulation approach

RONDEAU J.F., DUVAL A., MORGENSTERN C., FRIKHA S., GALLET A., JEAN P., NOE N.
SAE 2009, Noise and Vibration Conference, 19-21 May 2009, St Charles, IL, USA, 8 p.

Chapitres d'ouvrage collectif

Des technologies pour mieux répondre à la problématique du maintien à domicile et ses enjeux

ANFOSSO A., BOURDEAU M.
Chapitre 4.5. du Guide pratique des alternatives à l'hospitalisation traditionnelle. Ed. Weka, mai 2007, 18 p.

Lightweight building structures: Measurement methods adapted to wood frame lightweight constructions

GUIGOU-CARTER C., VILLOT M., Gibbs B., Goodchild J., Hopkins C., Oldham D. (Eds.) Collected Papers

in Building Acoustics: Sound Transmission, Multi-Science Publishing, July 2009, p. 427-442 [ISBN ISBN 978-1-907132-10-0]

Lightweight building structures: Prediction method adapted to wood frame lightweight constructions

GUIGOU-CARTER C., VILLOT M., WETTA R., Gibbs B., Goodchild J., Hopkins C., Oldham D. (Eds.) Collected Papers in Building Acoustics: Sound Transmission, Multi-Science Publishing, July 2009, p. 427-442 [ISBN 978-1-907132-10-0]

Vitesse et bruit

DEFRANCE J., Desmots J., Thomas C., Vitorge M. (coord.) Chronoaménagement et autoroute autrement : la proximité au secours du territoire, CERTU, 2009, p. 75-77 [ISBN 978-2-11-098196-7]

Ouvrages

Prévision du bruit routier. Volume 2, Méthode de calcul de propagation du bruit incluant les effets météorologiques (NMPB 2008)

BESNARD F., LE DUC E. (dir.) (avec la collab. d'ABBALEA F., BAULAC M., DEFRANCE J., VAN MAERCKE D.) SETRA, Présent pour l'avenir, juin 2009, 133 p. [ISBN 978-2-11-095825-9]

CONGRÈS, COLLOQUES, CONFÉRENCES

Journées thématiques du Cluster Lumière

- Certifier la qualité des luminaires: aspects techniques, réglementaires et normatifs, 24 septembre 2008, CSTB à Grenoble
- Vers la mise en place d'une certification en éclairage, 10 mars 2009
- Eclairage et Energie, CSTB-ERDF, 18 novembre 2009
- Mise en place de la RT 2012 dans l'éclairage, CSTB-AFE, 2 juin 2010

Christophe MARTINSONS
(organisateur)

EuroNoise 2009, October 26-28, 2009, Edinburgh
Jérôme DEFRANCE (relecteur)

ISRA 2010, International Symposium on Room Acoustics, 29-31 August 2010, Melbourne
Isabelle SCHMICH (relectrice)

REVUES

Animation de revues, relecture régulière ou occasionnelle d'articles

Acta Acustica
Catherine GUIGOU-CARTER,
Jérôme DEFRANCE (relecteurs)

Journal of the Acoustical Society of America
Catherine GUIGOU-CARTER,
Jérôme DEFRANCE (relecteurs)

Applied Acoustics
Catherine GUIGOU-CARTER,
Jérôme DEFRANCE (relecteurs)

Noise Control Engineering Journal
Catherine GUIGOU-CARTER
(relectrice)

Journal of Sound and Vibration
Catherine GUIGOU-CARTER,
Jérôme DEFRANCE (relecteurs)

RÉSEAUX SCIENTIFIQUES

AALIANCE - The European Ambient Assisted Living Innovation Alliance
Alain ANFOSSO (participation)

Acoucité
Jérôme DEFRANCE (membre du CA - secrétaire du bureau)

AEA - Association des Acousticiens de l'Environnement
Jérôme DEFRANCE (membre)

AITF - Association des ingénieurs territoriaux de France, Groupe de travail "Environnement sonore urbain"
Jérôme DEFRANCE (correspondant CSTB)

CIE-France, Comité scientifique de l'Association Française de l'Éclairage (AFE), relais français de la Commission Internationale de l'éclairage (CIE)
Michel PERRAUDEAU, Christophe MARTINSONS (membres)

COST Action TU0901: Integrating and Harmonizing Sound Insulation Aspects in Sustainable Urban Housing Constructions
Rémy FORET (membre du management committee)

EAA - European Acoustics Association
Jérôme DEFRANCE (membre)

ENOLL – European Network of Living Labs
Alain ZARLI (représentant de l'ICT Usage Lab (CSTB, INRIA, Orange Labs, Université de Nice Sophia Antipolis)

GDR 2493 "Bruit des Transports" - Comité d'orientation stratégique
Jérôme DEFRANCE (membre - représentant CSTB)

LRSP - Long Range Sound Propagation Group
Jérôme DEFRANCE (membre)

Master Pro "Acoustique des Transports et de l'Environnement" de l'Université du Maine - Comité scientifique d'orientation
Jérôme DEFRANCE

Pôle de recherche scientifique et technologique "Modélisation, informations et système numérique (PRST MISN) - Conseil d'orientation
Alain ANFOSSO (évaluateur)

Projet DEBATS (Discussion sur les Effets du Bruit des Aéronefs Touchant la Santé) - Comité scientifique
Jérôme DEFRANCE (membre)

SFA-Société française d'acoustique
Catherine GUGOU (membre),
Jérôme DEFRANCE (membre, responsable CSTB du Groupe spécialisé " Acoustique du Bâtiment et de l'Environnement" (GABE))

PRIX, DISTINCTIONS

Prix Alfred Monnier décerné en 2008 à Michel PERRAUDEAU par l'Association Française de l'Éclairage (AFE) pour l'ensemble des travaux de recherche menés dans le domaine de l'éclairage intérieur et tout particulièrement ceux relatifs à l'éclairage naturel

VALORISATION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

BREVETS

Dispositif électroacoustique destiné notamment à une salle de concert

L'objet de l'invention est de pallier aux effets néfastes des changements de température pour des cellules utilisées pour procurer des effets de réverbération dans une salle de spectacle (effet "larsen" par exemple). Application à la sonorisation de salle de concert.
Inventeurs : Julien MAILLARD, Isabelle SCHMICH, Christophe ROUGIER
Déposant : CSTB
Brevet FR2944375 publié en 2010

Sol équestre et son procédé de réalisation

Nouvelle structure de sol équestre économique, non abrasive, présentant des caractéristiques de rebond et d'amortissement et comprenant : un fond de sol stabilisé, une couche de base constituée de granulats de caoutchouc compactés et solidarisés par un liant, et une couche de surface constituée de granulats de caoutchouc libres. Les granulats de caoutchouc utilisés proviennent du recyclage de pneumatiques usagés.
Inventeurs : Jacques GANDEMER, Sophie MOREAU, Patrick PARPILLON, Loïc PAUL, Catherine CLAUZADE
Déposants : CSTB, SportingSols, Aliapur
Brevet FR2918083 publié en 2009

LOGICIELS

ACOUSYS - Prédiction des performances acoustiques des éléments à structure multicouches
Développé par le par le département Acoustique et Eclairage du CSTB (Rémy FORET, Catherine GUIGOU-CARTER, Thomas LEISSING, Hervé LOZINGUEZ, Dirk VAN MAERCKE, Jean-Baptiste CHENE)

ACOUBAT Sound - Logiciel de calcul d'isolation aux bruits aériens et d'impact dans les bâtiments conformément à la NRA
Développé par le par le département Acoustique et Eclairage du CSTB (Catherine GUIGOU-CARTER)

ACTIVITÉS DE FORMATION

ACTIVITÉS D'ENCADREMENT

Thèses en cours

Caractérisation de l'état sensoriel d'un individu dans différentes ambiances climatiques : évaluation de certaines propriétés biophysiques de la peau (2008-2011)
INSA Lyon - Laboratoire de Physique de la Matière (LPM)
Armelle BIGOURET
Encadrant CSTB : Fabrice de OLIVEIRA

Adaptations logicielles dynamiques aux contextes et utilisateurs

 (2008-2011)

Université de Nice, Laboratoire Informatique Services Sécurité Systèmes (I3S), Sophia Antipolis
Nicolas FERRY
Encadrant CSTB : Eric PASCUAL

L'espace public sonore ordinaire : les paramètres de la perception sonore dans les espaces publics. Contribution à une connaissance de l'ambiance sonore (2008-2011)
Université Pierre-Mendès-France (Grenoble 2) - Institut d'Urbanisme de Grenoble
Solène MARRY
Encadrant CSTB : Marine BAULAC

Interfaçage fondations-bâtiment par la méthode des mobilités

 (2008-2011)

Université Paris-Est Marne-la-Vallée - Laboratoire de Modélisation et Simulation Multi Echelle (MODES)
Pierre ROPARS
Encadrant CSTB : Michel VILLOT

Mesure in situ de la diffusion acoustique par les surfaces dans le cadre de l'acoustique des salles

 (2009-2012)

Université de Liège
Philippe CAMUS
Encadrant CSTB : Isabelle SCHMICH

Application de la théorie des observations datées à la modélisation du comportement humain pour la détection de comportements pathologiques de

personnes âgées maintenues à domicile (2009-2012)
Université Saint Jérôme (Marseille Nord), Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes (LSIS)
Laura POMPONIO
Encadrant CSTB : Eric PASCUAL

Méthodes d'aide à la conception et à l'évaluation de l'efficacité d'un système d'assistance à la réverbération actif (2009-2012)
École Centrale de Lyon
Jérémy ROUCH
Encadrant CSTB : Isabelle SCHMICH

Thèses soutenues

Adaptation dynamique par tissage d'aspects d'assemblage
Daniel CHEUNG
Université de Nice - École doctorale Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC), 2009
Encadrant CSTB : Eric PASCUAL

Accueil d'étudiants (stagiaires de niveau bac+5)

Analyse comparative des performances des méthodes de simulation d'éclairage : application à l'évaluation de l'éclairage naturel par fenêtre de toit
SALUDO G.
Stage 3e année "Eclairage, acoustique, climatisation", ESIP, 2008

Élaboration d'une méthodologie définissant un indicateur représentatif du risque sanitaire induit par les nuisances sonores en milieu urbain : l'exemple du Grand Lyon
BOURGEOIS D.
Master 2 en santé publique, EHESP, 2009

Méthode de mesure in situ de la diffusion acoustique
BROUSSE N.
3e année ingénieur généraliste, Master Acoustique, École Centrale de Lyon, 2009

Mise au point d'un système de réverbération assistée pour les salles de spectacles : étude des réverbérateurs
OLLIVRY F.X.
Travail de fin d'étude, Master MEGA spécialité Acoustique des Salles, École Centrale de Lyon, 2008

Modélisation vibratoire de rupteurs thermiques sous PATRAN/NASTRAN
CHERQUI T.
Travail de fin d'études, Université de Technologie de Compiègne, 2008

Post-doctorats

CARMENCITA (2009-2010)
Delphine DEVALLEZ
Encadrant CSTB : Isabelle SMICH

PARABAS - Paroi Acoustique Basses Fréquences (projet ANR) (2008-2009)
Azzedine SITEL
Encadrant CSTB : Catherine GUIGOU-CARTER

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

Cours

Instrumentation ambiante : une illustration au travers du projet GERHOME

Eric PASCUAL
Polytech'Nice, 3e année Ingénieur, module Objets communicants 2008

Éclairage intérieur : artificiel, naturel et mixte

Michel PERRAUDEAU
École Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers (ESIP), 3e année Section Éclairage Acoustique Climatisation 2007-2010 (10h/an)

Éclairagisme et impact énergétique des techniques innovantes d'éclairage intérieur

Michel PERRAUDEAU
Université de La Rochelle, Master 2 Gestion et Intégration de l'Efficacité Énergétique et des Énergies Renouvelables 2007-2010 (4h/an)

Éclairage naturel et mixte

Michel PERRAUDEAU
IUP Saint-Nazaire, Master Génie civil 2007-2010 (8h/an)

Services numériques pour les usagers et les acteurs de la construction

Alain ANFOSSO
École Centrale Paris - 3e année, option Aménagement et construction, module TIC 2008-2009 (3h/an)

Electroacoustic reverberation enhancement systems: Carmen and its installation in performance halls

Isabelle SCHMICH
TsingHua University, Building Acoustic Lab 2009 (2h, WebEx)

Acoustique des salles : systèmes à réverbération active

Isabelle SCHMICH
Université Montpellier II, Licence Pro Acoustique 2009 (3h)

ISO-17497-1: Real-scale measurements of the scattering coefficient

Isabelle SCHMICH
TsingHua University, Building Acoustic Lab 2010 (2h, WebEx)

Effets du vent en milieu urbain

Jérôme VINET
École nationale supérieure d'architecture de Paris La Villette (ENSAPLV), formation continue Ingénierie et architecture à haute qualité environnementale Avril 2010 (4h)

Acoustique du bâtiment

Rémy FORET
École Centrale Marseille, 3e année Décembre 2010 (4h)

Informatique ambiante dans le logement : problèmes et approches

Alain ANFOSSO
PolytechNice-Sophia Octobre 2008

Effets du vent en milieu urbain

Jérôme VINET
École d'Architecture de Nantes (ENSAN), UE sur les phénomènes d'ambiances Octobre 2009 (4h)

Notions d'acoustique environnementale

Jérôme DEFRANCE
Université du Maine, Master Pro Acoustique des Transports et de l'Environnement, semaine d'enseignement au CSTB de Grenoble 2007-2010 (6h/an)

Protections antibruit des transports terrestres

Marine BAULAC
Université du Maine, Master Pro Acoustique des Transports et de l'Environnement, semaine d'enseignement au CSTB de Grenoble 2007-2010

Formation professionnelle

Optimiser la conception acoustique des bâtiments avec ACOUBAT

Coordination : Pascal DUCRUET
FPC CSTB, 2009-2010 (2x1j/an)

Choix et optimisation des produits et systèmes d'éclairage

Coordination : Christophe MARTINSONS
FPC CSTB, 2009 (2x1j)

Optimisation de l'éclairage et calcul du facteur lumière-jour

Coordination : Christophe MARTINSONS
FPC CSTB, 2010 (1j)

Les performances acoustiques d'un bâtiment

Coordination : Michel VILLOT
Intervention de Jean-Baptiste CHENE, Claude MARTIN et Christophe ROUGIE (2010)
FPC CSTB, 2009-2010 (2x2j/an)

Formation de formateurs et de référents en Gérontologie

Alain ANFOSSO
Croix rouge, 2007 (30h)

Éclairage intérieur naturel, artificiel et mixte - Confort visuel et consommations

Michel PERRAUDEAU
CREPA Normandie Rouen, Intervention dans le cadre d'une formation HQE à destination des architectes de la Région Normandie, 2008-2010 (6h/an)

Éclairage intérieur naturel, artificiel et mixte - Confort visuel et consommations

Michel PERRAUDEAU
Intervention dans le cadre d'une formation HQE à destination des architectes de la Région Parisienne, 2009-2010 (4h/an)

PARTENARIATS

COLLABORATIONS AUTOUR DE PROJETS DE RECHERCHE

Partenaires académiques

CESBIO - Centre d'Études Spatiales de la BIOSphère, UMR 5126, CNRS, UPS, CNES, IRD

Chalmers University (Suède)

CNRM-GAME - Groupe d'études de l'Atmosphère Météorologique, URA 1357, CNRS-Météo-France

EHESP - École des hautes études en santé publique

GAUS - Groupe d'Acoustique de l'université de Sherbrooke (Canada)

INL - Institut des nanotechnologies de Lyon, UMR 5270, CNRS-ECL-INS-UCBL

IRSTV - Institut de recherche en sciences et techniques de la ville, FR CNRS 2488, CERMA, LMF, ESO

ISVR - Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton (Royaume-Uni)

LIENSs - Littoral, ENvironnement et Sociétés, UMR 6250, CNRS-Université de La Rochelle

LPGN - Laboratoire de planétologie et géodynamique de Nantes, UMR 6112 CNRS-Université de Nantes

LSIIT - Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédéttection, UMR 7005, CNRS-Université de Strasbourg

LSIS - Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes, UMR CNRS 6168, Université Paul Cézanne (St Jérôme)-Université de Provence-Université de la Méditerranée-Université de sud Toulon Var-ENSAM d'Aix-en-Provence

LTHE - Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et

Environnement, UMR 5564, CNRS, INPG, IRD, UJF Grenoble I

Oniris - École nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation Nantes-Atlantique

OU - Open University (Royaume-Uni)

Sheffield University (Royaume-Uni)

UGent - Ghent University (Belgique)

Université de La Rochelle-LEPTIAB - Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert, Instantanéité, Agro-ressources, Bâtiment, EA 4226

University of Bologna (Italie)

University of Bradford (Royaume-Uni)

Agences et opérateurs de recherche publics

CERTU - Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

CETE Lyon - Centres d'Études Techniques de l'Équipement de Lyon

DLR - Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Allemagne)

IBBT - Interdisciplinary institute for BroadBand Technology (Belgique)

INRA-EPHYSE - Unité de recherche en Écologie fonctionnelle et PHYSique de l'Environnement, Institut National de la Recherche Agronomique

INRETS - Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité

INRIA - Institut national de recherche en informatique et automatique

INRS - Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles

LCPC - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

LRPC Strasbourg - Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Strasbourg

ONERA-DOTA - Département Optique théorique et appliquée, Office National d'Études et de Recherches Aéronautiques

Sétra - Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements

TNO - Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (Pays-Bas)

Etablissements public de santé

Centre Hospitalier Universitaire de Besançon

Centre Hospitalier Universitaire de Nice

Centres de recherche industriels - Laboratoires privés

CERIES - Centre de recherche de la société Chanel

EDF R&D

TRL - Transport Research Laboratory (Royaume-Uni)

Industriels

Alstom

Arsenal

Bombardier

Canevaflor

Colas

Delta Dore

Legrand

Müller-BBM VibroAkustik Systeme

OSMOSE

SATEBA

Entreprises de transports

DB Bahn (Allemagne)

RATP - Régie autonome des transports parisiens

RFF - Réseau ferré de France

SNCF - Société nationale des chemins de fer français

SSB (Suisse)

Maîtrise d'œuvre-Ingénierie

ACOUPHEN

A-Tech - Acoustic Technologies (Belgique)

CASA - Cabinet d'Architecture Son Acoustique

EGIS

Epistaims

Maîtrise d'ouvrage-Acteurs territoriaux

Communauté d'agglomération de Sophia-Antipolis

Grand Lyon

Ville d'Oslo

Ville de Stockholm

Associations, centres techniques

Acoucité

CERQUAL

CEP CICAT - Centre d'Information et de Conseil en Aides Techniques

FCBA - Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement

Plante & Cité

ACCUEIL DE DOCTORANTS, CHERCHEURS, ÉTUDIANTS

EHESP - École des hautes études en santé publique

ENPC - École des Ponts ParisTech

ENTPE - École Nationale des Travaux Publics de l'État

ESIP - École Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers

**Hanyang University, Dept of Architectural Engineering (Corée du Sud)
Partenariat Hubert Curien**

I3S - Laboratoire d'Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia-Antipolis, UMR 6070, UNSA, CNRS

Institut Jean le Rond d'Alembert, UMPC

IUG - Institut d'Urbanisme de Grenoble

LAUM - Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, UMR 6613, CNRS, Université du Maine

UMLV - Université Paris Est Marne-la-Vallée

Université de Liège (Belgique)

UNSA - Université de Nice Sophia Antipolis

UPCAM - Université Paul Cézanne - Aix-Marseille III

SOUTIEN AUX POLITIQUES PUBLIQUES

ÉVALUATION DE PROGRAMMES ET PROJETS DE RECHERCHE

STW - Dutch Technology

Foundation - Appels à projets
Alain ANFOSSO (évaluation des
projets)

PARTICIPATION À L'EXPERTISE PUBLIQUE

MEEDDM - DHUP

→ Outils d'aide à la conception
acoustique des constructions
légères ou mixtes (2008-2010)
Michel VILLOT

→ Performance acoustiques des
bâtiments (2009)
Michel VILLOT

AIDE À L'ÉLABORATION DE LA RÈGLEMENTATION

MEEDDM - DHUP

→ NRA bruits de chocs - Étude
économique (2010)
Michel VILLOT

→ Réflexion sur la modification de
la réglementation acoustique
française (2008-2009)
Michel VILLOT

→ Mise à jour des exemples de
solutions acoustiques (2008-2009)
Catherine GUIGOU-CARTER

Union européenne, Joint Research Centre

CNOSSOS-EU, Groupe de travail
sur la révision de la Directive
européenne COM 2000/49/EC sur
le bruit des transports
2008-2010
Dirk VAN MAERCKE, Jérôme
DEFRANCE (participation aux
ateliers et à la rédaction des
documents de référence)

> EFFICACITÉ DU PROCESS CONSTRUCTION ET GESTION

Édito

Marc COLOMBARD-PROUT | Responsable du programme | marc.colombard-prout@cstb.fr

Sommaire

BILAN QUALITATIF 264

I. Présentation du programme 266

II. Axes et actions de recherche 271

1. Méthodes et instruments économiques d'aide à la décision 271

1.1. Contrats de partenariat et performance énergétique des bâtiments 271

1.2. Approche en coût global 272

1.3. Cycle de vie et durabilité des bâtiments 275

1.4. Autres actions et projets de recherche 275

2. Méthodologies et outils de pilotage des processus de conception, construction, gestion et maintenance 277

2.1. Solutions TIC pour la gestion de l'énergie et l'efficacité énergétique 277

2.2. Projets de construction 280

2.2.1. Pilotage – gestion 280

2.2.2. Contrôle réglementaire 281

2.2.3. Adaptabilité des bâtiments et maintien à domicile des personnes fragilisées 282

2.2.4. Services aux acteurs et soutien à l'innovation 282

3. Appui à l'évolution des métiers, compétences et pratiques professionnelles en liaison avec le Grenelle de l'environnement 285

Contributeurs 287

BILAN QUANTITATIF 288

Dans un contexte marqué par la prise de conscience des enjeux environnementaux, le secteur du bâtiment est aujourd'hui confronté à la nécessité de diminuer de façon drastique son impact environnemental (consommation d'énergie et émission de gaz à effet de serre). De nouvelles exigences, qui s'expriment notamment en termes de performance globale et de garantie de résultats, se développent au travers de nouveaux montages contractuels et de nouvelles modalités de financement, de l'essor des analyses portant sur le cycle de vie complet des ouvrages ou encore d'approches économiques en coût global.

Ces transformations représentent un enjeu majeur pour la filière construction et nécessitent de faire évoluer significativement le processus de programmation-conception-gestion des bâtiments afin d'optimiser et garantir leurs performances. Un des leviers pour y parvenir passe par une meilleure intégration des technologies de l'information de la communication (TIC) à ce processus et le développement des services qu'elles peuvent rendre aux professionnels comme aux usagers des bâtiments. Le programme de recherche « Efficacité du process construction et gestion » (EPCG) s'inscrit dans une logique d'accompagnement de la mise en œuvre des décisions du Grenelle de l'environnement autour du chantier énergétique ambitieux de la modernisation du bâtiment et de la ville.

Il vise à accompagner les professionnels dans la mutation de la filière, en mettant à leur disposition des instruments économiques, des approches méthodologiques et des outils d'aide à la décision ou de pilotage des processus de conception, construction, gestion et maintenance d'une part, en favorisant le développement et l'appropriation des innovations d'autre part. Les actions et projets de recherche concernent la qualité globale, la maîtrise des coûts et des délais et la valeur ajoutée pour l'usager final. Le recours aux TIC y est développé comme un moyen d'atteindre ces objectifs.

Le programme EPCG se positionne également comme un programme de recherche transversal, intervenant en appui à d'autres programmes (notamment ceux traitant de l'énergie et de la maîtrise des risques).

Le travail mené entre 2007 et 2010 a associé les compétences d'économistes, de sociologues et d'ingénieurs, favorisant ainsi le décloisonnement des approches et le développement des connaissances scientifiques.

BILAN QUALITATIF

Au cours des années 2007-2010, le programme EPCG a favorisé la constitution et le renforcement de communautés de chercheurs et le décloisonnement des approches notamment des approches économiques, sociologiques et techniques.

De nouvelles compétences ont été développées sur les contrats de performance énergétique pour les bâtiments publics de l'État et des collectivités locales, avec en perspective les copropriétés positionnant le CSTB dans le peloton de tête des connaissances.

Projets de conception/construction

Des synergies significatives ont été développées entre les actions de recherche en propre et les actions partenariales sur les thèmes du coût global, du travail collaboratif, du contrôle réglementaire des projets.

Un projet de conception/construction relève d'un processus transdisciplinaire qui fait intervenir de multiples métiers portés par de nombreux acteurs. Il constitue un système complexe qu'il faut piloter depuis la programmation du projet jusqu'à l'achèvement des travaux. Un tel pilotage doit s'appuyer sur :

- un ensemble d'outils (méthodes et aujourd'hui outils informatiques) pour maîtriser les différentes composantes elles-mêmes complexes du processus ; liées à des considérations de conception architecturale et technique, de prise en compte des besoins et attentes des utilisateurs/ou gestionnaires ainsi que des préoccupations environnementales, de contraintes réglementaires, de problématique financière, etc. ;
- une approche méthodologique pour intégrer la mesure, le contrôle et la qualité de l'interaction des disciplines et des acteurs dans les processus de conception et construction, en s'appuyant sur un système d'aide à l'évaluation et à la prise de décision.

In fine, le terme d'un tel projet de conception/construction conduit à la transmission aux gestionnaires immobiliers d'un dossier d'informations complet sur l'ouvrage. Il s'agit d'un ensemble de données techniques dont il est reconnu aujourd'hui qu'il doit prendre une représentation digitale s'appuyant sur une maquette numérique fondée sur des modèles IFC, IFD, IDM, etc., et d'éventuelles extensions

permettant de mieux intégrer dans la chaîne logicielle les applications métier (contrôle réglementaire, monitoring énergétique, etc.).

Solutions TIC innovantes pour l'efficacité énergétique et la gestion de l'énergie

Des solutions TIC ont été développées au niveau des bâtiments, des hôpitaux, des petits et moyens bâtiments tertiaires (moins de 6 000 m²) et des éco-quartiers. De même l'appui aux PME innovantes a été développé au travers de plateformes de e-business en complément des approches socio-économiques de rapprochement des organismes de financement et des financeurs privés auprès des PME qui les méconnaissent et les sollicitent insuffisamment.

L'amélioration de la gestion de l'énergie dans les bâtiments nécessite de mettre à la disposition des gestionnaires et des occupants des informations pertinentes sur le mode de fonctionnement du bâtiment et sur des approches d'amélioration et d'optimisation. Les développements actuels rendent possible la collecte d'un grand nombre de données sur les bâtiments en opération. Elles viennent compléter celles de la maquette numérique d'une part et les résultats de simulation d'autre part. L'enjeu est de les transformer en informations pertinentes éclairant les décisions des acteurs sur des choix ou des options. Deux types d'acteurs sont ciblés :

- les utilisateurs finaux (occupants), avec en particulier des interfaces simples de compréhension et d'utilisation ;
- les acteurs de l'exploitation qui doivent pouvoir bénéficier de tableaux de pilotage et d'aide à la décision entre autres, dans des contextes de schémas pluriannuels d'exploitation et d'évolution de patrimoine bâti.

Pour les transformer en informations pertinentes, le traitement des données doit s'appuyer sur des technologies avancées permettant de développer des modules s'insérant dans des chaînes logicielles à valeur ajoutée couvrant le cycle de vie des bâtiments. L'ensemble des projets menés autour de ces thèmes (en particulier en cofinancement européen) ont pour objectif de développer une connaissance dans ce domaine pour les équipes du CSTB.

À titre d'exemple, le projet européen REEB (2008-2010) a eu pour vocation de développer une vision des supports des TIC à l'efficacité énergétique

autour d'un concept de "Ubiquitous B2P" (B=Building, P=People) et d'identifier les technologies clés. Cette action a permis également d'envisager les futurs développements de systèmes à base de TIC à même de soutenir cette vision (développement d'une feuille de route stratégique) :

- objets communicants et/ou nomades, traitements numériques intégrés dans les objets de l'environnement bâti ;
- système de nouvelles interfaces homme-machine interactives/multi-modales, protocoles de communication et de mémorisation, etc.

Une telle feuille de route stratégique (et les livrables associés) permettant de définir au niveau européen et international une vision de la future R&D dans ce domaine trouve aussi son intérêt dans un apport potentiel fort, d'une part à la structuration et la programmation du programme de recherche du CSTB en précision de ses priorités stratégiques, d'autre part, à travers la participation du CSTB à la structuration d'une vision internationale sur la base de ses vues propres.

A ce jour, il reste nécessaire de synthétiser, valoriser et diffuser les résultats des actions de recherche propres, cofinancées et en support aux politiques publiques, qu'il s'agisse des outils et méthodes économiques pour l'aide à la décision ou à la gestion efficace et économe de l'énergie par les TIC.

Plusieurs résultats des travaux de recherche qui ont des retombées pratiques et opérationnelles font l'objet d'une diffusion auprès des professionnels, gestionnaires de patrimoine immobilier, maîtres d'ouvrage, BET et entreprises au travers d'actions de formation continue du CSTB.

Pour d'autres, notamment les travaux conduits sur le thème des approches de conception et gestion en coût global elles feront l'objet de la publication en 2012 d'un ouvrage théorique et opérationnel destiné aux professionnels et aux enseignants.

PRESENTATION DU PROGRAMME

1. GRANDS ENJEUX, OBJECTIFS ET FINALITÉS

Le bâtiment consomme 68,2 millions de tonnes d'équivalent pétrole (42,5 % de l'énergie finale totale) pour 2/3 dans les logements et 1/3 dans le secteur tertiaire. Le chauffage représente 70 % de la consommation générée par le logement. La part de la production d'eau chaude sanitaire, de l'utilisation des équipements ménagers et de l'éclairage dans cette consommation est estimée à 30 %. Près de 3,5 milliards de m² chauffés sont concernés auxquels il faudra ajouter la construction de 15 à 20 millions de nouveaux logements d'ici 2050, sans oublier les bâtiments tertiaires.

Les acteurs du bâtiment (construction et gestion) se trouvent face à un défi de taille : réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre (Ges), réaliser 20 % d'économies d'énergie et porter à 20 % de part des ENR à l'horizon 2020, voire plus. Par ailleurs, l'impact de la rénovation sur le nombre d'emplois directs et indirects est estimé à 180 000. Ces emplois sont liés à la maîtrise de la demande d'énergie, à la réhabilitation de 800 000 logements énergivores et à la réalisation de travaux conduisant à une haute performance énergétique (50 kWh/m²/an en énergie primaire pour le chauffage). Dans le même temps, il faut assurer le renouvellement générationnel de dizaines, voire de centaines de milliers d'emplois liés aux départs à la retraite d'ingénieurs, d'architectes, de salariés et artisans.

Les leviers atteindre ces objectifs de réduction de la consommation d'énergie et de réductions des émissions de GES sont accessibles par :

- la généralisation des meilleures technologies disponibles dans le neuf et la réhabilitation mais aussi, la modernisation progressive dans le temps, notamment à l'occasion du renouvellement des contrats de location dans le logement et le tertiaire ;
- la diffusion à un rythme et un volume rapide des bâtiments à base consommation (BBC), passifs (Bepas) et à énergie positive (Bepos).

Dans les faits, l'écart entre les objectifs initiaux et la réalité constatée en exploitation démontre la nécessité de faire évoluer les pratiques de conception et de gestion afin d'optimiser les performances et de garantir les résultats annoncés. Parmi les facteurs de dérive identifiés : l'éclatement des responsabilités de l'efficacité

énergétique entre maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, gestionnaire et utilisateurs, le déficit de connaissances sur la prise en compte de la maintenance dès la conception et la difficulté à mobiliser les occupants à la performance énergétique dès lors que les installations sont défailtantes.

Pour remédier à ces constats, les acteurs et les professions de la construction et de l'immobilier vont devoir s'engager dans une mutation intellectuelle et une rupture culturelle. Désormais, il est nécessaire de rechercher la performance globale des bâtiments. Notamment au travers d'une l'approche en coût global étendu dont le concept est loin d'être nouveau mais dont l'application opérationnelle reste limitée. Des actions sont engagées pour construire des bibliothèques de données « coût global » par des systèmes et des outils de calcul pour rendre cette démarche opérationnelle. Sensibiliser par des outils à cette approche intégrant l'ensemble du cycle de vie des constructions constitue l'une des pistes envisagées par ce programme.

Pour parvenir à cette performance globale, les acteurs doivent dépasser les logiques professionnelles particulières de métiers et de corps d'état et atteindre des résultats mesurables tout au long du cycle de vie. Les pratiques courantes doivent évoluer afin de satisfaire aux exigences associées aux objectifs de performances énergétiques. Une culture de la vérification et de l'exploitation énergétique des bâtiments doit se développer. L'exigence s'étend à la Garantie de résultats au travers notamment, de nouveaux montages contractuels et aux modalités de financements de la nouvelle génération de Contrats de performance énergétique avec garantie de résultats dans le cadre des Contrats privés ou des Marchés publics ou assimilés pour les bâtiments de l'État et des collectivités locales. Plus globalement, les processus de programmation, de conception, construction et gestion des constructions doivent donc significativement évoluer.

Certains volets de ce programme s'attachent à accompagner les acteurs pour faire face à cette mutation de la société. Il s'agit de mobiliser et de développer, en relation avec les acteurs concernés, les compétences et les moyens de formation, en particulier initiale, visant à créer les conditions d'obtention des performances ambitieuses (facteur 4) affichées. Il s'agit également de soutenir les acteurs dans l'innovation. En effet, un premier état des lieux a fait ressortir de grandes difficultés

pour les entreprises innovantes à obtenir des financements de type bancaire. Par ailleurs, il ne faut pas négliger le rôle des artisans dans la promotion des produits et des actions d'économies d'énergie et de développement durable, ni le rôle de la distribution comme promoteur de la diffusion de produits et d'équipements favorables à la qualité énergétique, environnementale et sanitaire dans l'habitat.

Les technologies, en particulier celles de l'information et de la communication (Tic), leur intégration et leur mise en œuvre doivent être pensées dans une approche systémique de services futurs aux professionnels de la construction et de l'immobilier, à l'utilisateur, à l'occupant, au gestionnaire, au bailleur, etc. Il semble important de favoriser l'adaptabilité et l'acceptabilité par les acteurs de la construction et de l'immobilier des innovations et des évolutions des TIC. Plusieurs applications se profilent, notamment : développer un environnement ouvert permettant le partage d'informations et d'outils entre les partenaires d'un projet de construction, développer et expérimenter des solutions TIC favorisant la réduction des consommations énergétiques à l'échelle d'un bâtiment et/ou d'un quartier ou dans l'habitat par l'utilisation des objets communicants. Par exemple, l'application à l'éclairage des meilleures techniques disponibles (Led, Oled) associées à des systèmes intelligents de contrôle (atténuation de l'éclairage, capteurs de la lumière du jour, capteurs de présence, prise en compte des plannings d'occupation par les systèmes centralisés, gestion des brises soleils) permettraient de réduire de 30 % les consommations d'énergie.

La thématique de recherche abordée dans le programme EPCG invite à une réflexion qui inclue la diversité des bâtiments construits (maisons, immeubles collectifs, tertiaires,...), leurs occupants et les aspects économiques, psychosociologiques et techniques. Il s'agit pour le CSTB de mettre à la disposition des acteurs du bâtiment tous les outils (aide à la décision, ingénierie concurrente,...) pour améliorer l'efficacité du processus de construction-gestion.

Le programme EPCG vient en appui aux programmes Bâtiments à énergie positive (Bepos) et Modernisation durable des bâtiments existants (MDE), et à certains projets menés autour de la maîtrise des risques. Au-delà, il vise à accompagner la mise en œuvre des décisions du Grenelle de l'environnement concernant le chantier énergétique ambitieux de la modernisation du bâtiment et de la ville.

Les finalités du programme sont la qualité globale, la maîtrise des coûts et des délais, la valeur ajoutée pour l'utilisateur final (qui n'est pas uniquement liée à la réduction de sa facture énergétique). Le recours aux TIC sera développé afin d'atteindre ces objectifs.

2. QUESTIONS INITIALES POSÉES À LA RECHERCHE

Les actions et projets de recherche menés dans le cadre du programme EPCG depuis 2007 visent à répondre aux nombreuses questions soulevées par l'évolution du processus de construction-gestion des bâtiments d'une part, et par son impact sur la filière et les acteurs d'autre part :

- Comment fiabiliser les outils de diagnostic et les chaîner avec des modules de comparaisons de solutions, de chiffrage, d'évaluation de l'efficacité des scénarii de travaux, d'aide à la décision ?
- Quelles étapes et pack de solutions pour la modernisation progressive, étalée dans le temps des bâtiments tertiaires ?
- Comment assurer la faisabilité socio-économique des premières générations de BBC, Bepas, Bepos avec un sur investissement inférieur à 5 % ?
- Quels indicateurs pour apprécier les interactions entre surcoût investi, performances (HQE, THPE, BBC, Bepos), coût d'exploitation, satisfaction des utilisateurs ?
- Comment assurer la fiabilité et la qualité de la mise en œuvre en phase chantier par tous les acteurs concernés ?
- Quels sont les interactions entre choix d'investissement, coûts d'exploitation/maintenance, dépenses de fonctionnement et consommations de fluides ?
- Quelles sont nos connaissances des coûts d'exploitation maintenance et de fonctionnement des bâtiments ?
- Quels sont les avantages et les bénéfices des approches intégrées ? Comment les mesurer : temps de retour sur investissement, taux de rentabilité des investissements, coût global, coût global associé, coût global partagé ?
- Quels sont les apports et les limites de l'approche par le coût global (méthodologie analytique, mise en œuvre, retour d'expérience, efficacité et perspective d'amélioration) ?

- Quels sont les surcoûts du développement durable ? Pour quelles réductions des coûts d'exploitation ?
- Comment mesurer et maîtriser les investissements spécifiques ? Quelle création de valeur par le développement durable ? Quelle réduction des risques d'obsolescence technique et sociale prématurée ?
- Quels sont les ingénieries financières disponibles ou nécessaires ?
- Quelles évolutions des compétences, des savoirs faire et métiers impliquent la modernisation énergétique, les BBC et les Bepos ? Quels nouveaux métiers, nouvelles professions, nouveaux services ?

Des réponses nouvelles et approfondies ont été apportées à certaines de ces questions dans le cadre du programme EPCG pendant que d'autres ont été abordées au travers de projets et d'actions de recherche rattachés aux programmes Bepos et MDE.

3. ORGANISATION

Le programme EPCG a formellement été structuré autour de trois axes, correspondant à autant de sous-programme :

- Méthodes et instruments économiques d'aide à la décision ;
- Méthodologies et outils de pilotage des processus de conception, construction, gestion et maintenance ;
- Appui à l'évolution des métiers, compétences et pratiques professionnelles en liaison avec le Grenelle de l'environnement.

Le dernier axe a fait l'objet de deux actions de recherche en 2008 autour de l'intégration sociale des innovations et des compétences nécessaires au développement des bâtiments « facteur 4 ». Il a ensuite été temporairement laissé de côté mais doit être relancé en 2011 avec la définition d'une ou deux actions stratégiques.

4. FAITS MARQUANTS

Rapprocher innovateurs et financeurs

Financé par un fonds européen, le programme Build Nova s'est achevé en avril 2008. Il s'agissait dans un premier temps d'analyser les mécanismes de financement aux PME innovantes du secteur de la construction. Les dispositifs du pays basque espagnol, de la Belgique, de la France, de la

Finlande et de la Pologne ont été examinés. Il en ressort un constat commun : s'ils sont bien dotés (à l'exception de celui de la Pologne), les organismes financeurs restent cependant mal connus, donc trop peu sollicités par les petites entreprises. C'est le cas en particulier des financeurs privés français (*business angels, venture capitalists*) qui, eux-mêmes, n'ont pas une vision complète des activités innovantes dans la construction.

L'autre volet du programme a consisté à organiser dans chaque pays des *business forums*, où les entreprises innovantes et les financeurs pouvaient se rencontrer. Le CSTB, partenaire de Build Nova pour la France, a organisé pour sa part quatre manifestations de ce type entre décembre 2006 et avril 2008.

Évoluer vers une conception et une ingénierie de produits plus intelligente : SWOP

Le projet européen SWOP (*Semantic Web-based Open engineering Platform*) affiche l'objectif ambitieux d'élaborer une méthodologie, une infrastructure et des outils permettant l'assemblage de composants pour générer un produit complexe. Plus concrètement, il vise à étendre la notion de catalogues de produits électroniques et à évoluer vers une conception et une ingénierie de produits plus intelligente. Dans le cadre de ce projet, outre son rôle de coordinateur technique, le CSTB a participé à la création d'un environnement logiciel facilitant le développement d'applications pour l'optimisation de la configuration de produits, y compris les plus complexes. On en retiendra les trois principaux éléments :

- un modèle « pivot » du produit décrit en XML ;
- un ensemble de règles d'assemblage « métier » écrites sous forme de scripts et utilisant les classes définies dans le modèle pivot ;
- un moteur d'optimisation, basé sur les algorithmes génétiques.

Les applications potentielles dans le secteur de la construction sont nombreuses.

RÉBU : analyser le fonctionnement de bâtiments tertiaires

L'étude exploratoire Rébu (Retour d'expérience de bâtiments de bureaux), menée en partenariat avec le groupe Icade, a permis d'analyser le fonctionnement de quelques bâtiments de bureaux récents dont la conception et la réalisation ont fait l'objet d'une certification des

performances environnementales et de conduite de projet. Elle a notamment questionné l'écart entre les objectifs initiaux et la réalité constatée en exploitation. Il en ressort un décalage sensible, démontrant la nécessité de faire évoluer les pratiques de conception et de gestion afin d'optimiser les performances et de garantir les résultats annoncés.

Les principaux facteurs de dérive sont :

- l'éclatement des responsabilités de l'efficacité énergétique entre maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, gestionnaire et utilisateurs ;
- le déficit de connaissances sur la prise en compte de la maintenance dès la conception ;
- la difficulté à mobiliser les occupants à la performance énergétique dès lors que les installations sont défectueuses.

L'étude suggère par ailleurs d'organiser des observatoires de la performance réelle des bâtiments.

Coût global : un partenariat avec l'AP-HP

Les approches en coût global manquent encore de fiabilité, faute de données et de connaissances précises sur l'économie de la maintenance. Depuis 2005, un partenariat avec l'Assistance publique - Hôpitaux de Paris (AP-HP) a permis d'analyser l'ensemble des postes de travaux d'entretien, de maintenance et de fonctionnement immobilier de 37 établissements hospitaliers et 12 centres hospitaliers universitaires. Plusieurs familles d'hôpitaux ont ainsi été distinguées ce qui a permis d'explicitier et d'identifier les indicateurs de coût les plus pertinents en fonction de l'activité hospitalière. Le croisement de nouvelles données devrait permettre de préciser les principaux facteurs influençant les budgets de maintenance, notamment ceux liés à la conception architecturale. L'objectif est de constituer un réseau d'échange de données et d'expériences pour faciliter les choix de construction ou de rénovation. Par ailleurs, les arbitrages dans la programmation pluriannuelle des travaux de maintenance nécessitent de nouveaux référentiels et de nouvelles pratiques.

Le CSTB a également participé à l'expérimentation d'une cartographie des risques immobiliers dans un hôpital, réalisée par l'Université de technologie de Compiègne afin d'élaborer un schéma directeur immobilier pour cet établissement.

L'industrialisation du bâtiment pourrait passer par la rationalisation sur site

L'appel d'offres du réseau Erabuild, cofinancé par le Plan urbanisme construction architecture (Puca) en 2007 et 2008, est axé sur la coopération entre des programmes nationaux de soutien à la construction durable de sept pays européens. Dans ce cadre, le projet franco-danois Trans-users, alliant le CSTB et SBI (Danish Research Building Institute) a examiné les stratégies d'industrialisation dans une perspective de production à la demande dans laquelle l'utilisateur pourrait mieux trouver sa place que dans les modes opératoires actuels. Les tentatives de production industrielle de bâtiments « prêts à consommer » ont connu jusqu'ici peu de succès en Europe. À partir de cas probants couvrant la réhabilitation des hôtels Formule 1 (Accor), des maisons individuelles préfabriquées et des maisons modulaires en béton, les opérations basées sur les procédés 3D ont montré leurs limites, notamment dans le logement individuel où la recherche de personnalisation s'accorde mal avec les coûts très compétitifs des modes de construction traditionnels. L'industrialisation apparaît comme un moyen d'aboutir à un mode de production "Lean", c'est-à-dire sobre, au plus juste de l'utilisation des ressources disponibles (finances, main d'œuvre, matériaux, énergie,...).

L'industrialisation du bâtiment pourrait passer par la rationalisation des modes de production sur site, *a fortiori* pour atteindre des objectifs de performances environnementales. Cela nécessiterait que les acteurs de l'acte de construire travaillent de concert et s'inscrivent en rupture avec des pratiques anciennes qui veulent que la responsabilité de chacun se limite au cadre de son intervention.

Les chercheurs du CSTB ont identifié deux clés de réussite : placer l'utilisateur final au cœur de la logique et anticiper les difficultés de réalisation. En outre, les acteurs doivent s'organiser autour d'une vision partagée de leur métier, désormais centré sur le service et non plus sur la réalisation d'un projet de construction.

PLUG & PLAY : choisir composants et systèmes sur Internet

Plug & Play est un projet de recherche collaborative soutenu par le PUCA dans le cadre du réseau Erabuild. Il a pour objectif majeur d'établir les fondements conceptuels et technologiques pour pouvoir, à terme, choisir sur Internet les différents composants et systèmes entrant dans la construction d'une maison et les assembler pour obtenir le bâtiment final, en suivant les

préférences de l'utilisateur et en respectant l'ensemble des contraintes d'assemblage.

Dans ce cadre, le CSTB a joué un triple rôle. En tout premier lieu, il a proposé une modélisation des connaissances « métier » nécessaires au développement d'un outil TIC pour une configuration de masse des bâtiments. Il a contribué à l'analyse et à la sélection des technologies appropriées pour la mise au point de cet outil. Enfin, il a spécifié une plate-forme ouverte pour la configuration et la personnalisation de masse d'un bâtiment d'habitation. À noter que cette plate-forme a vocation à s'interfacer naturellement avec des outils TIC existants dans le secteur du bâtiment et elle est centrée sur l'utilisateur.

Quels processus d'achats pour les entreprises de construction ?

L'objectif du projet Supply, mené par le CSTB en coopération avec deux universités danoise et suédoise et un centre de recherche finlandais (VTT), est de mettre en évidence la manière dont les entreprises de la construction gèrent leurs achats et les relations qu'elles entretiennent avec leurs fournisseurs. Les stratégies de quatre majors français et scandinaves du secteur de la construction ont ainsi été examinées.

L'analyse a montré que le processus de rationalisation et de centralisation des achats constitue une tendance forte, ce qui permet de négocier des conditions tarifaires bien meilleures que n'aurait pu le faire une unité décentralisée. Par ailleurs, les accords-cadres réduisent les risques liés au chantier, en incitant les fournisseurs à respecter les délais de livraison, la sécurité et l'environnement. Ces éléments apportent un cadre sécurisant aux chefs de chantier et conduisent à sélectionner les fournisseurs les plus « vertueux ». Cette tendance semble irréversible car elle contribue à la qualité des ouvrages finis et à la performance des sociétés impliquées. Pour autant, elle a peu de chance d'aller aussi loin que celles développées dans des secteurs tels que l'automobile ou l'aéronautique. En effet dans le bâtiment, l'autonomie d'achat et d'organisation dont bénéficient les équipes sur le terrain apporte une souplesse et constitue une garantie face aux aléas du chantier et au mode de coordination plus ou moins formel d'une « entreprise temporaire » qui est en œuvre sur chaque chantier.

Un guide pour faciliter la mise en œuvre des contrats de performance énergétique

Les contrats de performance énergétique constituent des dispositifs innovants à travers lesquels un opérateur propose à un maître d'ouvrage gestionnaire des travaux d'efficacité énergétique adossés à une garantie partielle ou totale de réduction des consommations d'énergie. Ces principes commencent à être appliqués aux établissements d'enseignement avec les objectifs 2020 du Grenelle.

Le CSTB et Ecocampus viennent de publier un guide cofinancé avec l'Ademe pour le montage, la contractualisation et le suivi de ce type de contrat. Son comité de pilotage a associé les régions Alsace et Centre, deux départements et la mission d'Appui au Partenariats Public/Privé. Il est le résultat d'une capitalisation du CSTB sur ce champ depuis plusieurs années. Ce document a offert l'opportunité d'exposer les principes d'une planification stratégique des investissements d'efficacité énergétique Grenelle adaptés à des parcs importants, de présenter des bouquets de travaux mixant des solutions à forte ou moindre rentabilité et d'insister sur le développement d'une culture de la vérification et de l'exploitation énergétique des bâtiments.

Il aborde également des points plus techniques comme les véhicules juridiques compatibles avec cette garantie de résultats, les moyens à mettre en œuvre pour un accord des parties sur l'état initial et sur la consommation de référence qui servira de base aux calculs des économies, l'analyse des risques comme étape préalable à la définition du contenu et de la portée de tels dispositifs, la programmation performantielle, le rapport annuel d'exploitation et la fin du contrat.

AXES ET ACTIONS DE RECHERCHE

Les actions de recherche menées entre 2007 et 2010 et leurs principaux résultats sont présentées ci-dessous par sous-programme.

1. MÉTHODES ET INSTRUMENTS ÉCONOMIQUES D'AIDE À LA DÉCISION

Pilote : Orlando Catarina

1.1. CONTRATS DE PARTENARIAT ET PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS

Les nouveaux montages contractuels et les modalités de financements de la nouvelle génération de contrats de performance énergétique avec garantie de résultats ont été étudiés, qu'ils s'inscrivent dans le cadre des Contrats privés ou des Marchés publics ou assimilés, pour les bâtiments de l'État et des collectivités locales (variantes conception / réalisation, Marché négocié à prix provisoires, Marché de service d'économie d'énergie).

Pour les bailleurs sociaux, ils représentent une façon de faire évoluer les montages financiers destinés à couvrir les besoins en financement pour les travaux d'amélioration de la performance énergétique des logements collectifs sociaux.

Pour les copropriétés, ces nouvelles formes de partenariat ouvrent la voie à l'élaboration de montages financiers personnalisés et au développement des outils de dialogue, de simulation de scénarii de financement et d'aide à la décision avec les copropriétaires afin de faciliter et d'accélérer la prise de décision de leurs assemblées générales.

⇒ Nouvelles formes partenariales et performance énergétique des bâtiments

Pilote : Orlando CATARINA

Cette recherche visait la réalisation d'un premier retour d'expérience des contrats de performance énergétique (CPE) en cours de montage. La lecture proposée de ces approches s'appuyait sur une typologie de cette famille d'outils fondée sur les premières expériences recensées. Il s'agissait aussi d'analyser comment les contrats de performance énergétique en cours de montage répondent aux enjeux du plan climat.

Lors des débats qui ont conduit à la rédaction de l'ordonnance du 17 juin 2004 les concernant, il en était attendu un meilleur respect des délais et des coûts, un meilleur partage des risques et une meilleure qualité de service délivré aux usagers du bâtiment et des offres plus innovantes. Les questions liées à une meilleure prise en compte de la problématique du coût global et de la maîtrise des consommations d'énergie ne ressortaient pas des articles de la presse professionnelle.

Les travaux se sont donc attachés à identifier la façon dont la problématique de l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments est abordée dans ces contrats de partenariat. Il en ressort que la question de la performance énergétique apparaissait comme secondaire dans les premiers partenariats publics-privés (PPP) du bâtiment, les personnes publiques n'ayant pas imposé, dans un premier temps, d'objectifs de niveau de consommation d'énergie dans leur programme fonctionnel.

Cette situation résulte de la tendance des membres des sociétés de projet à fonctionner selon une logique « métier » et à ne pas penser l'action « conception, production, gestion » dans sa globalité. Par ailleurs, les acteurs impliqués en phase de conception n'effectuent pas des choix optimaux faute d'information fiable sur la durée de vie des produits et des équipements notamment dans un environnement donné. Enfin, les personnes publiques qui possèdent un patrimoine immobilier conséquent n'ont pas encore constitué une base de données intégrant des informations sur les consommations d'énergie et les caractéristiques physiques et techniques des bâtiments dont elles assurent la gestion.

Néanmoins cette situation n'est pas figée. Les débats liés au Grenelle de l'environnement, les évolutions réglementaires annoncées notamment au niveau des consommations minimales à atteindre (RT 2012) et les retours d'expérience des premiers contrats ont conduit à une forte inflexion et à une évolution de la nature des projets. L'objectif d'amélioration de la performance énergétique des bâtiments et des installations s'impose ainsi progressivement dans les contrats en cours d'attribution. La diffusion de guides présentant les enjeux et la démarche à suivre dans les contrats de partenariat devrait aussi contribuer au renforcement des compétences de la personne publique.

Pour le reste et sur la base de retours d'expérience dans plusieurs pays, il s'avère que les délais et les coûts annoncés sont davantage respectés en PPP que dans le cadre de procédures classiques du type

marchés séparés. En revanche les PPP n'apparaissent pas comme une source d'innovation en raison du pouvoir dominant des investisseurs qui ne souhaitent pas prendre de risques pour lesquels ils ne sont pas rémunérés.

Quant à la qualité de service, il est difficile de mettre sur le même plan les projets de PPP et ceux menés selon des procédures classiques qui ne sont pas centrées sur le service et qui bénéficient le plus souvent de ressources inférieures (par exemple au niveau des budgets d'exploitation maintenance).

Les rares études qui se sont interrogées sur l'engagement des sociétés de projets dans une démarche en coût global indiquent que la plupart des titulaires des contrats de partenariat n'ont pas tendance à raisonner en coût global. En revanche, le PPP garantit des budgets maintenance pérennes alors que ces budgets constituent une variable d'ajustement dans les autres procédures publiques.

Cette recherche a permis de développer de nouvelles compétences de l'équipe, notamment autour des CPE. Celles-ci ont été valorisées de différentes manières : développement de formations CSTB sur les CPE, définition et la mise en œuvre d'une politique énergétique sur un patrimoine immobilier, rédaction d'un guide de montage et de suivi des CPE pour les collèges et les lycées, étude avec Service public 2000 pour l'Agence régionale de l'Environnement et des Nouvelles Énergies (Arene) sur le potentiel des CPE en région Ile de France, des interventions à des colloques (région Centre, salon des Maires, audition Ortega, etc.).

1.2 APPROCHE EN COÛT GLOBAL

⇒ **Programmation-conception-gestion en coût global (2008-2010)**

Pilote : Orlando CATARINA

La conception-gestion en coût global est un des outils à la disposition des professionnels pour les aider à accumuler des choix vertueux. Cette approche vise à mettre à disposition du décideur le maximum d'éléments d'appréciation lui permettant de sélectionner le système ou la combinaison la plus adaptée à l'usage et à l'évolutivité du bâtiment.

Ce concept est loin d'être nouveau, mais son application opérationnelle reste limitée. Aussi, l'objectif est de s'appuyer sur la norme ISO 15686-5 « Approches en coût global étendu » pour construire des bibliothèques de données coût

global par système et des outils de calcul pour rendre cette démarche opérationnelle.

Parallèlement, des partenariats ont été aussi engagés avec l'Assistance publique - Hôpitaux de Paris (AP-HP) et des collectivités territoriales pour renseigner des observatoires coût global avec des données relevées sur les coûts d'exploitation-maintenance de bâtiments de santé et d'enseignement.

En complément de ces observatoires, des fiches coût global par partie d'ouvrage ou équipement sont développées. Il s'agit de renseigner les coûts initiaux, les coûts de fluides, de maintenance, de gros entretien/renouvellement et de déconstruction pour une liste de solutions sélectionnées. Ces informations serviront à construire des cas types à partir d'opérations représentatives pour simuler et comparer des variantes afin de démontrer l'intérêt d'un raisonnement en coût global.

Un partenariat avec l'Untec (Union nationale des économistes de la construction) a aussi permis de développer une plateforme d'échanges d'informations sur les coûts d'exploitation-maintenance des collèges et lycées.

Enfin, une méthode de hiérarchisation des travaux de modernisation/gros entretien est testée à l'AP-HP à partir d'un raisonnement en coût global étendu. Cette démarche, testée sur le programme de rénovation des ascenseurs, vise à fixer des priorités en monétisant quatre risques :

- a. risque de discontinuité des services de soins en cas de panne ;
- b. risque de discontinuité des services de soins en cas d'exercice du droit de retrait des salariés ;
- c. risque de suraccident en cas de dysfonctionnement ;
- d. risque juridique pénal et civil en cas d'accident de personne.

⇒ **Simulateur de calcul en coût global d'une construction**

L'acheteur maître d'ouvrage est aujourd'hui confronté à la difficulté d'intégrer à son budget, en plus de la charge foncière et des travaux, les coûts d'utilisation de l'ouvrage (consommations et entretien, durée de vie et valeur résiduelle), voire les externalités (coûts environnementaux tels les émissions de gaz à effet de serre). Cette difficulté constitue un frein au développement durable dans les constructions.

Il est pourtant admis que, s'ils sont pris en compte en amont du projet, les objectifs de performance environnementale, qui se traduisent par des économies et des gains d'usage sur la durée de vie de l'ouvrage, ne sont pas contraires à la performance économique. Par ailleurs, les coûts d'utilisation sont récupérables dans la durée par tout acheteur et un nombre croissant de maîtres d'ouvrage souhaitent et peuvent arbitrer en budget global. Si les externalités ont des coûts socialisés, la fiscalité environnementale devrait conduire progressivement à les intégrer dans le calcul économique. Le raisonnement en coût global devrait donc progresser dans les opérations nouvelles et les travaux à réaliser sur les constructions existantes.

Le ministère en charge de l'écologie et du développement durable a donc lancé un projet d'incitation au calcul en coût global dans le bâtiment, visant à aider les donneurs d'ordre publics et privés à prendre en compte de manière raisonnée les coûts tout au long de la vie de l'ouvrage, et ne pas limiter l'analyse aux simples coûts initiaux.

C'est dans ce cadre, que l'équipe du CSTB (DESH et TIDS) a établi une analyse de la dernière norme ISO 15686-5 portant sur le coût global et ses perspectives de transposition au contexte français des investissements publics. Cette analyse a été complétée par le développement d'un logiciel de calcul des coûts et des bénéfices d'un ouvrage sur l'ensemble de son cycle de vie, permettant en outre de valoriser certaines externalités positives comme les émissions de gaz à effet de serre.

À la suite de cette étude menée en 2007, le CSTB a été mandaté en 2008 par le ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire pour mettre au point un outil de sensibilisation au coût global et de simulation. Celui-ci est accessible sur le site Internet du ministère depuis 2009⁸. Pour permettre aux maîtres d'ouvrage, acheteurs publics, administrations et collectivités territoriales de comparer différentes options au stade de l'étude de faisabilité avant d'effectuer leurs choix de construction, il propose l'élaboration de différents scénarios pour la réalisation d'un même projet de construction. La simulation en coût global est proposée pour quatre types courants de bâtiment : logements, écoles, bureaux et établissements de santé.

⁸ Cf. <http://www-coutglobal-developpement-durable-gouv-fr.aw.atosorigin.com/>

⇒ Étude sur les coûts de rénovation et sur la faisabilité technico-économique de travaux de rénovation à grande échelle dans le secteur immobilier tertiaire

Cette étude réalisée en partenariat avec Icade-Gestec pour le ministère en charge de l'Écologie et du Développement Durable, vise à préparer la rédaction du futur arrêté d'obligation de travaux de rénovation. Quatre axes ont été abordés :

- la description du parc : description architecturale, technique et fonctionnelle du parc de bâtiments tertiaires privés de type bureaux et commerces (avec la distinction entre centres commerciaux et autres commerces) de France métropolitaine. Cette description a également estimé la superficie de chacune des familles proposées ;
- la stratégie des acteurs en matière de réalisation de travaux et étude d'opportunité : une analyse des enjeux et de la stratégie des acteurs a été menée en définissant les différents acteurs et leur statut (propriétaire ou locataire, société immobilière, occupant ou bailleur, etc.), la surface moyenne du parc par type de propriétaire, la surface moyenne du parc possédée par un propriétaire, le type de bail (durée, prestations, charges, exigences pour les locataires,...). Il s'agissait également de déterminer les motifs de déclenchements des travaux et notamment les facteurs liés à l'augmentation de la valeur patrimoniale ;
- l'étude des coûts par composant : des travaux de rénovation élémentaire ont été proposés en documentant le coût global : coût des travaux, coût de maintenance, réductions de consommation associées ;
- l'étude des coûts de bouquets de travaux : l'objectif était d'évaluer les coûts de rénovation en fonction de la catégorie (bureaux, centres commerciaux, autres commerces) et du type de bâtiment, en adoptant une stratégie de rénovation par bouquets de travaux.

⇒ Rénovation facteur 4 des établissements d'enseignement

Projet cofinancé par la DHUP

Cette étude vise à explorer les solutions adaptées aux bâtiments d'enseignement et à leurs spécificités et s'inscrivant dans un cadre de rénovation progressive visant le facteur 4. Raisonner en performance effective conduit à aller au-delà de la qualité technique en traitant aussi de

gestion et d'usage. Au total, plus de trente actions d'efficacité énergétique, réparties entre l'énergie thermique, l'électricité et l'eau ont été organisées et présentées de façon indépendante. Le coût initial et les gisements d'économie figurent parmi les informations de ces fiches.

Cependant, les motivations d'une collectivité territoriale à rénover ne sont pas purement financières et la prise en compte d'externalités dans la logique de décisions est également à questionner. Aussi, des critères de décision autres que l'efficacité économique sont également mis en avant comme l'environnement, la santé et l'exemplarité. En effet, les raisonnements économiques qui fondent le bilan coût-avantage des actions en limitant les avantages aux économies directes sur la facture énergétique pénalisent souvent les solutions facteur 4. C'est pourquoi, les réflexions qui militent pour un élargissement du périmètre des impacts en explorant les externalités sont à encourager. Il s'agit par exemple d'explicitier comment la qualité d'usage et la qualité sanitaire des espaces peuvent contribuer à la décision facteur 4.

Les verrous organisationnels et humains à lever (dilution de la responsabilité énergétique, double tutelle, comportements) ont également été étudiés.

⇒ **Rénovation facteur 4 des bâtiments de bureaux**

Projet cofinancé par la DHUP

L'étude recense des bouquets de travaux de rénovation énergétique et en propose un chiffrage en coût global. En prenant comme hypothèse une augmentation annuelle des prix de l'énergie de 5 % et un taux d'actualisation de 8 %, la rénovation facteur 4 dans le tertiaire de bureaux est loin d'être la voie naturelle de l'investisseur. Les travaux d'amélioration naturels, c'est-à-dire les plus intéressants financièrement, sont le remplacement des équipements énergétiques qui devraient permettre de réduire les consommations énergétiques de 50 % en moyenne pour un temps de retour brut moyen de 7 ans. Les améliorations atteignant le facteur 4 sont bien plus coûteuses et seules trois familles de bâtiments sur cinq peuvent l'atteindre.

L'étude analyse également des mécanismes de tiers investissement :

- les marchés d'exploitation chauffage ou *facility management* ;

- le modèle Sinerg ;
- les modèles étrangers du *General service provider*, du *General planner* et du *Comprehensive refurbishment light*.

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

- **Les coûts d'exploitation des bâtiments hospitaliers et la relation à l'investissement et à l'activité hospitalière** (2007-2010).

Samer SLITEEN, université Paris-Est Marne-la-Vallée - École doctorale Entreprise Travail, Emploi

- **Déterminants économiques de la réhabilitation du parc de logements existants et politiques publiques d'incitation** (2008-2011).

Céline VARENIO, université Pierre-Mendès-France (Grenoble 2) - Laboratoire d'Économie de la production et de l'intégration internationale (LEPII).

⇒ **Instruments économiques et financiers de marché incitatifs à un développement sobre et efficace dans le bâtiment** (2008-2010)

Pilote : Haitham JOURNI

L'objet de cette action de recherche est d'effectuer une veille économique, réglementaire et technique sur les nouveaux mécanismes financiers et fiscaux incitatifs à l'innovation technologique dans la filière du bâtiment et plus globalement de la ville, pour un développement sobre du cadre bâti. Le but est d'offrir aux acteurs de l'immobilier et de la construction ainsi qu'aux décideurs, une vision claire des conditions de mise en œuvre de ces nouveaux instruments (certificats d'économie d'énergie, certificats verts, crédits carbone, crédits d'impôts, défiscalisation, etc.) et de leur efficacité technique, économique et environnementale. Il s'agit aussi de fournir une méthodologie ainsi que des outils d'aide à la décision permettant aux décideurs d'élaborer des stratégies de rénovation et de développement urbain durable (bâtiments et ville) sur la base d'une approche croisée : économique, technique et environnementale.

Le bilan de la première période triennale d'expérimentation 2006-2009 des Certificats d'économie d'énergie (CEE) s'est achevé le 30 Juin 2009. Ce travail a permis d'une part, d'évaluer l'état de développement et de diffusion de ces nouveaux instruments et d'autre part, de dégager

des outils d'aide à la décision sur la base d'analyses coût-efficacité, coût-bénéfices et analyses multicritères.

1.3 CYCLE DE VIE ET DURABILITÉ DES BÂTIMENTS

La durée de vie typique est une donnée à fort impact sur les analyses de cycle de vie et les Fiches de déclaration environnementale et sanitaire pour déterminer la performance environnementale des ouvrages. Les Certificats d'économie d'énergie en s'appuient également dessus, leur unité étant le kWh d'énergie finale cumulé et actualisé sur la durée de vie du produit (cumac). Il en est de même pour les approches en conception et gestion en coût global. Les durées de vie des composants sont demandées dans les contrats en partenariat public/privé (PPP) et nécessaires pour la maintenance proactive et le remplacement des matériaux et matériels (durée de vie prévisionnelle), en fonction notamment des conditions particulières d'environnement. Le suivi des performances et la durée de vie apportent des données nécessaires pour la conception et la gestion des ouvrages de demain à partir de la définition de codes de dégradation du produit et des paramètres impactant : les caractéristiques intrinsèques, les conditions de mise en œuvre, la résistance aux sollicitations environnementales et la caractérisation de ces sollicitations, les conditions d'utilisation et de fonctionnement.

⇒ **Évolution de la plateforme de capitalisation des durées de vie de produits de la construction (2008-2010)**

Pilote : Julien CHORIER

L'objectif de ce travail est de développer des outils d'aide à la conception prenant en compte le cycle de vie d'un bâtiment. Pour cela, il convient d'aider les concepteurs à construire un projet avec le meilleur compromis sur la durée de vie économique des composants, des ouvrages et des systèmes et de la consommation de ressources. Aussi, l'approche adoptée consiste à s'appuyer sur la norme ISO 15686 « Prise en compte de la durée de vie dans la conception et la gestion des bâtiments et des infrastructures », notamment sur la méthode des facteurs qui y est développée.

Cette action a notamment permis de développer et de tester avec quelques composants la plateforme sur la durée de vie des produits de construction. Il s'agit d'un outil collaboratif à disposition des

acteurs français et européens de la construction et de la gestion pour qu'ils renseignent les durées de vie constatées. Il propose une organisation de la connaissance relative à la durée de vie sous forme de grilles dans lesquelles sont stockées et répertoriées les données qui permettront de disposer d'une bibliothèque de durées de vie documentées avec les conditions de mise en œuvre, d'utilisation et de maintenance constatées.

⇒ **EVA DDVIE – Évaluation de la durée de vie des composants et systèmes (2006-2009)**

Projet PREBAT cofinancé par l'ADEME et coordonné par le CSTB

Partenaires : AIMCC, FFB, Groupe ICF, Groupe SMABTP, UNSFA

Pilotes : Jean Luc CHEVALIER, Julien CHORIER

Le projet EVA permet aujourd'hui de disposer de 10 grilles dynamiques de composants d'ouvrages et d'environ 200 données (durées de vie, données liées aux codes de dégradations, etc.). Ces résultats seront intégrés dans le logiciel ELODIE, mis au point pour mesurer l'impact global des constructions sur l'environnement (cf. programme « Quartiers et bâtiments durables »).

1.4 AUTRES ACTIONS ET PROJETS DE RECHERCHE

⇒ **COMPRIMMO – Conception d'outils et méthodes pour le pilotage stratégique et le pilotage des risques dans la gestion de patrimoines immobiliers (2008)**

Pilote : Régis BONETTO

En 2007, le CSTB avait proposé à une grande entreprise française d'expérimenter une approche de gestion patrimoniale innovante basée sur l'étude des risques : risques techniques, de conformité réglementaire, de valorisation du bien et risques environnementaux. Le travail de consolidation de cette méthode s'est poursuivi en 2008 pour déboucher sur un prototype de logiciel d'aide à la décision. La méthode consiste à qualifier les différents investissements à réaliser, non pas selon des critères exclusivement économiques, mais en les associant à des domaines de risques réglementaires, commerciaux, financiers, techniques et environnementaux.

Cette nouvelle approche offre la possibilité aux gestionnaires de patrimoine de hiérarchiser les actions de valorisation à entreprendre, d'effectuer

des arbitrages partagés. Deux prototypes de logiciels ont été élaborés : Description du patrimoine et Arbitrages et élaboration du plan d'actions stratégique sous contraintes budgétaires.

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

La notion de risque comme clef du pilotage d'un parc patrimonial immobilier (2006-2009)

Franck TAILLANDIER – Université de Savoie, LOCIE

⇒ Gestion de projets et commissionnement des BBC & Bepos (2008-2010)

Pilote : Nicolas COUILLAUD

Le commissionnement permet de vérifier que les performances globales du bâtiment et de ses systèmes sont conformes aux exigences initiales formulées par le maître d'ouvrage. Il s'agit aussi de fournir au personnel du bâtiment les connaissances nécessaires pour l'exploiter au quotidien tout en améliorant le confort des usagers.

Pour cela, le plan de commissionnement est l'outil primordial. Il permet de lister les points à vérifier et donne les moyens de réaliser ces tâches de commissionnement en fonction du projet ciblé. Il se construit à grâce à des modèles standards à partir d'une série d'indicateurs de performance choisis par le maître d'ouvrage. La réalisation de l'ensemble des tâches de commissionnement va permettre de vérifier que le projet est conçu et réalisé conformément aux exigences du programme. Le calcul des indicateurs de performance attestera des performances réelles de son projet tout au long de son cycle de vie.

Les outils de réalisation des tâches de commissionnement peuvent être des outils simples comme des listes de vérifications manuelles, plus complexes comme des procédures de tests fonctionnels ou peuvent recourir à des modèles de simulations. Ces outils peuvent être intégrés dans la Gestion technique du bâtiment (GTB) pour être automatisé et assurer le suivi des performances dans le temps lors de la phase d'exploitation.

Différents schémas organisationnels à l'œuvre dans la construction et les modes de passation des marchés d'entreprise ont été étudiés et complétés par l'étude de cas du projet Lieusaint. Un guide de commissionnement a également été rédigé, de même que le cahier des charges d'un outil de définition et de suivi du plan de commissionnement d'un ouvrage.

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie (2005-2008)

Nazila Kahina HANNACHI-BELKADI – Université Paris-Est Marne-la-Vallée

⇒ Erabuild-Supply - Nouvelle Industrialisation des processus d'approvisionnement (2008-2010)

Projet cofinancé par le PUCA

Pilotes : Frédéric BOUGRAIN, Marc COLOMBARD-PROUT

Le projet Erabuild-Supply a cherché à mettre en évidence la façon dont les entreprises de la construction géraient leurs achats et quelles relations elles entretenaient avec leurs fournisseurs. Une rationalisation de la chaîne logistique passe en effet par une modification des rapports entre les entreprises de construction et leurs fournisseurs. Pour répondre à cet objectif des études de cas ont été réalisées. Les stratégies de quatre majors du secteur de la construction, VINCI Construction France, BOUYGUES, SKANSKA et NCC Danemark, ont été examinées et mises en parallèle avec la politique d'achats d'un maître d'ouvrage : le groupe hôtelier ACCOR.

Les analyses de cas ont montré qu'au cours des dix dernières années tous les majors de la construction ont tenté par différents moyens de rationaliser les liens qu'elles avaient avec les entreprises placées en amont. La progression de ces accords-cadres devrait se poursuivre afin que les groupes atteignent les objectifs de sécurité et de respect de l'environnement qu'ils se sont fixés. Néanmoins ces stratégies de centralisation n'iront jamais aussi loin que dans d'autres secteurs industriels tels que l'automobile ou l'aéronautique. En effet l'autonomie dont bénéficient les équipes sur le terrain constitue une garantie face aux aléas du chantier. Elle est adaptée à la complexité et au caractère aléatoire des projets. Par ailleurs, elle est favorisée par le caractère informel des relations entre les acteurs qui conduit à des adaptations permanentes.

2. MÉTHODOLOGIES ET OUTILS DE PILOTAGE DES PROCESSUS DE CONCEPTION, CONSTRUCTION, GESTION ET MAINTENANCE

L'enjeu essentiel dans ce sous-programme est de faire émerger des actions qui visent à favoriser l'adaptabilité et l'acceptabilité par les acteurs de la construction et de l'immobilier des innovations et des évolutions des TIC. Ceci par une meilleure prise en compte des besoins socio-économiques et techniques des différentes catégories de professionnels et une plus forte implication de ces professionnels dans la définition des objectifs des actions, dans la validation des besoins et un « copilotage » des actions.

2.1. SOLUTIONS TIC POUR LA GESTION DE L'ÉNERGIE ET L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

⇒ REEB – *The European Strategic Research Roadmap to ICT enabled Energy-Efficiency in Building and Construction* (2008-2010)

Projet cofinancé par l'Union européenne

Partenaires : CSTB, VTT, CEA, ARUP, LABEIN, UCC, TUD, ACCIONA

Pilote CSTB : Alain ZARLI

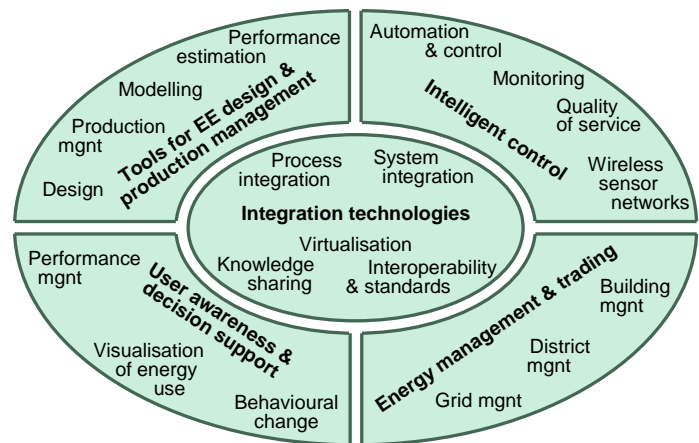
Objectifs, approche : mettre en place des communautés Reeb, nationales et européennes ; identifier les meilleures pratiques en cours sur l'efficacité énergétique des bâtiments facilitée par les TIC et les résultats des projets de recherche ; établir une vision et une feuille de route avec des recommandations pour leur mise en œuvre ; développer des activités de diffusion, formation et éducation au travers d'ateliers et de conférences techniques pour promouvoir l'adoption significative des résultats au travers d'une diffusion extensive.

Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet se sont déployés autour des différents *workpackages* (WP) :

- le WP 1 s'est focalisé sur le développement continu de la communauté Reeb impliquant les parties prenantes clés en Europe et dans le reste du monde avec une attention particulière aux communautés nationales dans les pays partenaires : Allemagne, Espagne, Finlande, France, Irlande et Royaume Uni. Plus de 500 contacts ont été identifiés et joints. La communauté internationale de recherche est actuellement composée de 189 membres dont

96 ont pour principal domaine technologique les TIC ;

- le WP 2 a permis de collecter 88 études de cas regroupées en cinq catégories qui traitent de concepts, de services et d'applications similaires (*voir schéma ci-dessous*) ce qui a permis la première identification à la mi-avril 2010 des 12 meilleures pratiques consistantes sur l'efficacité énergétique des bâtiments facilitée par les TIC. Chacune de ces pratiques comprend un scénario illustrant : le concept sous jacent, une brève description, le service fourni en matière d'efficacité énergétique, les résultats attendus en terme d'économies d'énergie, les principaux acteurs et usagers concernés, le niveau actuel de développement/maturité, l'état actuel de diffusion et les perspectives d'évolution au cours des prochaines années ;



- le WP 3 a permis de réaliser une cartographie des projets de recherche européenne et des initiatives internationales sur l'efficacité énergétique dans la construction permettant d'identifier les projets majeurs et les initiatives marquantes en recherche, les synergies et possibilités de fertilisation croisée ;
- le WP 4 a été l'occasion de réaliser plusieurs livrables : la feuille de route pour la vision sur l'efficacité énergétique dans la construction facilitée par les TIC ainsi que les priorités en matière de recherche, des recommandations d'actions pour sa mise en œuvre concernant la recherche/développement, les politiques publiques, les actions de coordination, les mesures à adopter, les initiatives de normalisation et les besoins en formation initiale et continue ;
- le WP 5 consiste en un ouvrage résumant les principaux résultats du projet et des notes de lecture sur l'efficacité énergétique dans la construction.

⇒ **Capteurs et systèmes communicants pour la traçabilité des produits, composants et équipements du bâtiment, la capture des usages et le diagnostic des performances réelles des bâtiments par poste d'usage** (2008-2010)

Pilote : Christophe MARTINSONS

L'objectif de ce projet est la mise au point d'un réseau de capteurs sans fil, de très faible consommation et de très grande autonomie (5 à 10 ans) avec un fonctionnement fiable et robuste, pour réaliser des diagnostics de performance et de confort dans le bâtiment. Le système sans fil est basé sur des puces RF commerciales 434/868 MHz et un protocole propriétaire dont la mise au point fait l'objet d'une thèse CSTB-XLIM. Une optimisation particulière des procédures de mise en veille et de réveil des nœuds des capteurs est réalisée.

La spécification de la couche physique a été effectuée à l'aide d'outils de simulation numérique basés sur la propagation électromagnétique dans les bâtiments et les statistiques de fluctuations de transmission. Un démonstrateur est en cours d'assemblage au CSTB de Grenoble. Il utilise des puces RF Texas Instruments pour les capteurs et une carte Gumstix pour le concentrateur (embarquant un OS, de la mémoire, les ports de sorties, etc.). Le démonstrateur sera testé en situation réelle dans le cadre du projet ANR ENERGIHAB (programme « Villes et territoires durables »). Ce système, lorsqu'il sera finalisé, pourra aussi être interfacé avec la CSTBBox développée dans le cadre de l'action de recherche « Les TICs pour de nouveaux services à domicile » du programme « Qualité des ambiances et des usages ».

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

Conception d'un réseau de capteurs sans fil dédié au diagnostic *in situ* des performances des bâtiments en exploitation (2008-2011)

Denis DESSALES – université de Poitiers, SIC-XLIM

⇒ **REViSITE – Roadmap Enabling Vision and Strategy for ICT-enabled Energy efficiency** (2010-2012)

Feuille de route permettant une vision et une stratégie d'efficacité énergétique par les TIC ; des réseaux locaux intelligents aux bâtiments et à l'éclairage intelligents

Projet cofinancé par l'Union européenne

Partenaires : Loughborough University, VTT, CSTB, KEMA ; INTEL, Fraunhofer-Institute for Production Systems and Design Technology IPK , Innova Spa
Pilote CSTB : Alain ZARLI

Face au développement des énergies renouvelables (23 % d'ici 2020) et à l'apparition sur le réseau de multiples générateurs locaux aux caractéristiques différentes, l'ambition de ReViSite est d'apporter une stabilité dans la gestion de la demande face à une production d'énergie intermittente *via* une gestion intelligente du réseau.

A ce jour, la région PACA, qui présente un déficit chronique de production électrique par rapport à la demande, souhaite se positionner en précurseur sur cette thématique. Le projet est articulé à d'autres initiatives locales (projet Premio du pôle Capénergies) et à celles d'acteurs nationaux ou locaux (IBM, EDF, CEA, Schneider Electric, PME de Sophia Antipolis).

Il a pour le moment été démontré que l'application à l'éclairage des meilleures techniques disponibles (LED, OLED) associées à des systèmes intelligents de contrôle (atténuation de l'éclairage, capteurs de la lumière du jour, capteurs de présence, prise en compte des plannings d'occupation par les systèmes centralisés, gestion des brises soleils) permettraient de réduire de 30 % les consommations d'énergie.

⇒ **IntUBE – INTelligent Use of Buildings'Energy information** (2008-2011)

Développement de solutions TIC innovantes pour la gestion intelligente de l'énergie au niveau des bâtiments et des éco-quartiers

Projet cofinancé par l'Union européenne

Partenaires : VTT, CSTB, university la Salle, Barcelona, Ariston, BSFI, SINTEF, TNO, university Cork, university de la Marche, university of Teeside, VABI, university of Stuttgart.

Pilote CSTB : Alain ZARLI

L'approche d'IntUBE est orientée vers le développement d'une plateforme de données permettant de centraliser, à travers des formats et des protocoles non-propriétaires : les données géométriques du ou des bâtiments (BIM), les données énergétiques issues de simulations (SIM) et les données de performances temps-réel issues de capteurs et compteurs (PIM).

Deux scénarios de démonstration sont prévus à la fin du projet d'illustrer la valeur ajoutée de cette plateforme :

- l'amélioration de la précision des outils de simulation énergétiques grâce au *benchmarking* des résultats de simulation avec les données de performance ;
- la restitution des données de la plateforme (à la fois des résultats de simulation (SIM) et des consommations en temps réel (PIM)) à l'occupant du bâtiment pour susciter une prise de conscience énergétique et inciter aux éco-comportements.

Le CSTB a piloté les livrables portant sur :

- la spécification de l'architecture de la plateforme IntUBE et de ses serveurs de données BIM/SIM et PIM ;
- la définition de l'interface homme-machine de restitution des données contenues dans la plateforme auprès de l'occupant ;
- le développement du logiciel *Heat trading simulation tool* : simulateur d'échanges d'énergie (de chaleur) au sein d'un quartier de bâtiments à la fois consommateurs et producteurs d'énergie qui s'entraident en fonction de leurs besoins ;
- la réflexion autour du concept de *challenge TIC éco-responsable* au sein d'un bâtiment tertiaire (ce concept est désormais mis en œuvre au CSTB Sophia Antipolis dans le cadre du projet ECOFFICES financé par la Région PACA et le FEDER).

⇒ HosPilot – *Intelligent energy efficiency control in hospitals* (2009-2012)

Intégration et expérimentation de solutions TIC innovantes pour l'efficacité énergétique dans les hôpitaux

Projet cofinancé par l'Union européenne

Partenaires : Philips NL, Philips Iberica, ACCIONA, LABEIN, VTT, CSTB, Groningen Hospital, San Pedro Hospital, GRANDLUND ; Seinajoki Hospital, ENOLEO ;

Pilote CSTB : Régis DECORME

HosPilot est un projet qui vise à démontrer l'efficacité des solutions TIC pour la gestion CVC et l'éclairage dans les hôpitaux. Trois hôpitaux pilotes partenaires du projet vont devenir des bâtiments démonstrateurs exemplaires en intégrant un certain nombre de technologies pré-commerciales permettant une gestion intelligente de leurs équipements énergétiques. Les solutions retenues peuvent permettre par exemple de moduler l'éclairage en fonction de la présence des personnes dans une pièce, de l'apport en lumière naturelle ou d'un calendrier d'utilisation prédéfini

pour cette pièce. Un quatrième hôpital corse a été intégré en cours de projet pour expérimenter des solutions intelligentes d'éclairage extérieur avec le support du CSTB.

A ce jour, le CSTB a contribué aux travaux suivants :

- définition du plan de dissémination et d'exploitation des résultats du projet ;
- élaboration du plan de *monitoring* et d'évaluation des technologies installées dans les différents hôpitaux pilotes ;
- démonstration de l'éclairage extérieur intelligent sur l'hôpital de Castelluccio.

⇒ COMETE – *Communication entre objets pour la maîtrise énergétique des bâtiments existants – Phase 3* (2005-2008)

Projet cofinancé par l'Ademe

Partenaires : Inno TSD, MBDS Valo, CSTB, ETSI, UNSA, SOMFY, GDF, HONEYWELL, VELUX

Pilote CSTB : Marc BOURDEAU

COMETE est un projet concernant la problématique de la réduction de la consommation énergétique dans l'habitat par l'utilisation des objets communicants. Il aborde à la fois les aspects technologiques (démonstration de la valeur ajoutée de l'approche), mais aussi socio-économiques tels que l'acceptation par l'utilisateur ou encore, l'offre de services associée à une telle approche.

Après deux premières phases d'étude exploratoire technologique et socio-économique et de développement d'un simulateur prototype, la 3^e phase du projet, dite phase sociologique, s'est centrée sur l'expérimentation du prototype et la réalisation d'une évaluation sociologique de son usage. Le travail s'est attaché à mesurer l'acceptation d'une approche de type COMETE par l'utilisateur, avec le support du simulateur développé en phase II du projet et adapté pour faire office de démonstrateur.

Au cours de cette 3^e phase, le CSTB a accompagné l'élaboration de la méthodologie de validation, ainsi que son suivi et participé à l'adaptation du simulateur. La principale conclusion de l'étude est que la crainte du dysfonctionnement de l'outil technique est susceptible, dans un certain nombre de cas, de prendre le dessus sur les apports réels de l'outil.

2.2. PROJETS DE CONSTRUCTION

2.2.1. PILOTAGE – GESTION

⇒ **PILOT – Instrumentation à base de modélisation et TIC pour la conduite des processus de conception en architecture** (2008)

Pilote : Ahmed LAAROUSSI

Cette action de recherche vise à spécifier et prototyper un outil d'assistance à la conduite de la conception en architecture. Cet outil n'a pas pour but de fixer le contenu d'une activité de conduite de la conception, mais permet de déterminer quand et sur quel point doit intervenir cette activité. L'objectif est en effet de favoriser la structuration d'une activité déjà existante – mais jusqu'ici menée de manière informelle – afin de la supporter par l'usage d'entités formelles et explicites et de capitaliser les données indispensables au pilote pour assurer sa tâche de suivi et de conduite de la conception.

La démarche a donc consisté à se baser sur un modèle prédictif et réactif de la conduite de la conception pour :

- spécifier un outil d'assistance à la conduite de la conception en architecture. Cette spécification concerne à la fois l'aspect technique (modélisation conceptuelle, architecture logicielle, structure de la base de données, intégration de module de contrôle d'accès, etc.) et l'aspect opérationnel (la mise en usage de l'outil, la définition et la configuration des services pour la conduite, etc.) ;
- développer un démonstrateur nécessaire à la confrontation de l'outil à son usage.

Le cahier des charges a permis de définir les exigences et contraintes fonctionnelles et techniques de l'outil dont une première version logicielle a été développée sur la base d'une Application Internet riche (RIA). Sa mise en situation dans un scénario métier a été l'occasion de commencer à la confronter à la réalité de la conduite de la conception de projets.

⇒ **InPro – Open information environment for knowledge-based collaborative processes throughout the lifecycle of a building** (2006-2010)

*Développement d'un environnement collaboratif pour la conception amont de projet de construction
Projet cofinancé par l'Union européenne
Pilote CSTB : Alain ZARLI*

InPro a pour objectif principal de développer un environnement ouvert permettant le partage d'information entre les partenaires d'un projet de construction. En d'autres termes, ce projet aspire à établir et à développer une solution collaborative basée sur le partage d'une maquette numérique (BIM) commune, ouverte et collaborative pouvant être utilisée par l'ensemble des acteurs impliqués tout au long du cycle de vie du projet de construction.

À ce stade, InPro s'est plutôt focalisé dans ses cas d'étude sur la phase de conception ou même de préconception. L'approche choisie par les partenaires a consisté à définir des scénarios d'utilisation basés sur l'utilisation d'une maquette numérique.

Plusieurs démonstrateurs ont été mis en place illustrant de façon concrète la faisabilité de l'approche InPro et soulignant ainsi la maturité des formats d'échange utilisés mais également les améliorations à apporter.

⇒ **DOC TECH CHANTIER – Méthodologie et outils supports à la constitution des documents et dossiers techniques au cours du processus construction d'un bâtiment** (2008)

Pilote : Benoit VINOT

Le chantier est un lieu où circule de nombreuses informations, entrantes (techniques, administratives, réglementaires, plans d'exécution, PV de réunions de chantier, situations de travaux) ou sortantes (Documents des ouvrages exécutés [DOE], Documents des interventions ultérieures [DIUO] qui décrivent les activités de manière codifiée).

L'action de recherche visait à analyser les problématiques liées à la gestion d'informations « chantier », réaliser un état de l'art des pratiques et des outils et examiner les perspectives d'application d'outils collaboratifs et documentaires. Elle a été mise en attente en 2009 en raison de l'absence ou de la non disponibilité de compétences internes ou externes en matière de pilotage, d'organisation, de planning et de

coordination de chantier d'une part et d'autre part, d'une insuffisance d'implication des futurs destinataires des résultats. Des questionnements sont apparus sur l'adéquation des objectifs et des travaux de recherche aux besoins des acteurs identifiés du pilotage de chantier en entreprise générale, en groupement d'entreprises ou en lots séparés.

2.2.2. CONTRÔLE RÉGLEMENTAIRE

⇒ **MOSAÏQUE – Méthodologies, outils et services à base d'informations structurées techniques pour l'aide au contrôle de conformité de réglementations au cours du processus de conception d'un bâtiment (2008)**

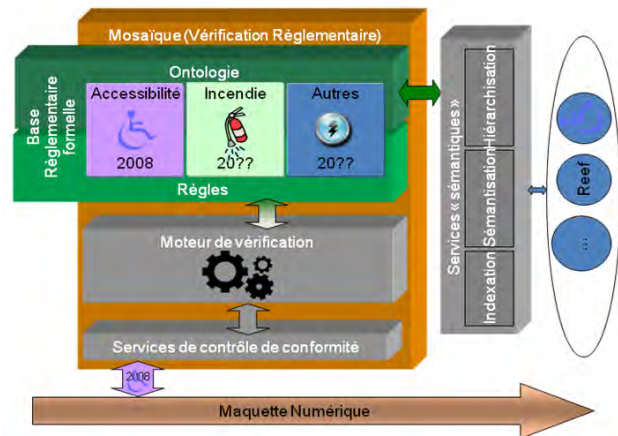
Pilote : Alain ZARLI

Le travail effectué dans cette recherche concerne la prise en compte de la réglementation, tout au long du cycle de conception, du contrôle et de la validation du bâti. Il s'est focalisé sur la spécification d'un atelier d'outils décisionnels aidant au contrôle de conformité dès la phase de conception avec comme domaine d'application la réglementation concernant l'accessibilité des établissements recevant du public pour des personnes à mobilité réduite.

La première étape a consisté à dresser un l'état de l'art des initiatives et des technologies supports permettant de réaliser les services attendus. Il en ressort que le concept de « BIM » (données géométriques du ou des bâtiments) reste le concept intégrateur sur lequel doivent se greffer des extensions venant du Web sémantique afin de permettre une convergence des acteurs, des connaissances et des outils.

Les principes de modélisation de la réglementation liée à l'accessibilité ont ensuite été étudiés au travers de la rédaction d'un cahier des charges des services attendus et d'une réflexion sur l'architecture logicielle à mettre en place. Cette formalisation s'est également appuyée sur un référentiel terminologique (« ontologie ») permettant d'exprimer et de représenter la connaissance sur le(s) domaine(s) abordé(s).

Les premiers résultats et acquis de ces travaux ont été intégrés dans l'action de recherche autour du Reef sémantique.



⇒ **Reef sémantique (2009-2010)**

Pilote : Nicolas BUS

L'objectif principal de cette action de recherche est de concevoir et de développer des services de recherche et de consultation avancés autour de la réglementation et des techniques de construction. Un panorama des besoins et des attentes des professionnels et des pouvoirs publics a été dressé par le biais d'une enquête auprès des professionnels. À la lumière d'une première analyse, un état de l'art en matière de techniques sémantiques de production et de recherche d'information a permis de mettre en application les innovations techniques et d'usage appropriées, en particulier pour la production, la recherche et la consultation des Avis Techniques (enrichissement du noyau sémantique par élargissement du thésaurus) et la liaison avec la maquette numérique (développement d'une application de recherche technico-réglementaire pour une application mobile et spécification d'un mode de consultation de ces informations à partir de la maquette numérique.

PROGRAMME DOCTORAL ASSOCIÉ

- **Méthodes et technologies sémantiques en support à la création et à l'utilisation de réglementations (2009-2012)**

Khalil-Riad BOUZIDI, université de Nice - École doctorale Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC).

- **Modélisation de contrôle de conformité : une approche ontologique** (2005-2009). Anastasiya YURCHYSHYNA, université de Nice - Laboratoire informatique Services Sécurité Systèmes (I3S), Sophia Antipolis.

2.2.3. ADAPTABILITÉ DES BÂTIMENTS ET MAINTIEN À DOMICILE DES PERSONNES FRAGILISÉES

⇒ BATI-ADAPT – Base de ressources sur l’adaptabilité des bâtiments existants aux personnes fragilisées (2008-2010)

Pilote : Marc BOURDEAU

En complément de la recherche appliquée sur les services numériques innovants dans l’habitat favorisant le maintien à domicile et l’autonomie des personnes âgées ou handicapées (projets Gerhome, Sigaal, CIU Santé) menée dans le programme de recherche « Qualité des ambiances et usages », les travaux menés dans le cadre de l’action BATI-ADAPT portent sur le développement d’un centre de ressources sur l’adaptation des bâtiments existants aux personnes fragilisées (âgées et/ou handicapées). L’objectif est de permettre à l’ensemble des acteurs concernés (gestionnaires, exploitants, propriétaires, occupants, associations d’aide aux personnes dépendantes ou handicapées, services médico-sociaux, metteurs en œuvre,...) de trouver toute information utile sur la réglementation, les solutions à mettre en œuvre, les dispositifs techniques ou les aides financières, sur le sujet.

L’identification et la formalisation des besoins des différents acteurs a été réalisée et depuis 2010, le projet se poursuit en accompagnement à la mise en place du Centre national de référence (CNR) sur la santé à domicile et l’autonomie (dont le CSTB est membre du conseil d’administration). Dans ce cadre, la recherche vise en particulier à établir des préconisations d’adaptation de l’habitat, formulées en termes de diagnostic « autonomie habitat ».

Parallèlement plusieurs missions ont également été réalisées ces dernières années en soutien aux pouvoirs publics sur le thème de l’adaptabilité du bâtiment :

- participation à la mission « Bâtiments et personnes dépendantes » déployée à partir de 2005 par le CSTB pour accompagner le déploiement du dispositif législatif de février 2005 posant le principe « d’accessibilité généralisée », et évoluant en 2010 vers une mission « Bâtiments adaptables pour tous, tout au long de la vie » avec un champ élargi

(adaptation des espaces bâtis, sécurité domestique, échelle de la ville) ;

- contribution aux missions du secrétariat d’état chargé du Logement sur « L’adaptation de l’habitat au défi de l’évolution démographique : un chantier d’avenir », confiées à Muriel Boulmier ;
- appui à la mission du secrétariat d’état chargé des Aînés « Vivre chez soi » avec le pilotage du groupe de travail « Diagnostic, autonomie, habitat » visant à favoriser le vivre chez soi des aînés par l’adaptation préventive de l’habitat et de son environnement immédiat. L’annonce des orientations a été effectuée le 17 juin 2010 ;
- réalisation d’un service en ligne d’information sur la réglementation « accessibilité » basé sur la présentation simultanée des textes fondamentaux : décrets, arrêtés et circulaires illustrées⁹.

2.2.4. SERVICES AUX ACTEURS ET SOUTIEN À L’INNOVATION

⇒ SmartImmo – Création d’une infrastructure matérielle et logicielle pour le développement de nouveaux services pour accroître l’efficacité dans les bâtiments tertiaires et la mémoire technique des bâtiments. (2009-2010)

Projet labellisé par le pôle de compétitivité SCS (Solutions Communicantes Sécurisée) et cofinancé par le Fonds unique interministériel (FUI) et la Direction générale de la compétitivité, de l’industrie et des services (DGCI)

Partenaires : Orange Labs, Hager, ARD, Trusted Logic, Keeneo, Newsteo, Vizelia, CSTB, Inria, Cari, mairie de Valbonne

Pilotes CSTB : Alain ANFOSSO, Régis BONETTO

Ce projet vise essentiellement les acteurs de bâtiments tertiaires de taille petite à moyenne (moins de 6 000 m²). Ces acteurs recherchent une solution simple et efficiente leur permettant d’abord, de connaître leur bâtiment afin d’en maîtriser les dépenses et les risques puis, selon leur rôle (propriétaire, occupant, prestataire de service,...), d’utiliser les technologies de l’information pour développer des services répondant à leurs intérêts.

Orange Labs développe l’infrastructure logicielle et matérielle permettant de mettre en œuvre les nouveaux services pour l’occupant et le bâtiment proposés par les partenaires du projet. Le CSTB

⁹<http://www.accessibilite-batiment.fr/>

travaille sur la boîte noire du bâtiment – ou référentiel immobilier –, qui est un logiciel de collecte et d'analyse de tous les événements liés à la vie du bâtiment.

⇒ **BUILD-NOVA – BUILDing inNOVation in the European Construction Sector** (2005-2008)

Projet cofinancé par l'Union européenne (DG Entreprise et Industrie)

Pilotes CSTB : Jean-Luc SALAGNAC, Frédéric BOUGRAIN

BUILD-NOVA avait pour ambition de rapprocher les créateurs d'entreprises innovantes du secteur de la construction et les investisseurs (*business angels*, sociétés de capital risque, banques, institutions publiques finançant l'innovation) par le biais de *business forums*. Coordonné par le Labein, organisme espagnol de recherche et de certification, il impliquait outre le CSTB, des partenaires allemands, belges, finlandais, irlandais et polonais.

Ces partenaires se sont d'abord interrogés sur la place de l'innovation dans le secteur de la construction. Un premier état des lieux a fait ressortir de grandes difficultés pour les entreprises innovantes à obtenir des financements de type bancaire. Les aides publiques destinées aux jeunes entreprises innovantes compensent en partie ce manque de présence des banques. Des *business forums* ont été organisés pour rapprocher les jeunes entreprises innovantes des investisseurs en capital. En France, le CSTB a monté quatre *Business forums* qui ont été l'occasion de présenter aux entreprises les caractéristiques du système public français favorisant l'innovation et les attentes des investisseurs privés. Ces forums ont progressivement évolué vers la mise en relation directe des entrepreneurs innovants avec les investisseurs en capital. Le dernier avait ainsi pour objectif d'aider de jeunes entreprises à trouver des financements. Neuf entreprises innovantes ayant pour point commun d'être à la recherche de fonds et de développer des technologies propres (*cleantech*) et durables avaient été retenues. Le rapport final a conduit

Les partenaires ont fait part de leurs recommandations à la Commission européenne au travers du rapport final du projet.

⇒ **SEAMLESS – Small Enterprises Accessing the Electronic Market of the Enlarged Europe by a Smart Service Infrastructure** (2005-2008)

Projet cofinancé par l'Union européenne

Pilotes CSTB : Celson LIMA, Marc BOURDEAU

L'objectif de ce projet était le développement d'une plateforme B2B de *e-business* permettant de promouvoir la mise en place d'un marché unique européen, avec des applications concrètes dans plusieurs secteurs industriels dont celui de la construction (recherche de partenaires parmi les membres affiliés au réseau européen SEAMLESS, demande de devis, passation et suivi de commandes de produits, etc.). Le CSTB a participé à l'élaboration de scénarios opérationnels et à la conception des fonctions de recherche sémantique multilingue mettant en œuvre une ontologie des produits de la construction.

⇒ **e-NVISION – A new vision for the participation of European SMEs in the future e-business scenario** (2007-2009)

Développement d'une plateforme de e-business pour les PME de la construction, notamment pour les opérations liées aux chantiers

Projet cofinancé par l'Union européenne

Pilote CSTB : Alain ANFOSSO

e-NVISION a été l'occasion de définir un modèle *e-business*, des scénarios autour de différents métiers, ainsi qu'une plateforme collaborative destinée aux acteurs de la construction afin de favoriser la participation des PME européennes aux scénarios métiers élaborés.

Le modèle e-NVISION se caractérise par trois aspects :

- un ensemble de « messages métiers » échangés entre les différents acteurs de la construction ;
- des processus métiers internes qui définissent la gouvernance et les tâches que doivent effectuer les différents acteurs de la construction en réponse aux messages reçus ;
- des services externes fournissant les informations requises par les entreprises de la construction (et plus spécifiquement les PME qui n'ont pas les ressources pour maintenir des systèmes d'information complexes en interne).

Ces trois aspects sont interconnectés et reposent sur des ontologies de la construction qui définissent les concepts et entités à manipuler ainsi que leurs relations.

Les travaux réalisés dans le cadre de e-NVISION ont permis de travailler sur des scénarios « métiers » novateurs pour les PME européennes. Le CSTB a contribué à l'élaboration d'une plateforme *e-business* qui intègre des *web-services* sémantiques fondés sur l'« ontologie e-NVISION ».

Le CSTB a également développé un prototype (*e-Site*) permettant de gérer les événements et aléas s'intégrant dans les processus de construction (maîtrise des imprévus, problème à résoudre, « chemin » à suivre groupe d'acteurs impliqués). L'approche adoptée consiste à détecter puis digitaliser les événements chantier de tous types pour les transmettre au conducteur de travaux qui pourra, si besoin, proposer des solutions et modifier le planning en temps réel. "e-Site" s'appuie sur une infrastructure de télécommunication (wifi, 3G, EDGE, etc.) et des dispositifs de collecte (Personal Digital Assistant, Smartphone, Tablet PC, etc.).

Ainsi, *e-site* permet de :

- prendre en compte les besoins en matériaux du chantier (gestion du stock), les disponibilités des équipements de levage, les lieux et disponibilités des places de stockage, la disponibilité des moyens humains pour accomplir le déchargement et la réception de la livraison, etc., de même que la gestion des livraisons (date, lieu, heure, marquage informatique, route à emprunter compte tenu du volume ou du tonnage, lieu de stockage sur site, événements relatifs à la non-conformité ou au mauvais état de la livraison).
- gérer les événements en temps réel (panne de machine, prévisions météo, absence de main d'œuvre, etc.). Les informations sont capturées en temps réel par des équipements communicants *ad hoc* adaptés aux contraintes de robustesse, encombrement minimal, fiabilité, et ergonomie de l'interface,

La spécification de cette plate-forme a été réalisée en collaboration avec CARI, entreprise de construction de la région PACA, innovante notamment sur toutes les questions de développement durable.

⇒ **SWOP – Semantic Web-based Open engineering Platform** (2005-2008)

*Projet cofinancé par l'Union européenne
Pilote CSTB : Marc BOURDEAU*

L'ambition de SWOP était de contribuer au développement d'une nouvelle approche de l'ingénierie distribuée pour la configuration « à façon » de produits industriels complexes. L'approche a consisté à s'appuyer sur la constitution de bases de connaissances sémantiques exprimées à travers des catalogues d'objets paramétriques et des modèles de conception prédéfinis. Le secteur de la construction a été l'un des domaines d'application retenu, aux côtés de la réalisation de tunnels et du traitement des déchets.

Dans ce cadre, le CSTB a développé des méthodes et des outils d'optimisation de configuration de produits complexes sous contraintes multiples basées sur des techniques d'algorithmes génétiques, pouvant être appliqués à toute une gamme d'applications dans le secteur du bâtiment (conception optimisée de bâtiments, etc.) et en dehors. Les résultats ont été réutilisés dans le cadre du projet Plug & Play (décrit par ailleurs).

⇒ **Plug & Play Alliance** (2007-2008)

*Partenaires : DTI, VTT – Technical Research Centre of Finland, AAA- Aarhus School of Architecture, CSTB, Lund- University, Profactor Produktionsforschungs GmbH
Pilotes CSTB : Marc BOURDEAU, Alain ZARLI*

Plug & Play est un projet de recherche soutenu par le PUCA dans le cadre du réseau ERABUILD. Il a pour objectif majeur d'établir les fondements conceptuels et technologiques pour pouvoir, à terme, choisir sur Internet les différents composants et les systèmes entrant dans la construction d'une maison et les assembler pour obtenir le bâtiment final, en suivant les préférences de l'utilisateur et en respectant l'ensemble des contraintes d'assemblage.

Le CSTB y a joué un triple rôle. En premier lieu, il a proposé une modélisation des connaissances « métier » nécessaires au développement d'un outil TIC pour une configuration de masse des bâtiments. Il a contribué à l'analyse et à la sélection des technologies appropriées pour la mise au point de cet outil. Enfin, il a spécifié une plate-forme ouverte pour la configuration et la personnalisation de masse d'un bâtiment

d'habitation. À noter que cette plate-forme, centrée sur l'utilisateur, a vocation à s'interfacer naturellement avec des outils TIC existants dans le secteur du bâtiment.

3. APPUI À L'ÉVOLUTION DES MÉTIERS, COMPÉTENCES ET PRATIQUES PROFESSIONNELLES EN LIAISON AVEC LE GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT

Pilote : Marc Colombard-Prout

Ce sous-programme, qui comprenait au départ les actions de recherche liées à l'adaptabilité des bâtiments, ne s'est pas poursuivi au-delà de 2008. Son importance dans le contexte actuel justifie néanmoins sa relance en 2011 autour de quelques actions qui seront définies au premier trimestre.

⇒ ARTINOVA – Le rôle des artisans novateurs dans la diffusion des meilleures techniques énergétiques disponibles (2006-2007)

Projet PREBAT cofinancé par l'ADEME

Marc COLOMBARD-PROUT, Chantal LAUMONIER, Nadine ROUDIL

Ce projet de recherche, centré sur le rôle des artisans dans la promotion des produits et des actions relatives aux économies d'énergie et au développement durable, s'inscrit dans la suite d'un travail portant sur le rôle de la distribution comme promoteur de la diffusion de produits et équipements favorables à la qualité énergétique, environnementale et sanitaire dans l'habitat.

Le travail sur le rôle des artisans promoteurs de solutions innovantes dans la diffusion des meilleures techniques énergétiques a porté sur le processus qui place l'artisan dans une trajectoire innovante en examinant la filière qui fait de lui un artisan novateur. Il a également cherché à rendre compte de la place croissante des questions environnementales chez les artisans et à identifier les facteurs favorables ou défavorables à la promotion des solutions destinées à l'amélioration des performances énergétiques de l'habitat.

Une enquête a été réalisée à partir d'entretiens semi-directifs auprès d'instances syndicales, d'artisans, de distributeurs, d'associations, etc. parties prenantes du développement durable, de la maîtrise de l'énergie et des énergies

renouvelables. Elle s'est déroulée dans deux régions : Pays-de-la-Loire et Rhône-Alpes.

Ce travail a aidé à déterminer dans quelles mesures il est possible de considérer les artisans qui s'investissent dans le domaine de l'amélioration énergétique et des énergies renouvelables comme « novateurs », c'est-à-dire comme diffuseurs et/ou développeurs de techniques innovantes.

À cette fin, la situation d'innovation qui se dégage de leurs initiatives a été analysée et les caractéristiques de l'apparition d'une situation d'innovation ont été questionnées (avènement de nouveaux acteurs, mobilisations originales de modes d'organisation déjà existants, renouvellement du cadre d'exercice des métiers, nouvelles exigences et compétences transversales aux métiers, apparition d'une nouvelle législation, etc.). L'hypothèse sous-jacente est que le secteur du bâtiment, parce qu'il est le principal maître d'œuvre du renouvellement énergétique du cadre bâti, se trouve *de facto* engagé dans ce processus. En effet, de nouvelles combinaisons de ressources permettent l'apparition d'un marché qui contribue à vulgariser le recours à certains principes novateurs. Ceux-ci, tant organisationnels que techniques, sont susceptibles de constituer les prémisses d'une redéfinition des règles du jeu social dans lequel sont engagés l'ensemble des acteurs du bâtiment.

⇒ Intégration sociale des innovations (2008)

Pilote : Nadine ROUDIL

Cette action de recherche avait pour objet d'analyser la façon dont les professionnels du bâtiment s'emparent de l'innovation, par quels moyens la chaîne des acteurs de la construction participe à cette diffusion et quels changements sociétaux cela entraîne. L'objectif était de réfléchir à la question suivante : les évolutions techniques sont-elles synonymes de situation d'innovation ?

Le travail a d'abord consisté à recenser puis à sélectionner et à analyser des situations propices à l'innovation à trois échelles : l'échelle technique, l'échelle du bâtiment et l'échelle urbaine. Pour cela, les différents contributeurs de la recherche ont fait une lecture des opérations ou des cas dits innovants qu'ils suivaient dans le cadre de leur activité au CSTB.

Cette première analyse a permis de définir ce qu'était une innovation. Puis, à travers l'exemple de la diffusion des énergies renouvelables, les

principes de l'émergence du concept de *situation d'innovation* ont été posés. Une *situation d'innovation* apparaît ainsi comme étant un *outil de lecture* des rapports sociaux générés par la diffusion d'une innovation.

La nature innovante des changements induits par la conception de quartiers dits « durables », vis-à-vis d'une conception classique a aussi été questionnée, ce qui a amené à conclure que ces quartiers dits « durables » n'en sont encore aujourd'hui pour la plupart qu'au stade du prototype.

L'analyse des facteurs propices à l'innovation dans le secteur du bâtiment a ensuite été réalisée en examinant trois opérations ayant en commun de mobiliser de nouveaux modes constructifs ou de nouveaux produits :

- Logirep (rénovation basse consommation d'un petit immeuble de logements collectifs pour des populations à faibles revenus) ;
- COMETE (gestion centralisée des différents éléments d'une maison en vue de réaliser des économies d'énergie et apporter du confort) ;
- RENOKIT. (panneaux préfabriqués intégrant des super-isolants et des matériaux à changement de phase pour la rénovation par l'intérieur des logements).

Enfin, une attention particulière a été portée au domaine du solaire, thermique et photovoltaïque, montrant combien ces produits étaient inscrits dans une trajectoire historique d'innovation qui a débuté dans les années 80.

initiateurs, motivations, cibles, contenus, formes et moyens (démonstration, TIC) ;

- les besoins détaillés par objectifs et type d'acteurs. Cette analyse a été conduite par le biais d'entretiens avec des experts (du CSTB comme de l'extérieur) ;
- l'adéquation des moyens aux besoins de formation : financement, structures, part des TIC, détection d'éventuels manques et/ou surabondance d'offres par rapport à la satisfaction des objectifs de performance visés.

Au-delà des premiers résultats, cette action n'a pas su trouver son positionnement et a subi un « télescopage » avec plusieurs événements à portée opérationnelle : le groupe « Parent » « Mobilisation des professionnels du bâtiment », la mise en place de multiples autres initiatives sur le sujet (FEEBAT, Promodul, Bâtiment 2012, foisonnement de formations IEEB), ainsi que la refonte de l'offre CSTB-formation mettant l'accent sur le volet énergie. Même si les questionnements doivent encore mûrir, le bilan n'est pas pour autant négatif, compte-tenu notamment d'un budget modeste : note de synthèse, communication au colloque des métiers du plâtre, participation aux réflexions d'un projet européen piloté par le Danish technological institute « *Future qualification and skills needs in the construction sector - Policy and business analysis* » (rapport de décembre 2008).

⇒ Quelles compétences pour des bâtiments « facteur 4 » ? (2008)

Pilote : Jean-Luc SALAGNAC

Partant du constat que les pratiques courantes actuelles doivent évoluer afin de satisfaire aux exigences associées aux objectifs de performances énergétiques, l'objectif de cette recherche était de définir, en relation avec les acteurs concernés, les compétences et les moyens de formation, en particulier initiale, visant à créer les conditions d'obtention des performances ambitieuses (facteur 4) affichées.

Un état des lieux critique a été établi à partir d'une enquête menée auprès de contacts avec les principales organisations professionnelles et les organismes de collecte. L'analyse a porté sur :

- l'offre (actions de formation proposées par le CSTB et d'autres acteurs de la formation en France et dans d'autres pays comme l'Allemagne, le Danemark ou les États-Unis) :

CONTRIBUTEURS

*Nota : les noms suivis d'une *
sont ceux des personnes ayant
quitté le CSTB*

**Responsables des actions de
recherche**

ANFOSSO Alain
BONETTO Régis
BOURDEAU Marc
BUS Nicolas
CATARINA Orlando
CHORIER Julien
COUILLAUD Nicolas
DECORME Régis
JOURNI Haitham
LAAROUSSI Ahmed *
MARTINSONS Christophe
ROUDIL Nadine
SALAGNAC Jean-Luc

Chercheurs associés

ABELE Charlotte
ANDRIEUX Franck
AULAGNIER Simon *
BERTHINEAU Bruno
BERTRAND Lionel
BOIRET Dominique
BOISSONNAT Alexis
BONETTI Michel
BOUGRAIN Frédéric
BUSCARLET Carol
CACCAVELLI Dominique
CHAMI CAGLIERI Saoussane
CHARVIER Brice
CHENE Jean-Baptiste
CHEVALIER Jean-Luc *
CHLELA Fadi *
COLOMBARD-PROUT Marc
CORRALES Patrick
DELMOTTE Patrick
ELIAS Patrick
FIES Bruno
FORET Rémy
GAUDAIRE François
HANS Julien
JOHANNES Kevyn
LABEDENS Romain
LAUMONIER Chantal *
LAURENCEAU Sylvain

LIMA Celson *
LLORENTE Marie
MAÏSSA Sandrine
MARCHAND Dorothée
MORAND Patrick
OLIVE François
PASCUAL Eric
PICINBONO Guillaume
QUENARD Daniel
REBAUDO Stéphane
RUOT Bertrand
SALLEE Hebert
VINOT Benoit
WEISS Nathalie *
ZARLI Alain

Doctorants

BOUZIDI Khalil-Riad (2009-2012)
DESSALES Denis (2008-2011)
LAAROUSSI Ahmed (2005-2007)
SLITEEN Samer (2007-2010)
TAILLANDIER Franck (2006-2009)
VARENIO Céline (2008-2011)
YURCHYSHYNA Anastasiya
(2005-2009)

Post-Doctorant

LAAROUSSI Ahmed (2008)

Personnel technique associé

HORLAVILLE Thierry

BILAN QUANTITATIF

PRODUCTION DE CONNAISSANCES

PUBLICATIONS

Articles

∞ *Publiés dans une revue scientifique à comité de lecture*

An ontology-based approach for formalisation and semantic organisation of conformance requirements in construction
YURCHYSHYNA A., ZARLI A.
Automation in Construction, 18/8, December 2009, p. 1084-1098
[doi:10.1016/j.autcon.2009.07.008]

Service-life assessment of building components: application of evidence theory
TALON A., BOISSIER D., LAIR J.
Canadian Journal of Civil Engineering, 35/3, March 2008, p. 287-300 [doi:10.1139/L07-109]

Les nouveaux mécanismes de marché basés sur les approches quantitatives : l'exemple des certificats d'économie d'énergie et des projets domestiques
JOURNI H.
Droit et ville, 66, décembre 2008, p. 29-39

Élaboration of a long-term maintenance plan for building stock based on arbitration using a risk approach
TAILLANDIER F., SAUCE G., BONETTO R.
European journal of environmental and civil engineering, 13/4, 2009, p. 383-397 [doi:10.3166/ejece.13.383-397]

Knowledge capitalisation and organisation for conformance checking model in construction
YURCHYSHYNA A., FARON-ZUCKER C., LE THANH N., ZARLI A.
International Journal of Knowledge Engineering and Soft Data Paradigms, 2/1, January 2010, p. 15-32

[doi:10.1504/IJKESDP.2010.030464]

Building Information Modeling Applications, Challenges and Future Directions (Editorial)
REZGUI Y., ZARLI A., HOPFE J.C.
ITcon, 14, Special Issue Building Information Modeling Applications, Challenges and Future Directions, October 2009, p. 613-616

Semantic product modelling and configuration: challenges and opportunities
BOHMS M., BONSMAS P., BOURDEAU M., KAZI A.S.
ITcon, 14, Special Issue Next Generation Construction IT: Technology Foresight, Future Studies, Roadmapping, and Scenario Planning, August 2009, p. 507-525

Towards the development of a framework to create a virtual organisation breeding environment in the mould and die sector
VALLEJOS R.V., LIMA C., VARVAKIS G.
Journal of Intelligent Manufacturing, 18/5, October 2007, p. 587-597
[doi:10.1007/s10845-007-0065-1]

Risk-based investment trade-off related to building facility management
TAILLANDIER F., SAUCE G., BONETTO R.
Reliability Engineering & System Safety, 94/4, April 2009, p. 785-795
[doi:10.1016/j.res.2008.09.005]

∞ *Publiés dans une revue technique*

Une nouvelle approche de l'innovation
CARASSUS J.
Le Moniteur des travaux publics et du bâtiment, 5394, avril 2007, p. 466

L'accessibilité du bâti : les conséquences de la nouvelle réglementation, situations et perspectives
COCHARD J.L., MORIN P.
Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles, 245, avril 2008, p. 24-28

∞ *Tirés à part*

La dérive métonymique de la certification ISO des démarches "qualité" : ça ressemble à la qualité, ça a le goût de la qualité mais...
BONETTI M.
mai 2007, 24 p.

La valeur prédictive de l'analyse sociologique de quelques innovations techniques dans la construction : de l'art d'accueillir les techniques
BONETTI M.
avril 2007, 16 p.

Communications

A multi-performance approach for service life prediction
TALON A., BOISSIER D., HANS J.
11DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, 11-14 May 2008, Istanbul, TUR, 9 p.

French national service life information Platform
HANS J., CHORIER J., CHEVALIER J.L., LUPICA S.
11DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, 11-14 May 2008, Istanbul, TUR, 8 p.

Whole life cycle costing as a decision tool for use in French healthcare facilities
SLITEEN S., CATARINA O.
11DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, May 11-14, 2008, Istanbul, TUR, 9 p.

Benchmarking: strategies to analyze operation and maintenance costs of healthcare facilities
SLITEEN S., CATARINA O.

18th CIB World Building Congress W070 "Facilities Management and Maintenance", May 11-13, 2010, Salford, GBR, 11 p.

Industrialisation in construction: multiple actors, multiple collaborative strategies
BOUGRAIN F., FORMAN M., HAUGBØLLE K.

18th CIB World Building Congress - TG57 "Industrialisation in construction" Special Track, May 11-13, 2010, Salford, GBR, CIB Publication 354, 2010, 13 p.

Towards a smart, energy-efficient ICT-empowered built environment: the REEB strategic research agenda

ZARLI A., BOURDEAU M., HANNUS M., HASSAN T.
18th CIB World Building Congress - W078 "Information Technology for Construction" Special Track, May 11-13, 2010, Salford, GBR, CIB Publication 361, 2010, p. 121-136

An information platform for the European construction sector: a feasibility study

PEZZUTO G., CIOFFI M., MASTRODONATO C., BOURDEAU M., ZARLI A., REZGUI Y., WILSON I.
18th CIB World Building Congress - W102 "Information and Knowledge Management in Building" Special Track, May 11-13, 2010, Salford, GBR, CIB Publication 349, 2010, p. 103-113

Characteristics of the innovation process in French SMEs of the construction industry

BOUGRAIN F.
18th CIB World Building Congress - TG65 "Small Firms in Construction" and W065 "Organisation and Management" Special Track, May 11-13, 2010, Salford, GBR, CIB Publication 360, 2010, 14 p.

Co-production of users, producers and products: reconfiguring the construction business system

FORMAN M., HAUGBØLLE K., BOUGRAIN F.
18th CIB World Building Congress - W070 "Facilities Management and Maintenance" Special Track, May

11-13, 2010, Salford, GBR, CIB Publication 343, 2010, 12 p.

A strategic and comprehensive vision for future R&D in construction ICT

ZARLI A., KAZI A.S., HANNUS M., BOURDEAU M., EKHOLM A., ANDERSSON R.
24th CIB W78 Conference "Bringing ITC Knowledge to work", June 26-29, 2007, Maribor, SVN, 13 p.

Investigations in the BICT project of state-of-the-art ICT for industrialization of house

ROBERTSON A.P., JONGELING R., EKHOLM A., OLOFSSON T., ZARLI A.
24th CIB W78 Conference "Bringing ITC knowledge to work", June 26-29, 2007, Maribor, SVN, 12 p.

Towards a flexible IT-based system for process steering in architecture design

LAAROUSSI A., ZARLI A., BIGNON J.C., HALIN G.
24th CIB W78 Conference "Bringing ITC Knowledge to work", June 26-29, 2007, Maribor, SVN, 12 p.

Towards an ontology-based approach for conformance checking modeling in construction

YURCHYSHYNA A., FARON-ZUCKER A., LE THANH N., LIMA C., ZARLI A.
24th CIB W78 Conference "Bringing ITC knowledge to work", June 26-29, 2007, Maribor, SVN, 12 p.

Élaboration d'un plan pluriannuel de maintenance d'un parc immobilier sur la base d'un arbitrage par les risques

TAILLANDIER F., SAUCE G., BONETTO R.
26e Rencontres universitaires de Génie Civil, "Du laboratoire à l'ouvrage", 4-6 juin 2008, Nancy, FRA, 8 p.

A historical perspective on the evolution of controlled vocabularies in Europe

LIMA C., ZARLI A., STORER G., ACEVEDO-ALVAREZ J.

3rd CIB W102 Conference "Information and knowledge management, helping the practitioner in planning and building", October 16-18, 2007, Stuttgart, DEU, 8 p.

Services d'efficacité énergétique dans le cadre de l'offre de Facility Management

CATARINA O.
Atelier international Ramau, "Architecture et Facilities Management. La conception face à la montée des services", 17-18 avril 2008, Paris, FRA, 10 p.

The role of the client in the innovation process: the case of innovations introduced by contractors

BOUGRAIN F.
CIB TG58: Clients Driving Innovation Workshop, January 23-24, 2007, Salford, GBR, 14 p.

Information and communication technology for intelligent and integrated control in buildings: current developments and future research

ZARLI A., PASCUAL E., CHEUNG D.
CIB-W78 2010, 27th International Conference on Applications of IT in the AEC Industry, November 16-18, 2010, Cairo, EGY, 9 p.

Heat trading simulation tool

DECORME R., ZARLI A., CHARVIER B., KLOBUT K., ALA-JUUSELA M., SCHUELE S., SCHUBERT M.
CISBAT 2009 "Renewables in a changing climate: from nano to urban scale", September 2-3, 2009, Lausanne, CHE, p. 637-642

The financing issue: the case of innovative firms from the building and construction industry

BOUGRAIN F.
CME25 - Construction Management and Economics: past, present and future, July 16-18, 2007, GBR, 10 p.

Combining 3D models and simulations to meet the design challenges of the 21st century

SOUBRA S.
Collaborative construction workshop, November 19-20, 2007, Hong Kong, CHN, 9 p.

Best practices in ICT enabling Energy-Efficiency in the build environment

MARECHAL P., BOURDEAU M., ZARLI A.
ECPPM 2010, 8th European Conference on Product & Process Modelling, September 14-16, 2010, Cork, IRL, 6 p.

IntUBE Energy Information Integration Platform

BOHMS H.M., PLOKKER W., CHARVIER B., MADRAZO L., SICILIA A.
ECPPM 2010, 8th European Conference on Product & Process Modelling, September 14-16, 2010, Cork, IRL, 6 p.

Towards a Semantic-based Approach for the Creation of Technical Regulatory Documents in Building Industry

BOUZIDI K.R., FIES B., BOURDEAU M., FARON-ZUCKER C., LE THANH N.
ECPPM 2010, 8th European Conference on Product & Process Modelling, September 14-16, 2010, Cork, IRL, 6 p.

Energy efficiency in the French social housing sector

BOUGRAIN F.
ENHR 22nd Conference: Urban Dynamics & Housing Change - Crossing into the 2nd Decade of the 3rd Millennium, July 4-7, 2010, TUR, 16 p.

Une approche ontologique pour automatiser le contrôle de conformité dans le domaine du bâtiment

FARON-ZUCKER C., YURCHYSHYNA A., LE THANH N., LIMA C.
Extraction et gestion des connaissances (EGC'2008), Actes des 8èmes journées Extraction et Gestion des Connaissances. Vol. 1, 29 janvier-1er février 2008, Sophia-Antipolis, FRA, Revue des nouvelles technologies de l'information, RNTI-E-11, 2008, p. 115-120

Improved development of the domain ontology for different user profiles. Application Domain: Conformity Checking in Construction

YURCHYSHYNA A., ZARLI A., FARON-ZUCKER C., LE THANH N. Filipe J., Cordeiro J. (Eds.). WEBIST 2009: Proceedings of the fifth international conference on web Information systems and technologies, 23-26 March 2009, Lisbon, PRT, p. 175-183

IntUBE - Intelligent use of buildings'energy information: energy challenge concept

DECORME R., KLOBUT K., VESANEN T., ALA-JUUSELA M., SCHUBERT M., SCHUELE S.
GREEMBED 2010 - First workshop on green and smart embedded system technology: infrastructures, methods and tools, April 12, 2010, Stockholm, SWE, 3 p.

Une approche ontologique pour formaliser la connaissance experte dans le modèle de contrôle de conformité en construction

YURCHYSHYNA A., FARON-ZUCKER C., MIRBEL I., SALL B., LE THANH N., ZARLI A.
IC2008, 19e Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances, 18-20 juin 2008, Nancy, FRA, p. 49-60

Aide à la création de documents technico-réglementaires dans le domaine du bâtiment

BOUZIDI K.R., FARON-ZUCKER C., FIES B., LE THANH N.
IC2010, 21èmes Journées francophones d'ingénierie des connaissances, 8-11 juin 2010, Nîmes, FRA, 6 p.

Strat-CON: a strategic vision for future R&D and innovation in ICT-enhanced construction

ZARLI A., KAZI A.S., HANNUS M., BOURDEAU M.
ICE 2007, Proceedings of the 13th international conference on concurrent enterprising, June 4-6, 2007, Sophia Antipolis, FRA, 8 p.

Ontological approach for the conformity checking modelling in construction

YURCHYSHYNA A., FARON-ZUCKER C., LE THANH N., ZARLI A.
ICEIS 2008, 10th International Conference on Enterprise Information Systems, June 12-16, 2008, Barcelona, ESP, 4 p.

HosPilot, Intelligent energy efficiency control in hospitals

FERNANDEZ M., DECORME R., RAMIRO M., FISEKOVIC N., ERICE S., TELLADO B., GRONDAHL M., DELCLOS A., NYKANEN E., HUNDT A.
IEECB'10 - 6th international conference on Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings, April 13-14, 2010, Frankfurt, DEU, 11 p.

Friendly Intelligent Energy Management System for Existing Residential Buildings

BOURDEAU M., PEREZ J., CANON VINUELA C.
ICT for sustainable homes, November 17-19, 2010, Nice, FRA, 20 p.

REEB - The European-led strategic research Roadmap to ICT enabled Energy-Efficiency in Buildings and constructions

ZARLI A.
ICT for sustainable homes, November 17-19, 2010, Nice, FRA, 15 p.

The risk notion to transcend the real estate management complexity

TAILLANDIER F., SAUCE G., BONETTO R.
ISEC-5, The Fifth International Structural Engineering and Construction Conference, September 21-27, 2009, Las Vegas, NV, USA,

Towards the knowledge capitalisation and organisation in the model of conformity-checking process in construction

YURCHYSHYNA A., FARON-ZUCKER C., LE THANH N., ZARLI A.
KES2008, 12th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, September 3-5, 2008, Zagreb, HRV, p. 341-348

On the road of multi-performance profiles aided maintenance

TALON A., BOISSIER D., HANS J.
Life-Cycle Civil Engineering,
Proceedings of the International
Symposium on Life-Cycle Civil
Engineering, IALCCE '08, June 11 -
14, 2008, Varenna, Lake Como,
ITA, Routledge, 2008, p. 655-660

Les opérations expérimentales du Plan Construction : une politique originale de soutien à l'innovation dans le logement

SALAGNAC J.L.
Premier congrès francophone
d'histoire de la construction, 19-21
juin 2008, Paris, FRA, 9 p.

Controlled vocabularies in the European construction sector: evolution, current developments, and future trends

LIMA C., ZARLI A., STORER G.
Proceedings of the 14th ISPE
conference on concurrent
engineering - CE'2007. Part
11:Complex systems concurrent
engineering collaboration,
technology innovation and
sustainability, July 16-20, 2007,
Sao José dos Campos, BRA, p. 565-
574

Towards an ontology-enabled approach for modelling the process of conformity checking in construction

YURCHYSHYNA A., FARON-ZUCKER
C., LE THANH N., ZARLI A.
Proceedings of the CAISE'08
Forum at the 20th International
Conference on Advanced
Information Systems Engineering,
June 18-20, 2008, Montpellier,
FRA, CEUR Workshop Proceedings
344, 2008, p. 21-24

FMEA software to enhance innovation in building

HANS J., JOFFRE C., BOILEVE C.,
FIES B.
Proceedings of the CIB World
Building Congress 2007
"Construction for Development",
May 14-18, 2007, Cape Town, ZAF,
p. 1430-1440

Innovation in Buildings: A Socio-Eco-Technical Approach

CARASSUS J.
Proceedings of the CIB World
Building Congress 2007

"Construction for Development",
14-17 May 2007, Cape Town, ZAF,
13 p.

Assisting the commissioning of the low-energy buildings design: from a methodology to a dynamic tool

HANNACHI-BELKADI N., JANDON
M., GUENA F., DIAB Y.
SB07 - Sustainable Construction,
Materials and Practices "Challenge
of the Industry for the New
Millennium", September 12-14,
2007, Lisbonne, PRT, 8 p.

Towards a facilitation tool for steering design processes: a case study in architecture

LAAROUSSI A., ZARLI A.
Thoben K.D., Pawar K.S.,
Gonçalves R. (Eds), Proceedings of
the 14th International Conference
on Concurrent Enterprising
(ICE2008), June 23-25, 2008,
Lisbon, PTG, 10 p.

Towards an ontology-based approach for formalisation of expert knowledge in conformity checking model in construction

YURCHYSHYNA A., FARON-ZUCKER
C., LE THANH N., ZARLI A.
Thoben K.D., Pawar K.S.,
Gonçalves R. (Eds), Proceedings of
the 14th International Conference
on Concurrent Enterprising
(ICE2008), June 23-25, 2008,
Lisbon, PRT, p. 533-540

A method for maintenance plan arbitration in buildings facilities

TAILLANDIER F., BONETTO R.,
SAUCE G.,
Zarli A., Scherer R. (Eds.), eWork
and eBusiness in architecture,
engineering and construction:
ECPPM 2008, September 10-
12,2008, Sophia-Antipolis, FRA,
Taylor & Francis, 2009, p. 567-577

ICT based modeling supporting instrumentation for steering design processes

LAAROUSSI A., ZARLI A., HALIN G.
Zarli A., Scherer R. (Eds.), eWork
and eBusiness in architecture,
engineering and construction:
ECPPM 2008, September 10-
12,2008, Sophia-Antipolis, FRA,
Taylor & Francis, 2009, p. 77-83

REEB: a European-led initiative for a strategic research roadmap to ICT enabled energy-efficiency in construction

ZARLI A., BOURDEAU M.
Zarli A., Scherer R. (Eds.), eWork
and eBusiness in architecture,
engineering and construction:
ECPPM 2008, September 10-12,
2008, Sophia-Antipolis, FRA,
Taylor & Francis, 2009, p. 429-435

Semantic product modelling with SWOP's PMO

BOHMS H.M., BONSMAS P.,
BOURDEAU M., JOSEFIK F.,
Zarli A., Scherer R. (Eds.), eWork
and eBusiness in architecture,
engineering and construction:
ECPPM 2008, September 10-12,
2008, Sophia-Antipolis, FRA,
Taylor & Francis, 2009, p. 95-104

Towards a digitalization of site events: envisioning eSite business services

CHARVIER B., ANFOSSO A.
Zarli A., Scherer R. (Eds.), eWork
and eBusiness in architecture,
engineering and construction:
ECPPM 2008, September 10-12,
2008, Sophia-Antipolis, FRA,
Taylor & Francis, 2009, p. 771-720

Towards an ontology-based approach for formalizing expert knowledge in the conformity-checking model in construction

YURCHYSHYNA A., ZARLI A.,
FARON-ZUCKER C., LE THANH N.
Zarli A., Scherer R. (Eds.), eWork
and eBusiness in architecture,
engineering and construction:
ECPPM 2008, September 10-12,
2008, Sophia-Antipolis, FRA,
Taylor & Francis, 2009, p. 447-456

Chapitres d'ouvrage collectif**ACCOR Hotels: Renovating the low budget hotel brand Formule 1**

BOUGRAIN F., SALAGNAC J.L.
Forman M., Haugbølle K.,
Bougrain F., TRANS-USERS:
transforming construction through
user-driven innovation, SBI
2009:18, SBI, 2009, 15 p. [ISBN
978-87-563-1384-1]

Adaptation of the domain ontology for different user profiles: Application to conformity checking in construction

YURCHYSHYNA A., FARON-ZUCKER C., LE THANH N., ZARLI A. Information Systems and Technologies: 5th International Conference, WEBIST 2009, Revised selected papers, Springer, Lecture Notes in Business Information Processing 45, 2010, p. 128-141 [doi:10.1007/978-3-642-12436-5_10]

L'approche en coût global : critères d'arbitrage et démarche d'évaluation dans le champ de la construction

JOUMNI H. Carassus J., Duplessis B. (coord.) Economie et développement urbain durable, Les Presses de l'École des Mines,, janvier 2010, 22 p.

Maisons MACCHI: prefabricated individual houses

BOUGRAIN F., SALAGNAC J.L. Forman M., Haugbølle K., Bougrain F., TRANS-USERS: transforming construction through user-driven innovation, SBI 2009:18, SBI, 2009, p. 57-65 [ISBN 978-87-563-1384-1]

Semantic resources integration and interoperability in the construction domain

BARRESI S., REZGUI Y, LIMA C., MEZIANE F., Enterprise Information Systems, 8th International Conference, ICEIS 2006, Paphos, Cyprus, May 23-27, 2006, Springer, Lecture Notes in Business Information Processing 3, 2008, p. 336-347 [ISBN 978-3-540-77580-5] [doi:10.1007/978-3-540-77581-2_23]

The role of the client in building site innovations

BOUGRAIN F. Brandon P., Lu S-L. Bougrain F. (Eds.), Clients Driving Innovation, Wiley-Blackwell, 2008, 18 p. [ISBN 9781405175661] [doi:10.1002/9781444301342.ch25]

Towards the knowledge capitalisation and organisation in the model of conformity-checking process in construction

YURCHYSHYNA A., FARON-ZUCKER C., LE THANH N., ZARLI A. Proceeding of Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems: 12th International Conference, KES 2008, Zagreb, Croatia, September 3-5, 2008, Part I., Springer-Verlag, Lecture Notes in Artificial Intelligence 5177, 2009, p. 341-348 [ISBN 978-3-540-85562-0] [doi:10.1007/978-3-540-85563-7_46]

Using the LEGO analogy to engineer, configure, and optimise the Swop Project Consortium

SWOP Project Consortium, BOURDEAU M. (collab.) Chapter 14 of Kazi A.S., Hannus M., Boudjabeur S., Malone A. Open Building Manufacturing: core concepts and industrial requirements. Manubuild, 2007, p. 265-286

Congrès

eWork and eBusiness in architecture, engineering and construction, September 10-12th, 2008, Sophia-Antipolis, FRA ZARLI A., SCHERER R. (Eds.) CRC Press, 2009, 736 p. [ISBN 978-0-415-48245-5]

Information and Knowledge Management: Helping the Practitioner in Planning and Building. Proceedings of the CIB W102 3rd International Conference 2007, 17-18 October 2007, Stuttgart, DEU LIMA C., BAUER M. (Ed.) Fraunhofer IRB Verlag, 2007, 437 p. [ISBN 978-3-8167-7556-0]

Rapports

Étude de faisabilité d'un logiciel d'aide à la décision intégrant le coût global des constructions CATARINA O, JOUMNI H, VINOT B, CHAMI S. février 2008, 70 p.

Évaluation des règles de construction parasismique : habitat collectif neuf

ELIAS P. avril 2007, 33 p.

Mesures et incitations à la qualité de service dans les contrats de partenariat

CATARINA O, JOUMNI H, LIFFRAN D. décembre 2008, 117 p.

TRANS-USERS : industrialiser la construction en impliquant les utilisateurs dans le processus d'innovation

BOUGRAIN F, SALAGNAC J.L. décembre 2008, 62 p.

CONGRÈS, COLLOQUES, CONFÉRENCES

Information and Knowledge Management - Helping the Practitioner in Planning and Building, CIB W102 3rd International Conference, October 16-18, 2007, Stuttgart
Celson LIMA (*Organising Committee*), Marc BOURDEAU, Alain ZARLI (*Scientific Committee*)

Durées de vie et coût global, Journée d'échanges au Sénat, 12 mars 2007, Paris

Computer Integrated Construction: Improving the management of construction projects through IT adoption, CIB W78 25th International Workshop, July 15-17, 2008, Santiago de Chile
Alain ZARLI (membre du comité scientifique)

ECPPM 2008, 7th European Conference on Product and Process Modelling, e-Business and e-Work in Architecture, Engineering and Construction, 10-12 September 2008, Sophia Antipolis
Patrick MORAND (*Conference Chair*) ; Alain ZARLI, Hervé CHARRUE (*Steering Committee*) ; Marc BOURDEAU, Eric LEBEGUE, Souheil SOUBRA (*Scientific Committee*), Bruno FIES

ECPPM 2010, 8th European Conference on Product & Process Modelling, 14- 16-September, 2010, Cork, Ireland
Alain ZARLI (*Steering Committee*); Eric LEBEGUE, Souheil SOUBRA (*Scientific Committee*), Bruno FIES

Séminaire Innovation de Spie Batignoles, 15 septembre 2010, Paris-La Défense
Marc COLOMBARD-PROUT (organisateur)

REVUES

Animation de revues, relecture régulière ou occasionnelle d'articles

Building Research & Information
Marc COLOMBARD-PROUT (relecteur)

Built Environment Project and Asset Management (BEPAM)
Frédéric BOUGRAIN (membre du comité éditorial)

ItCon
Alain ZARLI, Marc BOURDEAU (membres du comité scientifique)

Construction Management and Economics
Luc BOURDEAU, Frédéric BOUGRAIN (relecteurs)

RÉSEAUX SCIENTIFIQUES

Association Apogée
Marc COLOMBARD-PROUT (représentant du CSTB comme membre associé)

CEF-O-PPP - Centre d'Expertise Français pour l'Observation des Partenariats Publics Privés
Marc COLOMBARD-PROUT (participation)

CIB TG57 - Industrialisation in Construction
Jean-Luc CHEVALIER (membre)

CIB TG58 - Clients driving innovation
Frédéric BOUGRAIN, Jean-Luc SALAGNAC (participation)

CIB TG65 - Management of Small Construction Firms
Frédéric BOUGRAIN (participation)

CIB TG66 - Energy and the Built Environment
Jean CARASSUS (coordinateur), Frédéric BOUGRAIN (membre)

CIB TG72 - Public Private Partnership
Frédéric BOUGRAIN (participation)

CIB W055 - Building Economics
Patrick ELIAS (membre)

CIB W056 - Sandwich Panels
Joan FALLIERE, Stéphane GILLIOT (membres)

CIB W065 - Organisation and Management of Construction
Jean CARASSUS (membre)

CIB W070 - Facilities Management and Maintenance
Jean CARASSUS, Frédéric BOUGRAIN, Orlando CATARINA (membres)

CIB W078 - Information Technology for Construction
Luc BOURDEAU, Marc BOURDEAU, Alain ZARLI (membres)

CIB W086 - Building Pathology
François DERRIEN (membre)

CIB W102 - Information and Knowledge Management in Building
Alain ZARLI, Celson LIMA (membres)

CIB W104 - Open Building Implementation
Jean-Luc SALAGNAC (membre)

ENHR - European Network for Housing Research
Frédéric BOUGRAIN, Barbara ALLEN, Michel BONETTI, Jean CARASSUS (membres)

ODEGAM - Observatoire Départemental Gérontologique des Alpes-Maritimes
Alain ANFOSSO (participation)

VALORISATION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

LOGICIELS

Heat trading simulation tool -

Logiciel de simulation d'échange de chaleur entre bâtiments dans un quartier développé dans le cadre du projet européen IntUBE (2008-2011)

Développé par le département Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB (Eric PASCUAL, Alexis BOISSONNAT), avec la contribution du VTT et de l'Université de Stuttgart

e-Site - Prototype de plate-forme mobile destinée à gérer les événements et aléas survenant au cours d'un chantier et permettant d'adapter en temps réel le planning des travaux.

Développé par le département Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB (Ahmed LAAROUSSI, Brice CHARVIER) et UNINOVA dans le cadre du projet européen e-NVISION, en collaboration avec CARI, entreprise de construction de la région PACA pour les spécifications

EVAPerfs - Plate-forme

collaborative sur la durée de vie des produits de construction. Les informations, organisées sous forme de grilles normalisées (ISO 15686), permettent d'estimer les durées de vie des produits de construction et d'évaluer l'ensemble des facteurs impactant la durabilité de l'ouvrage.

Développé par département Energie Santé Environnement du CSTB (Julien CHORIER)

Logiciel d'évaluation en coût

global intégrant les coûts et bénéfices externes

Développé par les départements Economie et Sciences Humaines et Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB pour le compte du MEEDDM (DAEI)

ACTIVITÉS DE FORMATION

ACTIVITÉS D'ENCADREMENT

Thèses en cours

Les coûts d'exploitation des bâtiments hospitaliers et la relation à l'investissement et à l'activité hospitalière (soutenance prévue en juin 2011)

Samer SLITEEN
Université Paris-Est Marne-la-Vallée - École doctorale Entreprise Travail, Emploi
Encadrant CSTB : Marc COLOMBARD-PROUT

Conception d'un réseau de capteurs sans fil dédié au diagnostic in-situ des performances des bâtiments en exploitation (2008-2011)

Denis DESSALES
Université de Poitiers - Laboratoire Signal, Images, Communications (SIC)
Encadrant CSTB : Christophe MARTINSONS

Déterminants économiques de la réhabilitation du parc existant de logements privés et politiques publiques d'incitation (2008-2011)

Céline VARENIO
Université Pierre-Mendès-France (Grenoble 2) - Laboratoire d'économie de la production et de l'intégration internationale (LEPII)
Encadrant CSTB : Haitham JOUMNI

Aide à la création de documents technico-réglementaires dans le domaine du bâtiment (2009-2012)

Khalil-Riad BOUZIDI
Université de Nice - École doctorale Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC)
B Encadrant CSTB : Bruno FIES

Thèses soutenues

Assister la conduite de la conception en architecture : vers un système d'information orienté pilotage des processus
Ahmed LAAROUSSI

Institut National Polytechnique de Lorraine, 2007
Encadrant CSTB : Alain ZARLI (examinateur)

Maîtrise des risques liés à la gestion d'un parc patrimonial immobilier

Franck TAILLANDIER
Université de Savoie - Laboratoire Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement (LOCIE), 2009
Encadrant CSTB : Régis BONETTO (co-directeur)

Modélisation de contrôle de conformité : une approche ontologique

Anastasiya YURCHYSHYNA
Université de Nice - Laboratoire Informatique Services Sécurité Systèmes (I3S), Sophia Antipolis, 2009
Encadrant CSTB : Alain ZARLI (co-directeur), Celson LIMA

Post-doctorats

Optimisation des chaînes de collaboration et production dans le secteur de la construction : apport des TIC (2007-2008)
Ahmed LAAROUSSI

Accueil d'étudiants (stagiaires de niveau bac+5)

Commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie

KHITER I.
Master 2, Science de l'ingénieur, Mécanique des fluides et énergétique, Paris VI - Université Pierre et Marie Curie, 2007

Étude et certification d'un régulateur Delta Dore pour les systèmes solaires combinés

VOUIN N.
Master 2, Domotique et Réseaux d'Intérieurs, Université Rennes I, 2007

Mise en place de la dimension Réseau de terrain dans les bancs de test des laboratoires virtuels du CSTB

PENHOUE T.

Master 2 Domotique et Réseaux d'Intérieurs, Université Rennes I, 2007

Mise en place d'un challenge énergétique au sein d'un bâtiment tertiaire : le challenge "éco-responsable"

THIBAUT E.
ENTPE, 2009

Management des connaissances & développement durable

DESCHAMPS Rémy
Thèse professionnelle - Mastère spécialisé "Management stratégique du développement durable", Skema Business School, Sophia-Antipolis
Décembre 2010, 47 p.

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

Cours

Économie de la construction

Marc COLOMBARD-PROUT
Université Paris-Dauphine (UP9), Master Management de l'immobilier
2005-2009 (8 à 10 sessions d'1h30/an)

Logistique chantier

Jean-Luc SALAGNAC
Université de Versailles Saint-Quentin (USVQ), Master 1
2007 (3h)

Économie et gestion de la construction

Jean CARASSUS (responsable du module)
École des Ponts ParisTech
2007-2010

Du bâtiment à la ville : 1)

Approche systémique dans l'aménagement et le développement du territoire ; 2)

Nouvelles formes de partenariat Public-Privé dans les grandes infrastructures (énergie, bâtiments, industries de réseaux) ; 3) Analyse en coût du cycle de vie : fondements,

applications et apports pour les acteurs de l'immobilier
Haitham JOUMNI
École nationale d'Architecture du Maroc (ENA), Master 2

2009-2010 (20h/an)

1) Les fondements économiques des industries énergétiques ; 2) La déréglementation des marchés de l'énergie et l'éclatement des monopoles naturels : fondements et impacts pour les pays méditerranéens ; 3) L'ouverture des marchés pétroliers, gaziers et électriques : quels modèles de financement et de partenariat public-privé ?

Haitham JOUMNI
Institut des Hautes Études de Management du Maroc (HEM)
2009-2010 (6h/an)

Les instruments économiques incitatifs au développement des politiques énergétiques durables

Haitham JOUMNI
Sciences-Po Paris, Master 2
2010 (3h)

Contrats de partenariat public privé

Marc COLOMBARD-PROUT
École des Ponts ParisTech (ENPC),
Module Economie et Gestion de la Construction
2007-2010 (1h30/an)

Le contrat de performance énergétique

Marc COLOMBARD-PROUT
École des Ponts ParisTech (ENPC),
Module Economie et Gestion de la Construction
2007-2010 (1h30/an)

Réchauffement climatique et facteur 4 : les enjeux et les leviers

Jean-Luc SALAGNAC
IUT de Mantes-en-Yvelines,
Licence Pro Ingénierie Efficacité Énergétique des Bâtiments (LIEEB)
2008 (16h)

Quel cadre bâti pour demain ?

Jean-Luc SALAGNAC
Université de Versailles Saint-Quentin (USVQ), Master 1
2008 (3h)

Accès à la réglementation & Reef

Sabine DUBOST
École Nationale Supérieure d'architecture de Marseille-Luminy, Master Pro
Avril 2008

Approches en coût global

Orlando CATARINA

École Spéciale des Travaux Publics, du Bâtiment et de l'Industrie (ESTP), 3e année,
Décembre 2009

Quel cadre bâti pour demain ?

Jean-Luc SALAGNAC
École d'Architecture de Paris Villemin (EAPV), élèves 4eannée

Les IFC et les applications concrètes de la maquette numérique de construction

Ahmed LAAROUSSI
École Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille (ENSA), Master Pro 2 Ingénierie de la Production de Bâtiment
2007-2010 (12h/an)

Module "Echanges de données sécurisées"

Eric GADUEL
Université de Nice, Licence Pro Systèmes Informatiques et Logiciels (LEPSIL)
2007-2010 (24h/an)

Formation professionnelle

Gestion énergétique d'un bâtiment : de la technique à l'usage

Coordination : Orlando CATARINA
FPC CSTB, 2009-2010 (2x2j/an)

Les contrats de partenariat public-privé (PPP) : application au secteur de la construction

Coordination : Marc COLOMBARD-PROUT
Intervention de Frédéric BOUGRAIN
FPC CSTB, 2007-2010 (2x2j/an)

Intégrer le coût global dans une opération de construction ou de rénovation

Coordination : Orlando CATARINA
FPC CSTB, 2009-2010 - 2x1j/an)

Raisonnement en coût global

Orlando CATARINA
Ponts Formation Edition - École de la maîtrise d'ouvrage, mars 2008)

Cadre financier et fiscal lié au développement de l'énergie solaire photovoltaïque : nouvelles tarification, évolution et impact du prix de rachat garanti

Haitham JOUMNI

Ponts Formation Edition,
Intervention au cours de la formation "Choisir, financer et développer efficacement les ENR",
2009-2010 (3h/an)

Les mécanismes financiers nationaux et européens pour des politiques énergétiques durables : critères d'éligibilité et procédures de mise en œuvre pour les collectivités et les régions

Haitham JOUMNI
Ponts Formation Edition,
Intervention au cours de la formation "Collectivités et Grenelle de l'environnement",
2009-2010 (3h/an)

L'approche en coût global dans la construction et la gestion des ouvrages : fondements théoriques, méthodologies de mise en œuvre et critères d'arbitrage

Haitham JOUMNI
Ponts Formation Edition,
Intervention au cours de la formation "Coût d'un projet de construction ou réhabilitation",
2009-2010 (3h/an)

Les instruments financiers et fiscaux incitatifs aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique

Haitham JOUMNI
Ponts Formation Edition,
Intervention au cours de la formation "ENR : leviers d'actions technico-réglementaires et montage des projets d'ENR",
2009-2010 (3h/an)

Les mécanismes financiers incitatifs au développement de Politiques Énergétiques Durables

Haitham JOUMNI
Ponts Formation Edition,
Intervention au cours de la formation "Concevoir la ville durable : des Eco quartiers aux Eco Cités", 2009-2010 (2h)

Les principales pathologies dans les bâtiments contemporains

Avec la participation de Ménad CHENAF (Fondations), Jean-Luc SALAGNAC (Equipements) et François DERRIEN - Olivier CORREC (Réseaux intérieurs)
FPC CSTB, 2007-2010 (3x2j/an)

PARTENARIATS**COLLABORATIONS AUTOUR DE PROJETS DE RECHERCHE***Partenaires académiques***Chalmers University** (Suède)**INRIA - Institut national de recherche en informatique et automatique, Sophia-Antipolis (particulièrement équipes AXIS, GEOMETRICA et EDELWEISS)****Politecnico di Milano** (Italie)**Université de Stuttgart** (Allemagne)**Université de Toronto***Agences et opérateurs de recherche publics***CEA - Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives****Sbi - Danish Building Research Institute** (Danemark)**UNINOVA - Institute for the Development of New Technologies** (Portugal)**VTT - Technical Research Centre of Finland** (Finlande)*Centres de recherche industriels - Laboratoires privés***LABEIN Tecnalia** (Espagne)*Etablissement public de santé***Centre Hospitalier de Castelluccio***Industriels***Acciona** (Espagne)**Bouygues Travaux Publics****ElFER - European Institute for Energy Research** (Allemagne)**ENOLEO et OSMOSE – PME** experte en solutions pour l'efficacité énergétique**GdF - Gaz de France****Philips** (Allemagne, Pays-Bas)**Philips Lighting** (Pays-Bas)**Züblin** (Allemagne)*Maîtrise d'œuvre-Ingénierie***ASM - Market Research and Analysis Centre** (Pologne)*Maîtrise d'ouvrage-Acteurs territoriaux***Icade***Organisations professionnelles***UNTEC - Union nationale des techniciens économistes de la construction****ACCUEIL DE DOCTORANTS, CHERCHEURS, ÉTUDIANTS****Georgia Tech - School of Building Construction, Georgia Institute of Technology** (États-Unis)**I3S - Laboratoire d'Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia-Antipolis, UMR 6070, UNSA, CNRS****INPL****Polytech'Savoie-LOCIE****Shanghai Jiao Tong University** (Chine)**Université de Nice - École doctorale Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC)****Université de Nice - Laboratoire Informatique Services Sécurité Systèmes (I3S), Sophia Antipolis****Université Paris-Est Marne-la-Vallée****Université Pierre-Mendès-France (Grenoble 2) - Laboratoire d'économie de la production et de l'intégration internationale (LEPII)****Université de Poitiers - Laboratoire Signal, Images, Communications (SIC-XLIM)****Université de Stuttgart** (Allemagne)**Université de Toronto** (Canada)

SOUTIEN AUX POLITIQUES PUBLIQUES

ÉVALUATION DE PROGRAMMES ET PROJETS DE RECHERCHE

ANR - Programme "Emergence"
Hicham LAHMIDI (membre du comité d'évaluation)

Commission Européenne, DG Recherche - Propositions de R&D dans le cadre des appels à projets Jean-Luc SALAGNAC (*reviewer* de projets concernant les procédés construction innovants) ; Alain ZARLI (expert - évaluation continue du projet intégré CoSpaces, 2007-2010)

PARTICIPATION À L'EXPERTISE PUBLIQUE

MEEDDM

→ Missions Boulmier

1 "L'adaptation de l'habitat au défi de l'évolution démographique : un chantier d'avenir" et Boulmier 2 "Bien vieillir à domicile : enjeux d'habitat, enjeux de territoires" (2009-2010)
Alain ANFOSSO

→ **Simulateur de calcul en coût global d'une construction**
Élaboration d'une méthode opérationnelle d'approche en coût global pour les maîtres d'ouvrages publics au regard de la norme ISO 15686-5 et réalisation d'un outil en ligne de sensibilisation à l'approche du calcul « en coût global » (<http://www.coutglobal-developpement-durable-gouv-fr.aw.atosorigin.com/>)

→ Mise en œuvre du Grenelle de l'environnement

Participation au COMOP n° 4 « État exemplaire-bâtiments publics » (2008-2010)
Marc COLOMBARD-PROUT
Participation au chantier « Copropriété », groupe thématique sur les contrats de performance énergétique (2009-2010)

MEEDDM - DHUP

→ Incidence du Grenelle de l'environnement sur le comportement des bailleurs sociaux (2009)
Orlando CATARINA

→ Exploitation de la base de données de l'ECO PTZ (2009)
Patrick ELIAS

AIDE AU DÉPLOIEMENT DE LA RÈGLEMENTATION

MEEDDM – DHUP

→ **Guide de réalisation des études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments** (2008)
Guide visant à préciser la méthodologie qu'il est recommandé de mettre en œuvre pour appliquer l'arrêté du 18 décembre 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs et parties nouvelles de bâtiments et pour les rénovations de certains bâtiments existants en France métropolitaine
Orlando CATARINA

Accessibilité (2008-2010)

→ Salles d'eau : Interprétation de la réglementation pour leur adaptabilité dans les bâtiments d'habitation; carnets de détails pour la conception et la mise en œuvre (groupe de travail autour de la mise en œuvre de la salle d'eau avec siphon de sol)

→ Seuils d'accès aux balcons, loggias et terrasses : élaboration de carnets de détails pour la conception et la mise en œuvre ; illustration des principes constructifs

→ Accessibilité aux personnes handicapées des dispositifs de manœuvre des fenêtres

→ Retour d'expérience (REX) sur les attestations d'accessibilité

Jean-Louis COCHARD, Pierrette MORIN, Stéphane REBAUDO

→ Réalisation d'un outil de gestion des dossiers traités par les agents des Commissions Consultatives Départementales de Sécurité et d'Accessibilité (CCDSA)
Benoit VINOT

CONTRIBUTION AU DÉBAT PUBLIC

Débat "Les métiers d'artisans dans le bâtiment"

Centre régional pour le développement la formation et l'insertion des jeunes, 16 avril 2007
Nadine ROUDIL

PRODUITS D'INFORMATION

Dispositif d'information sur la réglementation Accessibilité

Site internet sur la réglementation technique relative à l'accessibilité des bâtiments aux personnes handicapées (www.accessibilite-batiment.fr)

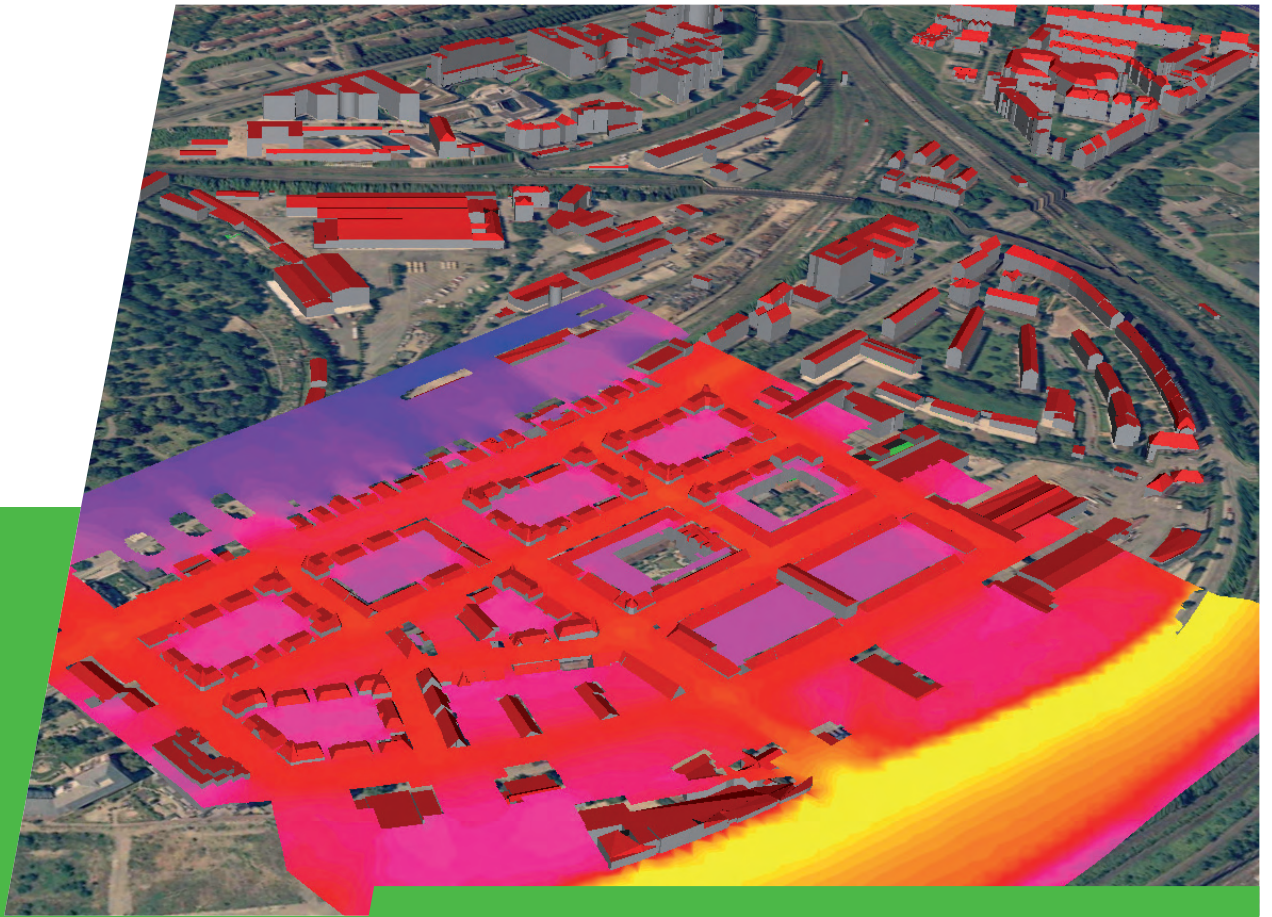
LOQACCE Cité

Outil de sensibilisation à la réglementation accessibilité construit autour des Arrêtés du 1er Août 2006 et du 15 janvier 2007
Développé par le département Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB pour la DHUP

GISELE - Guide d'Information Sur les Equipements du Logement et leur Entretien

CD Rom à destination des acquéreurs dont l'objectif est d'informer sur les consignes de bon fonctionnement et d'entretien d'un logement et de ses équipements techniques, afin de préserver la qualité du logement par une utilisation et un entretien adéquats.

Conçu par Qualitel en partenariat avec la DGALN, l'ADEME, le CSTB (département Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir) et SMA



5 | R&D Innovation

> SIMULATION NUMÉRIQUE

> SIMULATION NUMÉRIQUE

Édito

Souheil SOUBRA | Responsable du programme | souheil.soubra@cstb.fr

Sommaire

BILAN QUALITATIF	302
Axes et actions de recherche	305
1. Actions transversales	305
2. Actions à l'échelle urbaine	305
3. Actions à l'échelle de l'ouvrage	306
4. Actions à l'échelle du composant	307
Contributeurs	308
BILAN QUANTITATIF	309

Les enjeux du développement durable et la mutation de la filière construction nécessitent de revisiter les modes de conception et de gestion des bâtiments, ainsi que les modes d'aménagement des espaces urbains, dans une perspective d'obligation de résultats et de garantie des performances. Cette mutation annoncée induit des défis scientifiques, technologiques, économiques et organisationnels majeurs pour les acteurs (maîtres d'ouvrages, gestionnaires de parc, maîtres d'œuvre, entreprises de construction, sociétés de services énergétiques, assureurs...), notamment au niveau de l'acquisition, du partage et de l'analyse des informations.

Le programme "Simulation numérique" se situe de façon transversale par rapport aux autres programmes de recherche du CSTB. Il vise à contribuer à la numérisation de la filière à travers le développement d'outils logiciels nécessaires aux différentes échelles, ainsi qu'aux diverses phases d'un projet (évaluation préalable des performances, outils de simulation et de conception, évaluation des impacts environnementaux, outils d'aide à la décision, etc.) pour faire évoluer le processus linéaire actuel vers un processus plus intégré. Pour le secteur de la construction, l'enjeu est de permettre un meilleur partage des données, une mise en réseau des diverses compétences et un rapprochement des points de vue dès la phase de conception.

Le bilan des travaux de R&D menés ces dernières années en partenariat avec différents acteurs de la filière construction (industriels, entreprises, ingénieristes, aménageurs...) et éditeurs logiciels (Dassault Systèmes, Autodesk, etc.) est largement positif dans la mesure où ces recherches ont permis au CSTB de se positionner comme un acteur majeur sur le thème de la maquette numérique sémantisée à ses différentes échelles (composant / ouvrage / ville).

Les tendances pour les années à venir portent sur la consolidation de certains axes structurant à travers la mise en place de partenariats pérennes et stratégiques avec les acteurs autour des outils de prescription intelligente, de la maquette numérique et de l'ingénierie urbaine concourante et communicante.

BILAN QUALITATIF

FAITS MARQUANTS

En se fondant sur la dynamique liée à différents projets structurants comme SIMBIO (Simulation Modulaire Bâtiment Instrumentation Observation) ou le projet « Ville numérique »¹⁰, les travaux menés dans le cadre du programme « Simulation numérique » (SN) ont permis de jeter les bases d'une approche intégrée articulée autour d'une série d'outils logiciels issus de la mutualisation des résultats de la recherche académique (théorique, expérimentale, simulation numérique, réalité virtuelle, etc.) autour des problématiques de la construction et de la ville. Parmi ces outils :

∞ **A l'échelle des composants et des systèmes constructifs**, des outils de **prescription intelligente**. Menée sur fonds propres dans un premier temps, puis pour le compte de l'AIMCC (Association des Industries de Produits de Construction) et de Saint-Gobain, l'objectif de cette action était de faire le lien entre les données relatives aux produits issues des catalogues des industriels et la maquette numérique élaborée par l'architecte. En effet, jusqu'à présent la maquette numérique (description géométrique et sémantique du projet) de l'architecte existait sans description réelle des produits de construction et des systèmes constructifs utilisés. Cela limitait significativement la portée de cette maquette dans ses capacités d'évaluation des performances réelles du bâtiment en gestation. Pour pallier cette limitation, le CSTB est intervenu pour élaborer une application interopérable au format ISO-IFC permettant de configurer une solution constructive en partant du projet de l'architecte et de sa situation géographique, d'un cahier des charges définissant les niveaux des performances visées (énergétique, acoustique, etc.) et des catalogues produits. À partir d'inférences dans les règles expertes, le configurateur sélectionne les produits et systèmes adaptés, d'une part, aux spécificités du projet en question et, d'autre part, aux performances visées. Dans le cas de choix multiples, un guide accompagné d'indications

¹⁰ Ce projet est piloté par le CSTB dans le cadre du pôle Scientifique et Technique (PST) Paris-Est pour la ville durable, avec un fort ancrage dans le Réseau Scientifique et Technique du ministère en charge de l'Écologie et du Développement Durable (actuel MEDDTL), les principaux partenaires étant l'IGN, le LCPC, l'ENPC, l'INRETS, et Météo-France

techniques et tarifaires permet au prescripteur de prendre la décision finale.

Ce développement a été réalisé dans un premier temps avec une partie de la base de produits du groupe Saint-Gobain (Isover, Placo, Ecophon, etc.). Néanmoins ce développement fondé sur des standards internationaux devrait être poursuivi par d'autres fabricants de matériaux et d'équipements. Le travail de structuration descriptive des produits et systèmes est suivi par l'IAI (organisme en charge des mises à jour de la norme ISO-IFC) et par la commission « Structuration des données » de l'AIMCC.

L'application ouvre les portes à une meilleure gestion de la continuité des données entre les acteurs ainsi que pour une réelle évaluation globale et multicritères des projets en permettant à cette maquette numérique « enrichie » par les données produits d'être réexportée :

- soit vers la conception assistée par ordinateur (CAO) pour des modifications et des études de variantes ;
- soit vers des logiciels techniques certifiés IFC comme ClimaWin pour établir un diagnostic de performance énergétique ou vers Elodie pour un bilan environnemental ;
- soit, à travers des exports spécifiques (non IFC), vers des logiciels de métré-devis et de suivi-gestion de chantier comme Batimax.

∞ **A l'échelle de l'ouvrage**, les travaux entamés dans le cadre du projet **SIMBIO** concernant le couplage entre la maquette numérique sémantisée et les outils d'évaluation de l'ouvrage ont progressé essentiellement sur les dimensions énergétique et environnementale. Les perspectives futures devraient conduire vers l'application d'une approche multicritère fondée sur l'ensemble du cycle de vie des ouvrages.

Pour la dimension environnementale, les travaux ont porté sur le couplage entre la maquette numérique au format IFC et l'outil d'évaluation des impacts environnementaux des ouvrages du CSTB (Elodie). Cette application, maintenant en phase de bêta test, permet de récupérer le descriptif du bâtiment (métrés et nature des matériaux) de la maquette numérique et de faire le lien avec les fiches FDES (fiche de déclaration environnementale et sanitaire) définies dans la base INIES en conformité avec la norme NF P01-

010 avant d'alimenter Elodie avec ces données. Les calculs Elodie permettent ensuite :

- d'évaluer les indicateurs environnementaux définis par la norme NF P01-010 (par exemple, consommation de ressources énergétiques, consommation d'eau, empreinte CO₂, pollution de l'air, etc.) pour l'ensemble de l'ouvrage ;
- de mieux appréhender les principaux contributeurs aux impacts environnementaux ;
- de comparer différentes solutions constructives pour un même ouvrage.

La réalisation de cette application constitue une étape importante pour simplifier la saisie des métrés nécessaires aux calculs environnementaux avec Elodie et pour assurer l'interopérabilité entre Elodie et les autres outils de simulation, permettant ainsi d'aller vers une évaluation multicritère des ouvrages.

Pour la dimension énergétique, les développements ont porté sur le couplage entre la maquette numérique sémantisée et différents outils de simulation. En effet, ces outils ainsi que les outils de calcul et de dimensionnement nécessitent un travail préparatoire important au niveau de la saisie de la description de l'ouvrage. Le lien avec les données CAO à travers la norme IFC facilite ce travail et assure la continuité de l'information entre les outils. Ce couplage a été réalisé avec l'outil de simulation TRNSYS (dans le cadre du projet CLIMB avec le CEA) et l'outil de simulation SIMBAD (dans le cadre du projet HOMES avec Schneider Electric).

Enfin des projets sur la modélisation numérique des fissurations sous chargement statique ont été menés dans le cadre du pôle **SYSTEM@TIC** et ont permis l'intégration dans la plateforme SALOME d'un modèle 3D multiphysique non linéaire sur les microstructures fines en béton.

∞ **A l'échelle urbaine**, les travaux concernent les échelles du quartier et de la ville dans une approche systémique visant à mieux comprendre les phénomènes à l'œuvre et développer des méthodologies et des outils (notamment des modèles numériques), pour mieux caractériser, gouverner, concevoir et gérer la ville durable. Ils visent à faire converger les besoins entre les mondes de la recherche, de l'ingénierie, de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre dans le champ de la modélisation urbaine, depuis la conception des villes jusqu'à leur exploitation.

Dans le cadre du projet "**Ville numérique**", les travaux ont permis d'adresser les phases d'acquisition des données urbaines, de sémantisation, de modélisation des phénomènes et de concertation dans les domaines qui concernent la qualité environnementale et la consommation énergétique de la ville en prenant en compte le cadre bâti, les déplacements et les services (éclairage urbain, gestion des déchets, etc.). Les résultats de ces travaux de R&D permettent aujourd'hui d'aborder la qualité des ambiances urbaines à travers la prise en compte du cadre bâti, des conditions climatiques et des conditions de trafic.

Pour ce qui concerne les recherches sur le rendu sonore dynamique d'environnements complexes, une nouvelle méthode de classification des chemins acoustiques entre une source et un auditeur placés dans un environnement virtuel est développée. Fondée sur une représentation de la propagation du son à l'aide d'un graphe de réflexions, cette méthode a permis le développement d'un algorithme optimisé de navigation auditive interactive dans des volumes complexes.

Par ailleurs, la collaboration avec l'INRETS visant à intégrer un modèle de trafic dans les maquettes numériques urbaines rend possible la prise en compte des conditions de trafic et du réseau routier (carrefours = complexes, ronds-points, etc.) dans les simulations de qualité de l'air et de nuisances sonores.

Ces développements trouvent des perspectives de valorisation intéressantes. Par exemple, le **Conseil général du Nord** (CG59) sollicite le CSTB pour la mise en œuvre d'un outil innovant pour la conception et la communication autour des projets d'infrastructure à travers une maquette numérique sonore et visuelle. Cette maquette numérique est utilisée pour le rendu visuel et pour alimenter les codes de calculs acoustiques permettant d'évaluer les impacts sonores des différents projets d'aménagement (contournement, mobilier urbain antibruit, etc.).

∞ **L'action transversale** concernant la **constitution de la 3D par photomodélisation** mérite particulièrement d'être soulignée. Menée dans le cadre du pôle de recherche **IMAGINE**¹¹ (Images, Apprentissage et Géométrie pour la Numérisation

¹¹ <http://imagine.enpc.fr>

de l'Environnement) commun au CSTB et à l'École des Ponts ParisTech, cette action vise à produire, pour le compte des collectivités, des aménageurs et des gestionnaires des villes, des modèles 3D urbains haute définition mais à faible coût. En effet, les modalités existantes pour créer des modèles 3D urbains détaillés et sémantisés permettant d'alimenter correctement des simulateurs environnementaux, ne sont pas actuellement d'un coût acceptable pour les collectivités locales – les techniques classiques de saisie interactive assistée par ordinateur ont un coût de main d'œuvre important et impliquent des délais de réalisation longs, tandis que la télémétrie laser requiert un matériel coûteux, et les conditions d'acquisition sont très limitées. Cette action s'inscrit également dans une coopération entre les instituts Carnot CSTB et VITRES (auquel appartient l'École des Ponts).

Basée sur technologie innovante qui constitue un modèle 3D haute définition à partir de photographies prises par un appareil numérique standard en utilisant le même principe que la vision biologique (la stéréoscopie), les travaux menés dans le cadre du pôle IMAGINE sont en passe de révolutionner le processus de création de modèles 3D urbains, en permettant de créer des modèles tridimensionnels très détaillés du cadre bâti à partir de simples photographies.

Les perspectives de valorisation de ces travaux sont réelles. Après une première phase d'évaluation par Autodesk, les discussions avec l'éditeur de logiciels CAO leader de son marché ont franchis un nouveau pas avec le début de négociations sur les modalités de licences qui devraient lui permettre l'intégration de ce module dans son offre.

L'excellence scientifique de ces travaux a été mondialement reconnue comme l'atteste un banc d'essai mené par l'EPFL dans lequel les résultats des travaux du laboratoire IMAGINE arrivent en premier devant ceux d'équipes de renommée internationale comme Microsoft Research, l'EPFL ou l'INRIA.

PERSPECTIVES

Les années à venir doivent permettre de consolider certains axes structurant des recherches menées de 2007 à 2010 à travers la mise en place de partenariats pérennes et stratégiques avec les acteurs déjà mobilisés au cours de cette période.

À l'échelle des composants et des systèmes constructifs, les discussions avec les industriels (Saint-Gobain, Lapeyre, Legrand, etc.) concernant un partenariat stratégique sur la thématique des outils de prescription intelligente sont en cours.

À l'échelle de l'ouvrage, la mise en place avec le CEA de l'Alliance Bâtiment Numérique Grenelle (ALBANE) augure d'une nouvelle dynamique sur ce sujet. Celle-ci est portée d'une part par la « force de frappe » du CEA et son savoir-faire en matière de valorisation de briques logicielles multisectorielles, et d'autre part, par les connaissances du CSTB en matière d'expertise sur le bâtiment et de technologies logicielles adaptées à ce secteur, parmi lesquelles la maquette numérique (BIM) au format IFC est un élément central et fédérateur.

À l'échelle urbaine, les perspectives sont liées au montage d'une structure *ad hoc* pour le portage de la plateforme Urbaconcept visant à développer une ingénierie urbaine concourante et communicante. Portée par les ingénieristes (menés par EGIS et incluant IOSIS, ARTELIA, INGEROP, SETEC Aménagement, SYSTRA, INEXIA, SAFEGE, BURGEAP) et les organismes de recherche (copilotage CSTB/IGN, participation de l'université de Marne-la-Vallée, l'INRETS, l'École des Ponts ParisTech, etc.), cette structure réunira les outils et ressources nécessaires à la modélisation d'une ville ou d'un quartier afin de simuler les effets de projets d'aménagement ou de mobilité urbains. La plateforme Urbaconcept s'appuiera par ailleurs sur les travaux de recherche menés autour du projet « Ville numérique » pour alimenter son centre de ressources avec de nouvelles approches d'ingénierie (services urbains à valeur ajoutée, salle immersive avec maquette 3D, modèles interopérables, etc.).

AXES ET ACTIONS DE RECHERCHE

Le programme de recherche est structuré suivant quatre axes. Ceux-ci correspondent aux différentes échelles étudiées (ville/ouvrage/composant) auxquelles s'ajoute une série d'actions transversales.

1. ACTIONS TRANSVERSALES

Parmi ces dernières, notons le lancement de l'action qui concerne l'évaluation des incertitudes afin d'améliorer la confiance accordée aux résultats de simulation. Une autre action sur la visualisation scientifique vise à articuler une chaîne globale pour :

- acquérir les données provenant de différentes sources (CAO, SIG, données environnementales, données sur le trafic...);
- créer des modèles 3D de haute précision à partir de photographies prises par des appareils numériques du commerce;
- sémantiser les plans et modèles 3D afin de construire la maquette numérique;
- utiliser la maquette numérique couplée à des moyens de simulation et ce à des fins de communication / concertation.

PROJETS DE RECHERCHE TRANSVERSAUX

- **Incertitudes associées aux évaluations par modélisation et par approches combinées (2008-2010)**
Jean-Vivien HECK
- **Visualisation scientifique : liens avec les outils de CAO et les SIG (2008-2010)**
Mathieu MARACHE
- **Simulation par l'acoustique géométrique en présence de surfaces courbes avec prise en compte de la diffraction (2007-2010)**
Programme doctoral
Mikaël VERMET – Université de Poitiers, Laboratoire SIC
- **Modélisation probabiliste et validation expérimentale de la stabilité d'une cloison de grande hauteur en plaques de plâtre sur ossature métallique soumise à un « incendie naturel » (2007-2010)**
Programme doctoral

Thanh-Trung DO – Université Paris-Est Marne-la-Vallée, Laboratoire MODES

2. ACTIONS À L'ÉCHELLE URBAINE

Parmi ces actions, doivent être cités les travaux visant la restitution des ambiances en milieu urbain à travers une plateforme de réalité virtuelle. Le focus principal de ces travaux a été la prise en compte de l'aspect dynamique de la simulation qui permet la représentation de phénomènes complexes de gêne sonore grâce à la navigation dynamique dans des espaces urbains avec restitution en temps réel des bruits ambiants et du trafic routier ou ferroviaire. Les principaux résultats obtenus concernent :

- le développement d'un moteur de rendu sonore dynamique dédié à l'évaluation perceptive du trafic routier et ferroviaire;
- le développement de techniques de synthèses en temps réel pour la génération des sources de trafic;
- le couplage du moteur de rendu sonore à un simulateur temps réel du trafic présent sur un réseau routier, et fondé sur un modèle de trafic issu de l'INRETS;
- le développement d'un simulateur en temps réel de l'acoustique d'un volume.

Quant au projet Similar-Cities retenu dans le cadre de l'appel à projets 2008 du programme « Contenus et interactions », il vise à produire des maquettes urbaines à grande échelle par génération automatique de textures similaires. Ce projet est piloté par l'INRIA Sophia-Antipolis (équipe REVES).

PROJETS DE RECHERCHE À L'ÉCHELLE URBAINE

- **Potentiel ENR des quartiers (2008-2010)**
Florent COUDRET
- **Simulation des ambiances urbaines (2008-2010)**
Julien MAILLARD
- **Impact et modélisation du trafic urbain au sein des maquettes numériques (2009-2010)**
Julien SOULA
- **SIMILAR CITIES – Production automatisée de maquette urbaine texturée par génération par**

approximation procédurale pour l'exploration interactive de villes (2009-2012)

Projet ANR

Souheil SOUBRA, Jean-Philippe PONS

- **TERRA MAGNA** – Système d'information géographique 3D et urbanisme (2008-2009)
Exploitation de données géographiques 3D pour la simulation de phénomènes physique en milieu urbain
Projet ANR cofinancé par le FCE (État, région Île-de-France : départements de Seine-et-Marne, des Yvelines, des Hauts-de-Seine, du Val-de-Marne et du Val-d'Oise)
Bruno HILAIRE, Dirk VAN MAERCKE
- **Correspondance précise de parties d'images : application à la reconnaissance, l'analyse et la reconstruction d'objets et bâtiments** (2009-2012)
Programme doctoral
David OK – École des Ponts ParisTech, Certis
- **Simulation auditive du trafic routier en milieu urbain** (2010-2013)
Programme doctoral
Jan JAGLA – École nationale des travaux publics de l'État
- **Simulation de la propagation acoustique en milieu complexe** (2006-2008)
Programme doctoral
Renaud GUILLAUME – INPG
- **Rendu sonore dynamique d'environnements complexes** (2007-2010)
Programme doctoral
Raphaël LOYET – Université Claude Bernard Lyon 1, LIRIS

3. ACTIONS À L'ÉCHELLE DE L'OUVRAGE

Ces actions concernent la modélisation multiphysique des bâtiments (incluant l'énergie, l'éclairage, l'impact environnemental et l'acoustique). À cette échelle, notons le projet SIMBIO qui vise à développer une plateforme de modélisation énergétique et d'hybridation avec les données expérimentales. Les partenaires du projet sont le CEA (LIST et INES), le CNRS (G2ELAB), l'université de la Rochelle (LEPTIAB) et l'ENSMP (CEP) ainsi que les projets Expert et Communic visant à tester l'utilisation de la maquette

numérique respectivement pour les bâtiments et les routes. Parmi les partenaires de ces projets, nous pouvons citer la FFB, la CAPEB, l'UNSA, Autodesk, Nemetschek, Graphisoft et Bentley pour Expert et Bouygues Construction, Vinci, Eiffage, EGIS et la SETEC pour Communic.

PROJETS DE RECHERCHE À L'ÉCHELLE DE L'OUVRAGE

- **ELODIE IFC** (2008-2010)
Jacques CHEVALIER
- **Modélisation 3D et sémantique des bâtiments en vue d'une évaluation multiphysique de leurs performances globales à partir des performances de ses composants** (2008-2010)
Dirk VAN MAERCKE
- **Simulation de l'incendie** (2008)
Bruno HILAIRE
- **Validation des approches physiques et numériques dans le domaine des actions du vent** (2008)
Gérard GRILLAUD
- **SIMBIO** – Simulation Modulaire Bâtiment Instrumentation Observation (2007-2010)
Feuille de route technologique pour une plateforme de coopération au profit de bâtiments à basse consommation énergétique
Projet cofinancé par la DHUP et l'ADEME et coordonné par le CSTB
Fadi CHLELA, Jean-Christophe VISIER
- **Expert** – Maquette Numérique – Outils et méthodes support de la maquette numérique à l'échelle du bâtiment (2007-2009)
Expérimentation et dissémination de la maquette numérique avec les PME françaises du bâtiment
Projet cofinancé par la DGE
Guillaume PICINBONO, Éric LEBEGUE
- **COMMUNIC** – Maquette virtuelle pour les infrastructures (2007-2010)
Expérimentation de la maquette numérique pour le génie civil et les infrastructures linéaires
Projet ANR-RGCU
Éric LEBEGUE
- **STAND-INN** – Standards for innovation in construction and FM (2007-2009)

Réseau de diffusion des pratiques innovantes et d'échange de données professionnelles dans le secteur de la construction
Projet cofinancé par l'Union européenne
Julien HANS, Alain ZARLI

- **Élaboration d'une méthodologie de développement de modèles paramétrés de bâtiments – Application pour l'évaluation de la performance énergétique et l'analyse d'images de bâtiments (2010-2013)**
Programme doctoral
Romain CARIOU – École des Ponts ParisTech

4. ACTIONS À L'ÉCHELLE DU COMPOSANT

À cette échelle, notons les projets CEOS sur la modélisation numérique des fissurations sous chargement statique et le projet EHPOC du pôle SYSTEM@TIC sur l'intégration dans la plateforme SALOME d'un modèle 3D multiphysique non linéaire sur les microstructures fines en béton.

PROJETS DE RECHERCHE À L'ÉCHELLE DU COMPOSANT

- **OPEN-HPC**– Simulation et le calcul haute performance (2008-2010)
Projet visant à développer un pôle mondial de compétences en calcul scientifique HPC Open Source
Projet cofinancé par le FUI et la Région Île de France
Hocine BOUSSA
- **Projet CEOS** – Participation au sous-groupe « Modélisation numérique – Fissuration sous chargement statique monotone » (2009-2011)
Projet cofinancé par l'IREX
Hocine BOUSSA
- **EHPOC** – Environnement Haute Performance pour l'Optimisation et la Conception (phase 2 du projet IOLS) (2007-2009)
Projet cofinancé par la Région Ile de France
Hocine BOUSSA
- **Étude multiéchelle du comportement thermo-hygro-mécanique du béton sous sollicitations thermiques sévères (2007-2010)**
Programme doctoral
Thi-Thu-Huong LE – Université Paris-Est Marne-la-Vallée

- **Étude du comportement multiphysique et multiéchelle des structures et matériaux en béton : application au comportement thermo-hygro-mécanique à hautes températures (2005-2008)**
Programme doctoral
Charbel MELHEM – Université Paris VI Pierre et Marie Curie
- **Dispersion turbulente et déposition de gouttes d'eau ; expérimentation et modélisation numérique (2005-2008)**
Programme doctoral
Sylvain AGUINAGA – Université de Poitiers, LEA
- **Simulation numérique d'impact de vagues déferlantes sur un ouvrage côtier (2008 - 2011)**
Programme doctoral
Cyril MOKRANI – Université de Pau et des Pays de l'Adour, LASAGEC2

CONTRIBUTEURS

*Nota : les noms suivis d'une *
sont ceux des personnes ayant
quitté le CSTB*

Responsables des actions de recherche

BOUSSA Hocine
CHEVALIER Jacques
COUDRET Florent
CHLELA Fadi *
GRILLAUD Gérard
HANS Julien
HECK Jean-Vivien
LEBEGUE Éric
MAILLARD Julien
MARACHE Mathieu
SOUBRA Souheil
SOULA Julien
VAN MAERCKE Dirk
VISIER Jean-Christophe

Chercheurs associés

AKOUA Jean-Jacques *
ALIROL Océane *
BAULAC Marine
BELZITI Daniela
BLANCHARD Cédric *
BODDAERT Simon
BOIRET Dominique
CARRE Samuel
CHAVERIAT Guy
CIUTI Elisa
CORRALES Patrick
DANBON Frédéric
DEFRANCE Jérôme
DUCRUET Pascal
FLAMAND Olivier
FROMY Philippe
GUIOT Thierry
HILAIRE Bruno
JALLET Paul
JANDON Mireille
JEAN Philippe
KEILHOLZ Werner
LABEDENS Romain
LEGUILLON Franck
LOMBARDO Jean-Christophe *
LOZINGUEZ Hervé

MAÏSSA Sandrine
MARTIN Claude
MILLET Jean-Robert
MORLOT Rodolphe *
MURESAN Christian *
NOE Nicolas
PAJANI Océane
PELE Charles
PERRAUDEAU Michel
PICINBONO Guillaume
PIRIOU Julien
PONS Jean-Philippe *
QUENARD Daniel
VIDEAU Jean-Baptiste
VILLOT Michel
VINET Jérôme
ZARLI Alain
ZIBOUCHE Kamel

Doctorants

AGUINAGA Sylvain (2005-2008)
CARIOU Romain (2010-2013)
DO Thanh-Trung (2007-2010)
GUILLAUME Renaud (2006-2008)
LE Thi-Thu-Huong (2007-2010)
LOYET Raphaël (2007-2010)
JAGLA Jan (2010-2013)
MELHEM Charbel (2005-2008)
MOKRANI Cyril (2008-2011)
OK David (2009-2012)
VERMET Mikaël (2007-2010)

Personnel technique associé

CHERVIN Paul
PARDON Dominique

BILAN QUANTITATIF

PRODUCTION DE CONNAISSANCES

PUBLICATIONS

Articles

∞ *Publiés dans une revue scientifique à comité de lecture*

Multi-scales modelling for the behaviour of damaged concrete
GRONDIN F., DUMONTET H., BEN HAMIDA A., MOUNAGED G., BOUSSA H.

Cement and Concrete Research, 37/10, July 2007, p. 1453-1462 [doi:10.1016/j.cemconres.2007.05.012]

Robust and efficient surface reconstruction from range data
LABATUT P., PONS J.P., KERIVEN R.
Computer Graphics Forum, 28/8, October 2009, p. 2275-2290 [doi:10.1111/j.1467-8659.2009.01530.x]

3D-Audio matting, post-editing and re-rendering from field recordings
GALLO E., TSINGOS N., LEMAITRE G.
EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2007, 14 p. [doi:10.1155/2007/47970]

Brain Connectivity Mapping Using Riemannian Geometry, Control Theory, and PDEs
LENGLET C., PRADOS E., PONS J.P., DERICHE R., FAUGERAS O.
SIAM Journal on Imaging Sciences, 2/2, April 2009, p. 285-322 [doi:10.1137/070710986]

∞ *Publiés dans une revue technique*

Bâtiments et villes numériques au CSTB
MORAND P., SOULA J.
TPéchanges, 43, novembre 2009, p. 52-56

Les laboratoires virtuels au service de l'innovation dans les "smart-buildings"
JANDON M., BEGUERY P.

REE - Revue de l'électricité et de l'électronique, 8, 2010, p. 66-73

Communications

Droplets dispersion and deposition in a sudden expansion flow
AGUINAGA S., BOREE J., SIMONIN O., BOUCHET J.P., HERBERT V.
14th International symposium on applications of laser techniques to fluid mechanics, July, 7-10th 2008, Lisbon, PRT, 12 p.

ELODIE: a tool for the environmental assessment of building
CIUTI E., SOUBRA S., LEBERT A.
18th CIB World Building Congress, May 11-13, 2010, Manchester, GBR, 10 p.

Hierarchical shape-based surface reconstruction for dense multi-view stereo
LABATUT P., PONS J.P., KERIVEN R.
3DIM - IEEE International Workshop on 3-D Digital Imaging and Modeling, October 3-4, 2009, Kyoto, JPN, 8 p.

Dense and Accurate Spatio-Temporal Multi-View Stereovision
COURCHAY J., PONS J.P., MONASSE P., KERIVEN R.
ACCV'09 - 9th Asian Conference on Computer Vision, September 23-27, 2009, Xi'an, CHN, 12 p.

Globally optimal spatio-temporal reconstruction from cluttered videos
AGANJ E., PONS J.P., KERIVEN R.
ACCV'09 - 9th Asian Conference on Computer Vision, September 23-27, 2009, Xi'an, CHN, 12 p.

Transductive segmentation of textured meshes
CHAUVE A.L., PONS J.P., AUDIBERT J.Y., KERIVEN R.
ACCV'09 - 9th Asian Conference on Computer Vision, September 23-27, 2009, Xi'an, CHN, 12 p.

Graphe des réflexions dans les volumes complexes :

construction, simplifications perceptives et auralisation
LOYET R., MAILLARD J., IEHL J.C., PEROCHE B.,
CFA 2010, 10e Congrès Français d'Acoustique, 12-16 avril 2010, Lyon, FRA, 6 p.

Thermo-hygro-mechanical behavior of concrete at high temperature. Analysis of damage-permeability coupling effects on mass and heat transfer
BOUSSA H., MOUNAGED G., MEHLEM C.
CIMNE International Conference on computational methods for coupled problems in science and engineering, May 21-23, 2007, Ibiza, ESP, 9 p.

Prediction of acoustic comfort of a trainset using Ray-tracing technology
GABET P., DROBECK V., NOE N., JEAN P.
Confort automobile et ferroviaire 2008, 19-20 novembre 2008, Le Mans, FRA, 8 p.

Combining virtual environments and simulations to meet sustainability challenges of the construction sector
SOUBRA S.
CONVR 2008, 8th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, October 20-21, 2008, Kuala Lumpur, MYS, 11 p.

Towards high-resolution large-scale multi-view stereo
VU H., KERIVEN R., LABATUT P., PONS J.P.
CVPR 2009 - IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 20-25, 2009, Miami, FL, USA, p. 1430-1437 [doi:10.1109/CVPRW.2009.5206617]

From Segmented Images to Good Quality Meshes Using Delaunay Refinement
BOISSONNAT J.D., PONS J.P., YVINEC M.
Emerging Trends in Visual Computing- LIX Fall Colloquium, ETVC 2008, November 18-20, 2008, Palaiseau, FRA, Springer, Lecture Notes in Computer Science 5416, 2009, p. 13-37 [doi:10.1007/978-3-642-00826-9_2]

Perceptual clustering for ray based auralization

LOYET R., MAILLARD J., LEHL J.C., PEROCHE B.,
Euronoise 2009, October 26-28, 2009, Edinburgh, GBR, 7 p.

Prediction and auralization of construction site noise

MAILLARD J.
Euronoise 2009, October 26-28, 2009, Edinburgh, GBR, 10 p.

New features for solar thermal simulation in TRANSOL

CARRERA A., SALOM J., GURRUCHAGA I., CAMARA O., CASANOVA M., KEILHOLZ W., SETTE P.
EuroSun 2010, International Conference on Solar Heating, Cooling and Buildings, September 28 - October 1, 2010, Graz, AUT, 10 p.

A lagrangian stochastic model for droplet deposition simulations in connection with wall function approaches

AGUINAGA S., SIMONIN O., BOREE J., HERBERT V.
FEDSM2009 - Proceedings of ASME 2009 Fluids Engineering Division Summer Meeting, August 2-6, 2009, Vail, Colorado, USA, ASME, Vol. 1, p. 795-805 [doi:10.1115/FEDSM2009-78126]

A simplified particle-turbulence interaction PDF model: application to deposition modelling in turbulent boundary layer

AGUINAGA S., SIMONIN O., BOREE J., HERBERT V.
FEDSM2009 - Proceedings of ASME 2009 Fluids Engineering Division Summer Meeting, August 2-6, 2009, Vail, Colorado, USA, ASME, Vol. 1, p. 1899-1910 [doi:10.1115/FEDSM2009-78128]

Finite element modeling of anchors subjected to static and cyclic loads

MOUNAJED G., BOUSSA H., SICHAIB A., UNG QUOC H., LABORDERIE C.
FRAMCOS 06 - 6th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures, June 17-22, 2007, Catania, ITA, 6 p.

Cellule expérimentale en vraie grandeur pour la validation des outils de simulation thermo-hygro-aérouliques

PIOT A., ABELE C., WOLOSZYN M., BRAU J.
IBPSA France 2008, 6-7 novembre 2008, Lyon, FRA, 8 p.

Spatio-Temporal Image-Based Texture Atlases for Dynamic 3-D Models

JANKO Z., PONS J.P.
ICCV2009 - Proceedings of the 7th International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling, September 27-October 4, 2009, Kyoto, JPN, 8 p.

Photo-consistent surface reconstruction from noisy point clouds

AGANJ E., KERIVEN R., PONS J.P.
ICIP2009 - IEEE International Conference on Image Processing, November 7-10, 2009, Cairo, EGY, 4 p.

A general ray-tracing solution to reflection on curved surfaces and diffraction by their bounding edges

NOE N., GAUDAIRE F., JEAN P., VERMET M.
ICTCA 2009, 9th International Conference on Theoretical and Computational Acoustics, 7-11 September 2009, Dresden, DEU, 11 p.

Using asymptotic methods to compute diffracted pressure by curved surfaces

VERMET M., NOE N., VAUZELLE R., POUSET Y., COMBEAU P.
ICTCA 2009, 9th International Conference on Theoretical and Computational Acoustics, 7-11 September 2009, Dresden, DEU, 10 p.

Robust Piecewise-Planar 3D Reconstruction and Completion from Large-Scale Unstructured Point Data

CHAUVE A.L., LABATUT P., PONS J.P.
Proceedings of CVPR 2010, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 13-18, 2010, San Francisco, USA, p. 1261-1268 [doi:10.1109/CVPR.2010.5539824]

The COMMUNIC project: Virtual prototyping for roads design and concurrent engineering

LEBEGUE E., MALAVERGNE F., DUMOULIN C.
Zarli A., Scherer R. (Eds.), eWork and eBusiness in architecture, engineering and construction: ECPPM 2008, September 10-12, 2008, Sophia-Antipolis, FRA, Taylor & Francis, 2009, p. 647-652

Chapitres d'ouvrage collectif

3D reconstruction of large-scale city models as a support to sustainable development

SOUBRA S., PONS J.P.
CDVE 2008: Cooperative Design, Visualization, and Engineering, Proceedings of the 5th International Conference, September 21-25, 2008, Calvià, Mallorca, ESP, Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science 5220, 2008, p. 172-175 [doi:10.1007/978-3-540-88011-0_22]

Combining 3D models and simulations to meet the design challenges of the twenty-first century

SOUBRA S.
Shen G., Brandon P., Baldwin A. (Eds). Collaborative construction information management, Spon Press, Spon research, 2009, p. 80-91

Dense and accurate spatio-temporal multi-view stereovision

COURCHAY J., PONS J.P., MONASSE P., KERIVEN R.
Computer Vision - ACCV 2009, 9th Asian Conference on Computer Vision, Revised Selected Papers, Part II, Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science 5995, May 2010, p. 11-22 [ISBN 978-3-642-12303-0] [doi:10.1007/978-3-642-12304-7_2]

Globally optimal spatio-temporal reconstruction from cluttered videos

AGANJ E., PONS J.P., KERIVEN R.
Zha H., Taniguchi R., Maybank S (Eds), Computer Vision – ACCV 2009, 9th Asian Conference on

Computer Vision, Xi'an, September 23-27, 2009, Revised Selected Papers, Part III, Springer, Lecture Notes in Computer Science 5996, 2010, p. 667-678 [doi:10.1007/978-3-642-12297-2_64]

The need for creativity enhancing design tools

SOUBRA S.
Brandon P., Kocatürk T. (Eds).
Virtual Futures for design, construction and procurement, Wiley-Blackwell, 2008, p. 131-144 [doi:10.1002/9781444302349.ch10]

Transductive segmentation of textured meshes

CHAUVE A.L, PONS J.P, AUDIBERT J.Y, KERIVEN R.
Zha H., Taniguchi R., Maybank S. (Eds), Computer Vision – ACCV 2009, 9th Asian Conference on Computer Vision, Xi'an, September 23-27, 2009, Revised Selected Papers, Part II, Springer, Lecture Notes in Computer Science 5995, 2010, p. 502-513 [doi:10.1007/978-3-642-12304-7_47]

Rapports

Comparaison des méthodes de reconstruction de surfaces par des maillages et estimation des erreurs afférentes

NOE N.
janvier 2010, 32 p.

Estimation des erreurs de discrétisation par la méthode d'extrapolation de Richardson

ZIBOUCHE K.
février 2010, 17 p.

Export des données CAO en format neutre pour la simulation de bâtiments (NBDM)

KEILHOLZ W, BOIRET D, HILAIRE B.
février 2010, 18 p.

Incertitudes associées aux évaluations par modélisation et par approches combinées : réduction de la variance, management par la non-performance

CARRE S.
janvier 2010, 26 p.

CONGRÈS, COLLOQUES, CONFÉRENCES

SCAN'10, Séminaire de Conception Architecturale Numérique, 9 et 10 décembre 2010, École nationale supérieure d'architecture de Marseille
Ahmed LAAROSSI (membre du comité scientifique)

Pacific Graphics 2010, September 25-27, 2010, Hangzhou, China
Jean-Philippe PONS (membre du comité de programme)

Présentation des configurateurs de produits et systèmes avec des configurateurs Standards IFC, Colloque CSTB-Saint-Gobain, Salon Batimat, novembre 2009, Paris
CSTB- Dépt TIDS/MODEVE (organisateur)

Virtual Prototyping Application to Construction Processes, Network of Experts in Virtual Reality applied to Construction Processes and Products (VR-NET), 23 rd February 2007, CSTB Sophia Antipolis
Souheil SOUBRA (organisateur)

eXpert : la maquette numérique pour mieux communiquer, Séminaire d'information, 26-27 novembre 2008, Sophia-Antipolis
CSTB- Dépt TIDS/MODEVE (organisateur)

CONVR2010. International conference on Construction applications of Virtual Reality. 4-5 novembre 2010. Souheil SOUBRA (membre du comité scientifique)

Colloque GIS Modelisation Urbaine. 23-24 février 2011.
Souheil SOUBRA (membre du comité scientifique)

REVUES

IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence
Jean-Philippe PONS (relecteur)

International Journal on Computer Vision
Jean-Philippe PONS (relecteur)

RÉSEAUX SCIENTIFIQUES

ALBANE - Alliance Bâtiment Numérique Grenelle

Participation des départements Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir et Energie-Santé-Environnement du CSTB

AlCarnot - Association des instituts Carnot, groupe thématique Technologies de l'Information et de la Communication, Micro Nano Technologies (TIC-MNT)

Guillaume PICINBONO

BuildingSmart (ex Mediaconstruct)

Patrick MORAND, Eric LEBEGUE (membres du conseil d'administration)

IMAGINE - Laboratoire IMages, Apprentissage, Géométrie, Numérisation, Environnement

(groupe de recherche commun École des Ponts ParisTech-CSTB)
Souheil SOUBRA (animation), Jean-Philippe PONS (membre)

Pôle de compétitivité SYSTEM@TIC, Groupes de Travail "Outils de Conception et Développements Systèmes" et "Logiciels libres"

Hocine BOUSSA (participation)

Réseau géomatique du MEEDDM

Julien SOULA (membre)

Ter@tec - Pôle européen de compétence en simulation et calcul haute performance

Hocine BOUSSA (correspondant)

PRIX, DISTINCTIONS

By-OASIS, logiciel de simulation numérique et restitution sonore interactive des bruits de chantier : **Trophée "Design industriel et Simulation"**, 10ème rencontres internationales de la réalité virtuelle (2008)
Dirk VAN MAERCKE, Julien MAILLARD

Laboratoire de recherche IMAGINE (Images, Apprentissages

et Géométrie pour la Numérisation de l'Environnement) : **1er au concours organisé par l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne** (EPFL) pour la création de modèles 3D à partir de photographies (2009)
Jean-Philippe PONS, Souheil SOUBRA

VALORISATION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

BREVET

Configuration de produits de construction pour une maquette numérique de bâtiment

Inventeurs : Elisa CIUTI, Florent COUDRET, Eric LEBEGUE, Guillaume PICINBONO, Souheil SOUBRA (CSTB) ; Maixent CALLAUD, Laurent ORTAS (St-Gobain)
Déposants : CSTB, St Gobain-Isover
Déposé en 2010

LOGICIELS

Baghera View - Outil de visualisation pour la certification des échanges des données STEP entre les partenaires de l'industrie spatiale européenne.
Co-développé par le Département Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB et le CNES

By-OASIS (Outil Acoustique de Simulation Interactive de Sites) -

Logiciel de simulation acoustique et de restitution sonore 3D de bruits de chantier
Développé par le par le département Acoustique et Eclairage du CSTB (Julien MAILLARD, Dirk VAN MAERCKE) pour le compte de Bouygues-TP

Chaîne de modélisation 3D automatique à partir de photographies et Algorithme de reconstruction 3D simplifiée à partir de nuages de points

Co-développée par le département Technologies de

l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB et l'École des Ponts ParisTech. Licence acquise par Autodesk pour intégration dans leur offre.

eveBIM - Navigateur qui permet de charger une description détaillée du bâtiment au format IFC afin de la visualiser et de l'exploiter (calcul de métrés, lien avec les simulations techniques)
Développé par le département Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB

eveCity - Outil qui permet, à partir des données SIG, d'afficher, de paramétrer et de consulter une maquette numérique urbaine en 3D.

Développé par le département Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB

IFC SDK (Industry Foundation Classes Software Development Kit) -

Boîte à outils permettant d'accéder en lecture et écriture, par programmation, à une maquette numérique IFC.
Développé par le département Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB

Météore - Évaluation de l'impact des phénomènes météorologiques sur les opérations militaires
Co-développé par le par le département Acoustique et Eclairage du CSTB (Dirk VAN MAERCKE) et Bertin pour le compte de la DGA

MITHRA-REM - Module de la gamme logicielle MITHRA conçu pour simuler la propagation des ondes électromagnétiques à l'échelle d'une ville et l'exposition au rayonnement électromagnétique en environnement extérieur
Co-développé par le département Acoustique et Eclairage du CSTB (Nicolas NOE, François GAUDAIRE) et Geomod

OSCAR (Outil de simulation du confort acoustique d'une rame) -

Outil permettant de simuler le niveau de bruit intérieur en tout point d'un véhicule ferroviaire et de prédire l'intelligibilité des

messages pour différentes conditions de fonctionnement.
Conçu et développé par le par le département Acoustique et Eclairage du CSTB (Nicolas NOE) pour Alstom Transport

Phanie - Logiciel de simulation physique de l'éclairage en en éclairage artificiel/naturel/mixte permettant de définir et de visualiser des scénarios lumineux en fonction des paramètres qui vont influencer sur la qualité dès la conception d'une salle ou d'un bâtiment.

Développé par le département Acoustique et Eclairage du CSTB (Michel GARCIA, Samuel CARRE)

TRNSYS (TRAnsient SYstem Simulation Program) -

Environnement modulaire de simulation dynamique de bâtiments et de systèmes, TRNSYS 17 Simulation Studio est dédié au calcul des performances thermiques des bâtiments multizones et de leurs équipements, ainsi que des systèmes thermiques en général.
Développé par le département Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir du CSTB, TRANSSOLAR, University of Wisconsin Solar Energy Lab (SEL)

ACTIVITÉS DE FORMATION

ACTIVITÉS D'ENCADREMENT

Thèses en cours

Rendu sonore dynamique d'environnements complexes (soutenance prévue en mars 2011)
Raphaël LOYET
Université Claude Bernard Lyon 1 - Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information (LIRIS)
Encadrant CSTB : Julien MAILLARD

Modélisation probabiliste et validation expérimentale de la stabilité d'une cloison de grande hauteur en plaques de plâtre sur ossature métallique soumise à un incendie naturel (soutenance prévue en juin 2011)
Thanh-Trung DO
Université Paris-Est Marne-la-Vallée - Laboratoire de Modélisation et Simulation Multi Echelle (MODES)
Encadrant CSTB : Jean-Vivien HECK

Étude multi-échelle du comportement thermo-hygro-mécanique du béton sous sollicitations thermiques sévères (2007-2010)
Thi-Thu-Huong LE
Université Paris-Est Marne-la-Vallée
Encadrant CSTB : Hocine BOUSSA

Correspondance précise de parties d'images : application à la reconnaissance, l'analyse et la reconstruction d'objets et bâtiments (2009-2012)
David OK
École des Ponts ParisTech (ENPC) - IMAGINE
Encadrants CSTB : Jean Philippe PONS, Souheil SOUBRA

Élaboration d'une méthodologie de développement de modèles paramétrés de bâtiments - Application pour l'évaluation de la performance énergétique et l'analyse d'images de bâtiments (2010-2013)
Romain CARIOU
École des Ponts ParisTech (ENPC)

Encadrant CSTB : Sylvain DESROUINEAU

Thèses soutenues

Apports de modèles de comparaison structurelle et sémantique à la synchronisation de la maquette numérique de construction : application aux ponts
ARTHAUD G.
École des Ponts ParisTech (ENPC), 2007
Encadrant CSTB : Souheil SOUBRA (co-directeur)

DOC00007391
Découverte de correspondances sémantiques entre ressources hétérogènes dans un environnement coopératif
FERREIRA DA SILVA C.
Université Claude Bernard - Lyon I, 2007
Encadrant CSTB : Celson LIMA

Restitution sonore hiérarchique et perceptive d'environnements virtuels multi-modaux
Emmanuel GALLO
Université de Nice-Sophia-Antipolis, 2007
Encadrant CSTB : Jean-Christophe LOMBARDO

Dispersion turbulente et déposition de gouttes d'eau ; expérimentation et modélisation numérique
Sylvain AGUINAGA
Université de Poitiers - Laboratoire d'études aérodynamiques (LEA), 2008
Encadrants CSTB : Pierre PALIER, Jean-Paul BOUCHET

Simulation par l'acoustique géométrique en présence de surfaces courbes avec prise en compte de la diffraction
Mikaël VERMET
Université de Poitiers - Laboratoire Signal, Images, Communications (SIC)
Encadrants CSTB : Nicolas NOE, Philippe JEAN (co-directeur)

Accueil d'étudiants (stagiaires de niveau bac+5)

Contribution à la réalisation d'un modèle numérique pour l'étude des performances des systèmes de ventilation
WRONA R.
Stage 3e année ingénieur, INSA de Rouen, 2008

Méthode de simulation de la réverbération dans les volumes fermés
BANGOURA S.
Master 2, Ingénierie mécanique et acoustique, Université du Maine - Le Mans, 2008

Synthèse sonore de véhicules en déplacement à vitesse variable
DESTEPHEN C.
INPG, 2009

Participation à des jurys académiques

Autres que ceux des doctorants accueillis au CSTB

Thèse d'Ehsan AGANJ, Multi-view Reconstruction and Texturing, 2009, École des Ponts ParisTech
Jean-Philippe PONS (co-directeur)

Thèse de Patrick LABATUT, Labeling of data-driven complexes for surface reconstruction, 2009, Université Paris Diderot-Paris VII
Jean-Philippe PONS (co-directeur)

PhD de Ian Mackenzie, A review of project controls in the UK & methodologies to improve the processes, 2009, University of Teesside
Souheil SOUBRA (rapporteur)

Thèse d'Engin TOLA, DAISY: A Fast Descriptor for Dense Wide Baseline Stereo and Multiview Reconstruction, 2010, École Polytechnique Fédérale de Lausanne
Jean-Philippe PONS (rapporteur)

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

Cours

Utilisation des maillages dans les applications à l'échelle urbaine

Bruno HILAIRE, Kamel ZIBOUCHE
École des Ponts ParisTech (ENPC),
2e année Ingénieur
Avril 2009

Synthèse d'image

Elisa CIUTI
Université de Nice-Sophia
Antipolis, TD dispensé dans le
cadre d'études d'ingénieur
2008

Maillages 3D et applications

Jean-Philippe PONS
École des Ponts ParisTech (ENPC),
2e année Ingénieur
2009-2010 (2 séances)

Réalité sonore virtuelle

Julien MAILLARD
Université du Maine, Master Pro
Acoustique des Transports et de
l'Environnement, semaine
d'enseignement au CSTB de
Grenoble
2007-2010

Auralisation d'environnements virtuels

Julien MAILLARD
Université du Maine, Master
Recherche Bruit des transports -
Février 2010

Utilisation d'OpenSceneGraph dans les projets urbains : projet "Trafic"

Julien SOULA
École Polytechnique Universitaire
de Nice Sophia Antipolis, Master 2
Informatique : Fondements et
ingénierie - Vision image et
multimédia (IFI/VIM), cours sur la
synthèse d'image
Janvier 2010

Maillage et application

Kamel ZIBOUCHE
École des Ponts ParisTech (ENPC),
2e année
Avril 2009

Interaction fluide-structure

Kamel ZIBOUCHE
École Centrale de Nantes, 2e
année
Avril 2010 (6 h)

Interaction fluide-structure

Kamel ZIBOUCHE
École Supérieure d'Ingénieurs
Leonard de Vinci
2009-2010 (20h/an)

Méthodes géométriques pour la simulation de la propagation acoustique et électromagnétique

Nicolas Noé
Université de Poitiers, Master 2
Janvier 2008

Méthodes numériques en vibro-acoustique

Philippe JEAN
Université du Maine, Master Pro
Acoustique des Transports et de
l'Environnement, semaine
d'enseignement au CSTB de
Grenoble
2007-2010

Introduction aux méthodes de simulation d'éclairage

Samuel CARRE
École Supérieure d'Ingénieurs de
Poitiers (ESIP), 3e année, Section
Éclairage Acoustique Climatisation
2007-2010 (4h/an)

Principes généraux du photovoltaïque, applications par simulation

Simon BODDAERT
Université de Corte, Master 2
Systèmes énergétiques et énergies
renouvelables
2007-2009

Découverte et prise en main des outils de simulation pour les applications photovoltaïques.

Simon BODDAERT
Université de Corte, Master 1
Systèmes énergétiques et énergies
renouvelables
Avril 2008

Maquette numérique et construction

Souheil SOUBRA
École Centrale Paris - 3e année,
option Aménagement et
construction, module TIC
2007-2008

Simulation dynamique & TRNSYS

Werner KEILHOLZ
École Nationale Supérieure
d'architecture de Marseille
(ENSA), Master Pro Ingénierie de
la production du Bâtiment

Avril 2008, Février 2009, Avril
2010

Formation professionnelle

Maquette Numérique et IFC

Eric LEBEGUE
Ordre des architectes Tunisiens,
2009 (2x6h)

Maquette Numérique et IFC

Florent COUDRET, Guillaume
PICINBONO, Eric LEBEGUE
Commissariat à l'énergie
atomique, Laboratoire
d'Intégration des Systèmes et des
Technologies (CEA/LIST), 2010 (6h)

Maquette Numérique et IFC

Florent COUDRET, Guillaume
PICINBONO, Eric LEBEGUE
Bouygues Construction, 2010 (6h)

Initiation à OpenSceneGraph

Julien SOULA
Ponts Formation Edition
2008, 2010 (1j)

SIMUREX : Conception optimisée du bâtiment par la simulation et le retour d'expérience

Matthieu COSNIER)

TRNSYS

Werner KEILHOLZ
Formation à destination des
bureaux d'études et architectes
(15 h)

PARTENARIATS**CONVENTIONS-CADRE DE
PARTENARIATS****ENPC - École des Ponts ParisTech**

Création d'un laboratoire de recherche commun CSTB-ENPC, IMAGINE (IMages, Apprentissage, Géométrie, Numérisation, Environnement), le 1er janvier 2009 qui développe ses recherches notamment autour de deux axes : la modélisation en trois dimensions à partir de photographies numériques et l'apprentissage automatique

ALBANE - Alliance Bâtiment Numérique Grenelle entre le CEA LIST et le CSTB (départements Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir et Energie-Santé-Environnement) autour de la réponse aux enjeux du Grenelle de l'Environnement à travers le couplage entre maquette numérique et outils de conception-exploitation pour l'énergie et le confort.

**COLLABORATIONS AUTOUR DE
PROJETS DE RECHERCHE***Partenaires académiques*

CEREA – Laboratoire commun entre l'École des Ponts ParisTech et EDF

École centrale de Nantes

ECP - École centrale de Paris

ENSAM - Arts et Métiers ParisTech

INRIA - Institut national de recherche en informatique et automatique, Sophia-Antipolis (particulièrement équipes AXIS, GEOMETRICA et REVES)

LEPSIS - Laboratoire Exploitation, Perception, Simulations et Simulateurs de conduite, UMR LCPC - INRETS

LICIT - Laboratoire Ingénierie Circulation Transports, UMR INRETS - ENTPE

SEL - Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison (États-Unis)

Agences et opérateurs de recherche publics

BRGM - Bureau de recherches géologiques et minières

CEA - Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives

CEA-LIST - Laboratoire d'Intégration des Systèmes et des Technologies du CEA

CETE Méditerranée - Centre d'Études Techniques de l'Équipement Méditerranée

CNES/ESA - Centre National d'Études Spatiales/Agence Spatiale Européenne

EMPA - Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research (Suisse)

IGN - Institut géographique national

INRETS - Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité

LBNL - Lawrence Berkeley National Laboratory (États-Unis)

LCPC – Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

Météo France

Industriels

Autodesk

BBS Slama

Bouygues Travaux Publics

DS - Dassault Systèmes

Eiffage Travaux publics

ESI Group

Lapeyre

Legrand

Saint Gobain

Schneider Electric

SETEC TPI

Spot Image

STAR APIC

THALES Services

Vinci Construction France

Maîtrise d'œuvre-Ingénierie

ARTELIA

BURGEAP

C-S

Distene

EGIS

INEXIA

INGEROP

IOSIS

INGEROP

Izuba Energies

SAFEGE

SETEC Aménagement

SYSTRA

JNLog

Oxalya

Transsolar

Associations - Organisations professionnelles

AIMCC - Association des Industries de Produits de Construction

SYNTEC-Ingénierie

**ACCUEIL DE DOCTORANTS,
CHERCHEURS, ÉTUDIANTS**

ENPC - École des Ponts ParisTech

**ESIP - École Supérieure
d'Ingénieurs de Poitiers**

**IRISA - Institut de recherche en
informatique et systèmes
aléatoires, équipe Bunraku**

**UMLV - Université Paris Est
Marne-la-Vallée**

**Université Claude Bernard Lyon 1
- Laboratoire d'InfoRmatique en
Image et Systèmes d'information
(LIRIS)**

Université de Cergy Pontoise

**Université de Nice-Sophia-
Antipolis**

**UP6 - Université Pierre et Marie
Curie - Paris 6**

**UPPA - Université de Pau et des
Pays de l'Adour**

**XLIM-SIC - Département Signal -
Image - Communication,
Laboratoire XLIM, UMR 6172,
Université de Limoges, Université
de Poitiers, CNRS**

SOUTIEN AUX POLITIQUES PUBLIQUES

ÉVALUATION DE PROGRAMMES ET PROJETS DE RECHERCHE

OSEO

Souheil SOUBRA (évaluation de
dossiers d'innovation sur le sujet
des TIC-Construction, 2007-2009)



6 | Annexes

- > LE COMITÉ CONSULTATIF DU CSTB
- > L'INSTITUT CARNOT CSTB
- > FINANCEMENT DE LA RECHERCHE
- > PRINCIPAUX PROJETS DE RECHERCHE
ET ÉTUDES COFINANCÉS PAR LES POUVOIRS PUBLICS

LE COMITÉ CONSULTATIF DU CSTB

En tant qu'organisme de recherche, le CSTB est doté d'un Comité consultatif, composé de personnalités issues des milieux professionnels du bâtiment et chargé d'orienter ses programmes de recherche.

Liste des membres telle que définie par l'arrêté du 25 novembre 2009 publié au Bulletin officiel 2009/24 du MEEDDM du 10 janvier 2010 :

Nom	Fonction	Organisme
Michel RAY (Président)	Directeur scientifique	Groupe EGIS
Daniel AUBERT	Directeur général des services	Union sociale pour l'habitat (USH)
Pascal BAIN	Responsable de programme	Agence nationale de la recherche (ANR)
Jean-Pierre BARDY	Sous-directeur de la qualité et du développement durable dans la construction	Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN), MEEDDM
René BAROUX	Chef de département	Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU)
Henry BEAUGIRAUD	Délégué aux affaires techniques	Fédération française du bâtiment (FFB)
Fabrice BOISSIER	Directeur du département géothermie	Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)
Bernard BRANDON	Directeur général	Centre technique des industries aéronautiques et thermiques (CETIAT)
Emmanuel BRIAND	Chef de bureau	Direction générale de la santé, ministère de la santé et des sports
Patrice BUESO	Chef adjoint du service recherche	Commissariat général au développement durable, MEEDDM
Gérard CADRE	Directeur	Centre d'études techniques de l'équipement (CETE) de Méditerranée
Bernard CAMBOU	Directeur scientifique	Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (INRETS)
Philippe CHARTIER	Conseiller stratégie	Syndicat des énergies renouvelables (SER)
Marie-Marguerite CHICHEREAU-DINGUIRARD	Déléguée au président	Association EFFINERGIE
Philippe COURTIER	Directeur	École nationale des ponts et chaussées (ENPC)
Soraya DAOU	Adjointe au responsable du service des études de la prospective et de l'évaluation	Agence nationale de l'habitat (ANAH)
Thierry DELARBRE	Directeur général	Pôle de compétitivité ADVANCITY
Philippe DUCHENE	Chef du département Écotecnologies	Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement (CEMAGREF)
Yves FAUCHEUX	Sous-directeur transport, énergie et services à l'industrie	Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi
Georges-Henri FLORENTIN	Directeur du pôle construction	Institut technologique Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement (FCBA)
Johan GARRY	Ingénieur conseil en stratégie	CICF construction
Didier GASTON	Responsable de projet à la direction scientifique	Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS)
Bernard GUINDROZ	Directeur à la direction opérationnelle déléguée	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)
Henri HALNA du FRETAY	Secrétaire général adjoint	Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB)
Benoît HARTMANN	Chargé de mission	France nature environnement (FNE)

Vincent HEMERY	Président	Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton (CERIB)
Hélène JACQUOT-GUIMBAL	Directrice générale	Laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC)
Pierre JONNARD	Président	Centre technique de matériaux naturels de construction (CTMNC)
Francis JUTAND	Directeur scientifique	Institut Télécom
Jean-Philippe LAGRANGE	Directeur technique adjoint	Institut géographique national (IGN)
Bruno LAROUSSE	Chargé de mission NTE	Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
Karine LEVERGER	Déléguée générale	Syntec Energie
Valéry MASSON	Chercheur en météorologie	Météo-France
Christophe MATHIEU	Directeur général	Centre technique industriel de la construction métallique CTICM
François MAUVAIS	Directeur général	Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement (ASTEE)
Nicole MERMILLIOD	Responsable de programme à la direction de la recherche	Commissariat à l'énergie atomique (CEA)
Laurent MICHEL	Directeur général de la prévention et des risques	MEEDDM
Rémi POCHAT	Vice-président	Université de Paris-Est
Emmanuel RAOUL	secrétaire permanent	Plan urbanisme construction architecture (PUCA), MEEDDM
Didier ROUX	Directeur de la recherche	Groupe Saint-Gobain - AIMCC
Michel SCHMITT	Directeur adjoint	École nationale supérieure des mines de Paris (ENSMP)
Gérard SENIOR	Responsable de la politique technique	Union Nationale des Syndicats Français d'Architectes (UNSFA)
Stéphane UBEDA	Directeur du transfert technologique	Institut national de recherche en informatique et automatique (INRIA)

L'INSTITUT CARNOT CSTB

Le label Carnot a été attribué en avril 2006 au CSTB par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche pour l'ensemble de ses équipes menant des activités de recherche et d'expertise.

Afin d'aider les acteurs socioéconomiques du secteur du bâtiment et de son environnement urbain à relever les défis auxquels ils sont confrontés, l'institut Carnot CSTB met à leur disposition les acquis des recherches menées dans le cadre des différents programmes décrits dans ce document, et nourrit en retour les questions posées à la recherche par l'aval.

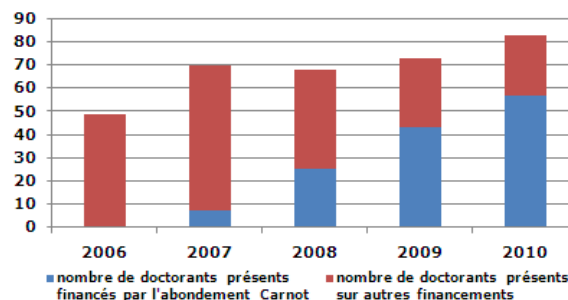
GRANDS OBJECTIFS ET AXES DE DÉVELOPPEMENT SCIENTIFIQUES

Le CSTB, signataire de la convention avec l'ANR constitue la tutelle unique de l'institut Carnot CSTB. Parmi les principaux objectifs à 4 ans mentionnés dans la convention avec l'ANR figurent :

1) La croissance de l'activité de R&D partenariale, qui a cru en moyenne de 7% ces dernières années. Cette activité comporte deux volets : la recherche partenariale le plus souvent financée en totalité par le partenaire socio-économique et donc de nature « *contractuelle* », et la recherche partenariale « *cofinancée* » dans le cadre des différents dispositifs publics de soutien à la recherche français (ANR, ADEME, PUCA, ex-AII, FUI, etc.) et européens (essentiellement PCRDT). Cette activité de recherche partenariale (au sens large) se fonde sur des investissements en recherche propre financée par une dotation publique (programme 190 de la MIREs).

2) Le ressourcement scientifique et la coopération avec la recherche amont : le CSTB étant clairement positionné sur la recherche appliquée, il a fait le choix de construire son ressourcement scientifique sur la base de coopérations avec des partenaires scientifiques extérieurs (recherche académique, coopération inter-Carnot, coopération internationale). L'abondement Carnot est très majoritairement mobilisé par l'institut Carnot CSTB pour renforcer et accélérer ce ressourcement scientifique qui se déploie au travers :

- d'une politique doctorale plus ambitieuse : l'abondement Carnot a permis d'enrayer la baisse du nombre de doctorants accueillis au CSTB grâce au doublement de la part de dotation publique allouée aux collaborations avec la recherche académique. Entre 2007 et 2010, 61 thèses ont été financées sur l'abondement Carnot ;



- de partenariats renforcés avec des équipes académiques (création du laboratoire commun de recherche en réalité virtuelle IMAGINE avec l'École des Ponts ParisTech, constitution d'un réseau scientifique en économie du développement durable urbain, partenariat de recherche sur le thème Eau, Bâtiment et Développement Durable (EAUBADD) avec le LEESU, projet de recherche SIMBIO sur la simulation et la modélisation en énergie pour le bâtiment).

Les actions phares de ressourcement amont ainsi que les principales collaborations sont décrites de façon plus détaillée ci-après.

3) La coopération inter-Carnot qui comporte trois volets :

- Projets communs de recherche : depuis la labellisation, l'institut Carnot CSTB a suscité ou est engagé dans 11 projets communs avec un ou plusieurs instituts Carnot. Pour 8 de ces projets, il a apporté un financement issu de l'abondement Carnot et pour les 3 autres sa participation est financée sur ses autres ressources.

Projets inter-Carnot

Objet	Instituts Carnot partenaires	Abondement Carnot
Matières premières secondaires et matériaux bio-sourcés	BRGM, M.I.N.E.S, Ingénierie@Lyon	oui
Géothermie basse énergie et pompes à chaleur sur sol – plateformes expérimentales BRGM à Orléans et CSTB à Sophia Antipolis	BRGM	oui
Effets sanitaires des champs électromagnétiques	C3S	oui
Utilisation du photovoltaïque dans le couplage bâtiment-transport	CEA-LETI, INRETS	oui
Réalité virtuelle – création du laboratoire commun IMAGINE	VITRES	oui
Gestion durable de l'eau	VITRES	oui
Impact économique des caractéristiques d'instruments financiers	M.I.N.E.S	oui
Réseau Economie et Développement durable urbain	M.I.N.E.S, VITRES, INRETS	oui
SIMBIO – simulateur modulaire de bâtiment	CEA-LIST	non
Bâtiment intelligent	TELECOM-EURECOM, Énergies du futur	non
Ville numérique	VITRES, INRETS	non

- Alliances thématiques : l'institut Carnot CSTB a pris l'initiative en 2008 de la mise en place, de l'alliance thématique « construction durable » qu'il anime avec le soutien de l'association des instituts Carnot (AI Carnot) et qui regroupe 18 instituts Carnot.

Cette alliance, ouverte à tous les instituts Carnot intervenant des les domaines du développement durable, de la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment et le cadre urbain, vise à construire et porter une vision partagée auprès des acteurs socio-économiques, - faire connaître les compétences scientifiques et techniques disponibles, construire des offres tirant parti des complémentarités entre instituts afin de mieux répondre aux besoins d'approches transversales et systémiques, assurer une meilleure coordination entre les équipes des instituts et à s'inscrire dans une perspective de partenariat avec la *Fraunhofer-Allianz Bau* qui vient d'être mise en place.

L'institut Carnot CSTB est par ailleurs membre des alliances « technologies de l'information et de la communication – micro nano technologies » et « Mécanique, Matériaux et Procédés ».

- Mutualisation : l'institut Carnot CSTB a contribué au groupe d'échange des bonnes pratiques au sein de l'AI Carnot et au groupe des Carnot Grenoblois..

4) Le développement international : l'abondement Carnot a permis au CSTB de dynamiser ses partenariats internationaux sur des questions scientifiques amont notamment par la signature de convention-cadre de collaboration autour de sujets de recherche et une politique de séjours de chercheurs du CSTB dans des laboratoires étrangers.

Mobilisation d'équipes internationales

Sujet	Partenaires
Comportement des bétons à haute température	SP (Suède), Politechnico Milano (Italie), Instituto Eduardo Torroja (Espagne), TU Delft (Pays-Bas), TU Eindhoven (Pays-Bas), Université de Cracovie (Pologne)
Protection active par brumisation Comportement des liaisons par résine en situation d'incendie	NIST – National Institute of Standards and Technology - Building and Fire Research Laboratory (États-Unis)
Simulation numérique du comportement des personnes en situation d'incendie	ITB (Pologne)
Modélisation et interprétation automatique des esquisses à partir d'outils avancés.	LUCID-Université de Liège (Belgique)

Séjours de chercheurs dans des laboratoires étrangers

Sujet	Laboratoire d'accueil
Maîtrise de la consommation d'énergie et innovation	Université Jiao Tong – Shanghai (Chine)
Modélisation des matériaux poreux en éléments finis	Université de Sherbrooke (Canada)
Effets du vent sur les ponts et des vents traversiers pour les transports ferrés et routier.	Politechnico Milano (Italie)
Outils d'analyse de risques et de prévision de durée de vie	IRC-CNRC (Canada)
Protection active par brumisation	NIST – National Institute of Standards and Technology - Building and Fire Research Laboratory (États-Unis)

ACTIONS DE RESSOURCEMENT ET PARTENARIATS PHARES RÉALISÉS À L'AIDE DE L'ABONDEMENT CARNOT

Dans l'utilisation de l'abondement Carnot, l'institut Carnot CSTB a délibérément privilégié les actions de ressourcement et de partenariat scientifique sélectionnées en fonction de trois critères : cohérence avec la stratégie de recherche, apports en ressourcement et potentiel de valorisation.

1) Équipement scientifique Asteria

Le CSTB a conduit ces dernières années un important programme de recherche sur la qualité de l'air intérieur axé sur la compréhension des modes de propagation et de survie des contaminations aéroportées bactériennes et virales afin de favoriser le développement de procédés innovants pour leur maîtrise dans les bâtiments. Une coopération avec la CIAT (premier fabricant français en climatisation centralisée et de traitement d'air) a abouti à la mise au point du dispositif expérimental ASTERIA permettant de tester dans un environnement en vraie grandeur l'efficacité des équipements de décontamination de l'air ambiant.

Ce dispositif est constitué de deux bureaux contigus reliés par un couloir, le tout représentant un volume de 200 m³. Dans cet espace clos, toutes les configurations de ventilation sont réalisables. Des aérosols de compositions connues sont injectés dans un bureau "source" et la diffusion de la contamination est tracée jusque dans le bureau "récepteur". Des mannequins équipés de capteurs permettent de simuler l'exposition des individus aux particules et aux agents pathogènes contenus dans les aérosols diffusés depuis le bureau "source". L'action des épurateurs est alors évaluée.

C'est l'abondement Carnot qui a permis au CSTB de se doter de cet équipement original nécessaire à la validation en vraie grandeur des résultats acquis à l'échelle « laboratoire », étape indispensable d'une recherche visant à maîtriser mieux les contaminations par aérosols dans des espaces bâtis.

2) Convention EAUBADD (eau, bâtiment, développement durable) avec l'École des Ponts ParisTech

Concernant la question de la gestion durable de l'eau, le développement de nouvelles pratiques et technologies, en opposition avec le paradigme des grands réseaux publics intégrés, questionnent et intéressent les collectivités locales qui attendent d'être orientées dans leurs choix.

Parallèlement à la mise en œuvre du grand équipement expérimental AQUASIM dédié à des actions de recherche sur l'eau dans le bâtiment et sur la parcelle associée, le CSTB a souhaité développer une expertise scientifique qui embrasse également une approche urbaine à travers une collaboration avec des organismes de recherche intervenant à cette échelle comme le fait le cas du CEREVE (Centre d'Enseignement et de Recherche sur l'Eau, aujourd'hui LEESU (Laboratoire, Eau Environnement et Systèmes Urbains), rattaché en outre à l'École des Ponts ParisTech. La convention EAUBADD porte sur la mise à disposition (financée grâce à l'abondement Carnot) et l'immersion à plein temps d'un chercheur du CSTB au sein du CEREVE/LEESU depuis janvier 2007 et sa participation active aux recherches menés par cette équipe.

3) Création d'IMAGINE, équipe commune à l'École des Ponts ParisTech et au CSTB

IMAGINE est une équipe de recherche commune au CSTB et à l'ENPC créée le 1er janvier 2009 travaillant notamment sur les technologies de modélisation tridimensionnelle automatique à partir de photographies numériques, ou photomodélisation, permettant de créer des modèles tridimensionnels très détaillés du cadre bâti à partir de simples photographies prises par des appareils numériques du commerce.

En revisitant les techniques de photogrammétrie à la lumière de récents progrès en géométrie algorithmique, et en donnant un rôle central aux problèmes de représentation géométrique et d'algorithmique, les travaux récents d'IMAGINE ont abouti à la conception de nouveaux algorithmes de photomodélisation permettant d'envisager la modélisation urbaine automatique de haute précision à partir d'images terrestres, pour un coût très inférieur à la conception assistée par ordinateur et à la télémétrie laser.

L'abondement Carnot a permis de financer de 2008 à 2010 l'intégration au CSTB d'un chercheur de cette équipe issu de l'ENPC.

4) Mise en place du réseau EDUD (économie et développement urbain durable)

Les acteurs socio-économiques de la construction et de la ville ont besoin, pour leurs prises de décision, d'analyse mettant en exergue les impacts économiques de celles-ci à un niveau intermédiaire, encore peu exploré par la recherche qui s'est jusqu'ici principalement concentrée sur les niveaux micro et macroéconomiques. Fort de ce constat, le CSTB a pris l'initiative de constituer une communauté de chercheurs autour des questions de la construction et du développement urbain durable destinée à élaborer les outils économiques pertinents pour éclairer la prise de décision des acteurs territoriaux.

La sensibilisation de chercheurs d'équipes académiques à l'intérêt de développer les travaux en économie sur les thématiques du développement durable dans la construction et l'urbain au niveau méso-économique, a ainsi abouti à la constitution du réseau EDUD, regroupant les équipes suivantes :

- Le Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED) ;
- le Département Économie et Sciences Humaines du CSTB ;
- le Laboratoire d'Économie de la Production et de l'Intégration Internationale (LEPII) de l'Université Joseph Fourier à Grenoble ;
- le Laboratoire Économie des Transports (LET) UMR du CNRS avec l'ENTPE et l'université Lumière de Lyon, Laboratoire Ville ;
- le Laboratoire Ville, Mobilité, Transports (LVMT) laboratoire commun École des Ponts-Paris Tech-INRETS-Université Paris Est Marne-la-Vallée ;
- le Centre d'Économie Industrielle (CERNA) et le Centre Énergétique et Procédés (CEP) de l'École des Mines ParisTech ;
- la Mission Climat de la Caisse des Dépôts.

Depuis 2009, le réseau EDUD organise un séminaire annuel. Un premier ouvrage, *Économie et développement urbain durable : modèles économiques appliqués à la ville*, a été publié en 2010 aux Presses de l'École des mines, un second paraîtra en 2011.

5) Approche conjointe de la convergence bâtiment-transport

Dans le cadre de la recherche sur la connexion entre bâtiment et transport, thématique qui émerge depuis le début des années 2000, le CSTB avec l'Institut National de l'Énergie Solaire (INES), regroupant également le CEA et le CNRS, a engagé le projet de recherche Rézo-Zéro sur la convergence entre production d'électricité d'origine photovoltaïque et utilisation de véhicules électriques.

L'hypothèse de travail est l'utilisation de véhicules électriques pour des trajets entre deux sites distants d'environ 60 km équipés de panneaux photovoltaïques pour la recharge des batteries. Ce projet comporte deux volets : un volet théorique avec le développement d'un outil de simulation du système bâtiment-véhicule électrique et un volet expérimental avec l'équipement des sites du CSTB à Grenoble et d'INES à Chambéry de panneaux photovoltaïques et l'utilisation d'un véhicule électrique pour les déplacements entre ces deux sites pour une validation en vraie grandeur.

Grâce au financement par l'abondement Carnot, deux étapes ont été franchies :

- le développement d'un outil de simulation évolutif sous environnement TRNSYS permettant de simuler dynamiquement un système comprenant un bâtiment producteur (et consommateur) d'énergie associé à un véhicule électrique et le test de plusieurs scénarios ;
- la mise en place d'un démonstrateur en vraie grandeur (parking à toiture photovoltaïque pour voiture, développé par la société Impact Énergie sous le nom d'Iliopark) pour étudier le lien entre production photovoltaïque et utilisation d'un véhicule électrique de service.

6) Projet de recherche sur la simulation et la modélisation en énergie pour le bâtiment

Le projet SIMBIO (*Simulateur modulaire bâtiment instrumentation observation*), qui associe le CSTB, le CEA, le CNRS et l'École des Mines-Paris Tech, vise en premier lieu à disposer d'un simulateur qui permet d'adopter une approche systémique basée sur la modélisation, l'hybridation des modèles numériques avec des données physiques réelles issues d'expériences et d'essais – en temps réel ou en différé –, et la simulation virtuelle.

Le projet a donc également comme ambition de définir des référentiels adaptés aux différentes typologies de bâtiments et d'usages. Ils permettront d'identifier les paramètres à suivre, les fréquences d'échantillonnage et les moyens de mesure nécessaires au suivi, ainsi que l'alimentation des bases de données servant à la recherche développement mais aussi au pilotage in situ.

7) Ressourcement inter-Carnot sur la géothermie très basse énergie

La géothermie est un domaine multidisciplinaire qui nécessite des connaissances à la fois au niveau des sols, des machines thermiques, du bâtiment, de la mécanique ainsi que de la corrosion. C'est pourquoi, le BRGM et le CSTB ont décidé de mettre leur compétence en commun dans une coopération inter-Carnot autour de la plateforme géothermique multisite que le BRGM réalise.

Le centre de cette plateforme est basé au BRGM à Orléans où plusieurs capteurs horizontaux ainsi que des sondes verticales sont installés. Des plateformes supplémentaires sur d'autres sites (dont celui du CSTB à Sophia-Antipolis) sont développées pour le test de sondes ou de champs de sondes géothermiques (pour le stockage saisonnier) avec d'autres configurations géologiques que celles du site d'Orléans.

Le laboratoire semi-virtuel (PEPSY – Plateforme d'Évaluation de SYstèmes énergétiques) du CSTB Sophia, qui permet le test des équipements tels que les PAC dans un environnement simulé (le bâtiment, le climat, les occupants, le puisage d'eau chaude sanitaire etc.) doit être relié à des sondes géothermiques réelles, sur le site du BRGM ou celui du CSTB.

Cette plate-forme s'inscrit dans la droite ligne du projet SIMBIO et en constitue un volet « géothermie très basse énergie ».

Deux thèses directement liées à la plateforme ont été lancées en 2007 conjointement par le BRGM et le CSTB, la première (Laboratoire multisite pour le test et l'évaluation des PAC géothermiques – Laboratoire d'accueil CEP / ENSMP) sur le développement de concepts d'évaluation des installations géothermiques, la seconde (Conception et optimisation de stockages géothermiques – Laboratoire d'accueil LOCIE, Université de Savoie) sur les champs de sondes géothermique avec le but de réaliser un stockage intersaisonnier.

FINANCEMENT DE LA RECHERCHE

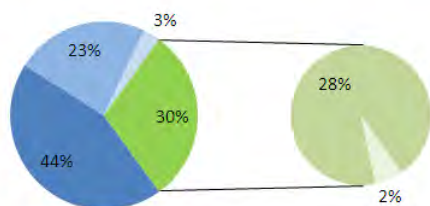
Sources

Entre 2007 et 2010, le CSTB a investi en moyenne 25 millions d'euros par an pour financer sa recherche : 70% de ces crédits proviennent de la subvention versée par l'État et 28% sont issus de cofinancements de projets par des agences publiques (Ademe, PUCA, Europe, etc.). Les 2% restant correspondent à la part de l'abondement Carnot dédiée au financement du programme doctoral.

La subvention directe de l'État (17,5 millions en moyenne par an) sert avant tout à financer des recherches pilotées et menées dans leur intégralité par le CSTB (11 millions d'euros annuels), auxquelles s'ajoutent les recherches cofinancées menées en partenariat avec d'autres organismes (pour un montant annuel s'établissant autour de 5,75 millions d'euros) ainsi que le programme doctoral (750 000 euros/an).

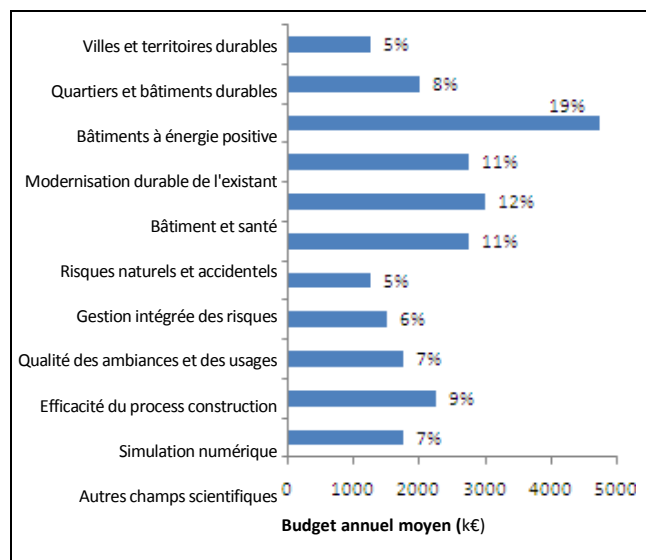
Structuration des financements de la recherche menée sur fonds publics entre 2007 et 2010

- Subvention d'État affectée aux recherches menées à 100% par le CSTB
- Subvention d'État affectée aux recherches financées conjointement par le CSTB et d'autres agences publiques
- Subvention d'État affectée au programme doctoral
- Subventions apportées par les agences publiques
- Abondement Carnot affecté au financement du programme doctoral



Répartition

Sur la période 2007-2010, la répartition moyenne des crédits attribués à chacun des programmes de recherche était la suivante :



PRINCIPAUX PROJETS DE RECHERCHE ET ÉTUDES COFINANCÉS PAR LES POUVOIRS PUBLICS

Remarque : un même projet de recherche peut être cité plusieurs fois en cas de cofinancements multiples.

PROJETS COFINANCÉS PAR LE MINISTÈRE EN CHARGE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

⇒ DIRECTION DE L'HABITAT, DE L'URBANISME ET DES PAYSAGES (DHUP)

Villes et territoires durables

Instruments économiques affectés à la prévention et au recyclage des déchets du BTP : application possible aux produits de construction (2008)

Quartiers et bâtiments durables

Comportement énergétique des toitures végétalisées (2009-2010)

Identification des obstacles de tous ordres en France à l'utilisation des toitures végétalisées (2010)

Identification des obstacles au développement économique des filières de matériaux biosourcés (2010)

Expertise et analyse critique des règles professionnelles pour la filière "construction en paille" (2008-2009)

Formation et accompagnement des CETE dans le cadre du programme BPDD (Bonnes pratiques du développement durable), co-piloté par la DHUP-QC, le PUCA et le CERTU, en vue de leur campagne d'évaluation (2006-2009)

Formation du CETE Ile-de-France à la performance environnementale des produits de construction (2010)

Aide au développement méthodologique d'ELODIE (logiciel d'analyse de cycle de vie des bâtiments) (2006-2010)

Etiquetage et affichage des caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : gestion et amélioration de la base INIES ; consolidation des fiches de déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction (2008-2010)

Élaboration d'un outil de prévision des consommations d'eau des bâtiments (2008)

Étude de faisabilité d'une cotation environnementale des bâtiments (2008)

Étude des contributions à l'analyse cycle de vie des produits de construction (logistique et étapes du cycle de vie) (2009)

Suivi des travaux de normalisation sur le développement durable dans la construction (2010)

Mise en place d'un label Haute Qualité Énergétique et Environnementale (2009-2010)

Bâtiments à énergie positive

Benchmark BEPOS – Étude des référentiels BEPOS dans le monde (2010)

Définition des bâtiments à énergie positive (2009)

Benchmark des bâtiments à énergie positive (2009)

Fiches BBC (2008)
Description de bâtiments exemplaires à basse consommation réalisés en France

Démarche d'évaluation des potentialités de réduction des surinvestissements par les effets d'apprentissage : l'exemple des BBC (2008-2011)

Détermination des consommations énergétiques des bâtiments (2008-2010)

Autre usage de l'électricité – Cotation agrégée et désagrégée des usages spécifiques de l'électricité (2009-2010)

SIMBIO – Simulation Modulaire Bâtiment Instrumentation Observation (2007-2010)
Feuille de route technologique pour une plateforme de coopération au profit de bâtiments à basse consommation énergétique

Ventilation naturelle des espaces intérieurs (2008)

Réglementation thermique

Le CSTB apporte son soutien technique au ministère pour élaborer la réglementation thermique (RT) et produire les méthodes de calcul et cœurs de calcul des logiciels permettant de les appliquer. De 2007 à 2010, ce support a porté sur les activités et études suivantes :

RT 2012

- Participation à l'écriture de la méthode, aide à la préparation et labels associés
- Rédaction de la fiche algorithme éclairage
- Développement cœur de calcul et aide au GT Appicateurs
- L'outil Th BCE au service de la qualité de l'air
- Révision des règles Th-U pour bâtiments neufs
- Accompagnement de l'application des dispositifs réglementaires
- Construction d'une méthode de calcul de consommation des ascenseurs et monte charge
- Accompagnement de la communication et du contrôle des dispositifs RT

RT 2005

- Expertise du Titre V, traitement des cas particuliers
- Outil d'aide au contrôle de l'application de la réglementation thermique 2005

Modernisation durable de l'existant

BAT EXIST CONSO (2008-2009)

Mise en place de la Réglementation bâtiment existant

Modèles et outils de calcul thermique (2008)

Individualisation des frais de chauffage pour les immeubles collectifs (révision des textes de la loi 74-908 du 29 octobre 1974) [2009-2010]

RT Existant (2008-2010)

- Mise en place de la réglementation et contribution à la définition de référentiels techniques d'application, animation de groupe de travail de professionnels, restitution des expériences européennes
- Accompagnement de l'application des dispositifs réglementaires
- Impact de la réglementation thermique de l'existant sur les performances acoustiques des bâtiments concernés
- Accompagnement de la communication et du contrôle des dispositifs concernant la

réglementation et le diagnostic de performance énergétique (DPE) ; Évaluation des logiciels DPE

Bâtiment et Santé

Observatoire de la qualité de l'air intérieur (2007-2010)

Cofinancements de la DHUP et de la DGPR

2° Plan National Santé-Environnement (2008-2009)

- Traçabilité des paramètres santé environnement des produits dans la construction
- Travaux préparatoires à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les lieux clos ouverts au public

Soutien technique à la gestion du risque radon (2007-2010)

- Étude d'impacts des principaux types constructifs et de solutions contre le radon
- Étude du risque et gestion du risque (caractérisation de l'habitat existant, guide pour les bâtiments neufs, référentiel d'appréciation des membranes, mallette pédagogique à destination des professionnels)

Bernard COLLIGNAN

Fibres courtes d'amiante : étude exploratoire dans les différents lieux de vie (2010-2011)

Plomb-habitat : risques liés au plomb dans l'habitat, exposition dans les logements français, enquête nationale (2008-2011)

Aérations des logements : orifices innovants en façades ; pratique des ouvrants asservie à la QAI (2009)

Évolution de la réglementation sanitaire des bâtiments : ventilation et CO2 (2010)

Pandémie grippale : stratégie de ventilation à préconiser afin de limiter l'exposition des occupants des bâtiments tertiaires (2008)

Risques naturels et accidentels

Adaptation au sol des constructions (2008-2009)

Élaboration d'un guide des méthodes de renforcement pour le bâti existant en zone sismique (2008)

Maisons individuelles : impact financier de l'Eurocode 8 (2009)

Validation des guides maisons individuelles en métropole et aux Antilles (2008)

Vulnérabilité des espaces publics vis-à-vis d'actions terroristes, en regard de certains types d'ouvrages de bâtiment et de génie civil (2009)

Prise en compte des isolants biosourcés mis en place pour l'isolation intérieure et extérieure dans la prévention des incendies dans les habitations : réglementation et procédures d'essais à l'étranger (2010)

Gestion intégré des risques

Inondations (2007-2010)

- Élaboration d'une doctrine sur les constructions en zone inondable
- Réflexion sur l'adaptation à leurs objectifs des outils de réduction de la vulnérabilité aux inondations
- Prévention des dommages causés par les inondations
- Bilan des outils de prévention des inondations : le cas du « guide (CSTB) d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments aux inondations (2007-2008)

Solutions "bois" et construction durable (2009)

HUMIRISK – Renforcement de l'isolation dans l'existant – Évaluation des risques liés à l'humidité (2006-2010)

AMDEC – Analyse des modes de défaillance (2008)

Qualité des ambiances et des usages

ESA 2007 – Mise à jour du document DHUP « Exemples de solutions acoustiques » (2008-2009)

NRA 99 – Réflexion sur la modification de la réglementation acoustique française (2008-2009)

NRA bruits de chocs - Étude économique (2010)

Outils d'aide à la conception acoustique des constructions légères ou mixtes (2008-2010)

Performance acoustiques des bâtiments (2009)

Efficacité du process construction et gestion

Rénovation facteur 4 des établissements d'enseignement (2010)

Rénovation facteur 4 des bâtiments de bureaux

Prise en compte du coût global dans l'immobilier tertiaire : Étude sur les coûts de rénovation et sur la faisabilité technico-économique de travaux de rénovation à grande échelle dans le secteur immobilier tertiaire (2009)

Simulateur de calcul en coût global d'une construction (2008-2009)

Élaboration d'une méthode opérationnelle d'approche en coût global pour les maîtres d'ouvrages publics au regard de la norme ISO 15686-5 et réalisation d'un outil en ligne de sensibilisation à l'approche du calcul « en coût global ».

Nouvelles formes partenariales et performance énergétique des bâtiments (2008)

L'énergie dans les partenariats publics privés (2007-2010)

Premiers enseignements à partir de retours d'expériences de la gestion exploitation maintenance de lycées conçus avec des préoccupations de qualité environnementale (2007)

Nouvelles approches de l'efficacité énergétique des gestionnaires bailleurs sociaux (2009-2010)

Observatoire de la réglementation technique dans la construction (ORTEC)

Intégration dans l'observatoire ORTEC des relevés des contrôles effectués par les agents de l'État, préparation, en appui des services déconcentrés (DREAL, DDT, CETE), des campagnes annuelles de contrôles, préparation des éléments permettant une exploitation des résultats par les services de l'État, informatisation de l'enregistrement des relevés ORTEC

Guide de réalisation des études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments (2008)

Accessibilité (2008-2010)

- Salles d'eau : Interprétation de la réglementation pour leur adaptabilité dans les bâtiments d'habitation; carnets de détails pour la conception et la mise en œuvre (groupe de travail autour de la mise en œuvre de la salle d'eau avec siphon de sol)
- Seuils d'accès aux balcons, loggias et terrasses : élaboration de carnets de détails pour la conception et la mise en œuvre ; illustration des principes constructifs
- Accessibilité aux personnes handicapées des dispositifs de manœuvre des fenêtres
- Retour d'expérience (REX) sur les attestations d'accessibilité
- Réalisation d'un outil de gestion des dossiers traités par les agents des Commissions Consultatives Départementales de Sécurité et d'Accessibilité (CCDSA) (2009-2010)
- Dispositif d'information sur la réglementation (site internet sur la réglementation technique relative à l'accessibilité des bâtiments aux personnes handicapées, www.accessibilite-batiment.fr)

⇒ PLAN URBANISME CONSTRUCTION ARCHITECTURE (PUCA)

Villes et territoires durables

Incidences des formes urbaines et des dynamiques d'agglomération sur les émissions de gaz à effet de serre et l'efficacité énergétique liées aux bâtiments (2008-2009)

L'intercommunalité à l'épreuve des faits : aménager la métropole parisienne (2009-2010)

Habitat pluriel : densité, urbanité, intimité (2007-2008)

Renouveler l'urbain au nom de la mixité (2006-2008)

PEREBAT – Les politiques énergétiques développées par les régions dans le cadre du bâti (2007-2008)

Vers des villes durables en Europe : quels enjeux et acteurs, quelles trajectoires et démarches de planification urbaine ? (2006-2007)

Villes durables, conception et mise en œuvre – Benchmark international (2009-2010)

FUGES – Revue de la littérature scientifique sur le lien entre les formes d'organisation territoriales, les consommations énergétiques et les émissions de GES : Quelle contribution de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire à l'atténuation du changement climatique ? (2008-2009)

Quartiers et bâtiments durables

Évaluation de la qualité urbaine des opérations de renouvellement urbain (2010-2011)

Mise en perspective de l'analyse socio-urbaine et de l'analyse des modes d'habiter des opérations d'habitat individuel dense (2007-2008)

Observatoire du bâtiment durable (2009-2010)

SECLATE – Analyse du rôle des opérations de construction et d'aménagement dans l'initiation, l'élaboration et la conduite des politiques énergétiques locales (2007-2009)

Réhabilitation d'habitat insalubre et développement durable – Accompagnement d'opérations DD et guide de la réhabilitation

durable de l'habitat ancien et insalubre à Paris (2003 -2009)

Bâtiments à énergie positive

Benchmarking – Comparaison internationale « Bâtiment et énergie » (2005-2007)

CQHE - Concept qualité habitat énergie (2007-2010)

Accompagnement du projet PUCA : 1)
Accompagnement des équipes lauréates, 2),
Exploitation des concepts : comment les nouveaux standards énergétiques interrogent les autres disciplines ?, 3) Accompagnement du jury pour la sélection de concept de bâtiments

Modernisation durable de l'existant

Prévenir la précarité énergétique – Identification des processus de précarisation énergétique des ménages et analyse des modes d'intervention publique en Indre et Loire et dans le Pas de Calais (2007-2010)

Efficacité du process construction et gestion

Erabuild-Supply – Nouvelle Industrialisation des processus d'approvisionnement (2008-2010)

Erabuild-Trans-Users – Industrialiser la construction en impliquant les utilisateurs dans le processus d'innovation (2007-2009)

Plug & Play Alliance (2007-2008)
Fondements conceptuels et technologiques pour une industrialisation de la construction

CQFD – Analyse de la mise en œuvre des projets CQFD (2010-2011)

Histoire des REX – Analyse de 40 ans d'expérimentation technique et organisationnelle en chantiers de logement (2007-2009)

PEPAMI – La place de l'énergie dans les processus d'amélioration de la maison Individuelle isolée (2006-2008)

POCOPSC – Comprendre en quoi les modifications de la commande tant publique que privée bouleversent l'organisation du projet de construction et les interactions entre acteurs (2010-2012)

⇒ **AUTRES DIRECTIONS ET ADMINISTRATIONS DU MINISTÈRE**

Quartiers et bâtiments durables

TVGEP – Conception des toitures végétalisées pour la gestion des eaux pluviales urbaines (2010-2013)
RGCU

Bâtiments à énergie positive

Cebo – Performance effective des bâtiments (2008-2011)
DGALN

Modernisation durable de l'existant

RS4E – Rénovation scolaire, énergie, éducation, efficacité, exemplarité (2008-2009)
Méthode globale de rénovation applicable à tous les collèges de Seine-et-Marne à destination des maîtres d'ouvrage publics
DRAST

Bâtiment et Santé

Caractérisation physico-chimique des sources de particules dans l'air intérieur (2005-2007)
Programme PRIMEQUAL

ADOQ - Activités DOMestiques et Qualité de l'air intérieur : émissions, réactivité et produits secondaires (2010-2012)
Programme PRIMEQUAL

Étude et compréhension de la dynamique de colonisation microbienne des supports - Vers l'élaboration de nouveaux traitements préventifs adaptés aux environnements intérieurs (2010-2012)
Programme PRIMEQUAL

LCSQA-Protocoles – Protocoles de surveillance du formaldéhyde, benzène et CO dans les locaux d'enseignement (2008-2009)
DGPR

Surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et crèches – Campagne Pilote (2009-2010)
DGPR

ECOS-Habitat – Expositions cumulées aux composés organiques semi-volatils dans l'habitat (2010-2011)
Programme PRIMEQUAL

Particules QAI – Caractérisation physico-chimique des sources de particules dans l'air intérieur (2005-2007)
Programme PRIMEQUAL

Psychobat – Du syndrome des bâtiments malsain au syndrome psychogène collectif : quelle est la part de l'environnement et de la subjectivité dans l'expression des syndromes sanitaires collectifs survenant dans les bâtiments et pour quelles modalités de gestion ? (2010-2012).
Programme PRIMEQUAL

Risques naturels et accidentels

Développement d'une installation d'évaluation *in situ* de l'écaillage du béton de tunnels (2010-2011)
DIRIF

Évaluation de la méthodologie de détermination de l'écaillage du béton par essais de petits cylindres prélevés *in situ* (2010-2011)
DIRIF

Adaptation au sol des constructions – Effets de la sécheresse sur le bâti de type maison individuelle (2010)
DGALN

Guide PPRT - Plans de prévention des risques technologiques, Complément technique relatif à l'effet de surpression (2008)
DGPR

Gestion intégrée des risques

PN-ISI – Programme national ingénierie sécurité incendie (2007-2011)
Projet RGCU coordonné par l'IRES (Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil) et cofinancé par la DRAST

Prévention des dommages causés par les inondations (2008-2011)
DGALN

Simulation numérique

COMMUNIC – Maquette virtuelle pour les infrastructures (2007-2010)
Expérimentation de la maquette numérique pour le génie civil et les infrastructures linéaires RGCU

PROJETS COFINANCÉS PAR D'AUTRES MINISTÈRES

Bâtiments à énergie positive

Monitoring THPE – Développement d'un boîtier d'acquisition pour le suivi énergétique de bâtiments à très haute performance énergétique (2007-2009)
Ministère de l'Économie, des finances et de l'industrie

LUMINOSURF – Apport des nanomatériaux dans l'éclairage et les surfaces innovantes dans l'habitat et l'habitable (2009-2011)
Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie – Fonds unique interministériel

HOMES – Développement d'automatismes de gestion de l'énergie pour minimiser les consommations (2008-2011)
Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie – OSEO

Modernisation durable de l'existant

SIRTERI – Système industrialisé de rénovation du tertiaire par l'intérieur (2008-2011)
Développement d'un système industrialisé d'isolation thermo-acoustique et de régulation thermique et hygrothermique des locaux tertiaires par l'intérieur
Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie – Fonds unique interministériel

Bâtiment et Santé

Observatoire de la qualité de l'air intérieur (2007-2010)
Ministère en charge de la Santé – Direction générale de la santé (DGS)

Plomb-habitat : risques liés au plomb dans l'habitat, exposition dans les logements français, enquête nationale (2008-2011)
Ministère en charge de la Santé – Direction générale de la santé (DGS)

Inventaire et analyse des systèmes de brumisation (2007)
Ministère en charge de la Santé – Direction générale de la santé (DGS)

Caractérisation de la diversité microbienne de l'air des crèches collectives et des écoles

maternelles – Vers la recherche d'indicateurs de pollution microbiologique de l'air (2009)
Ministère en charge de la Santé – Direction générale de la santé (DGS)

Étude de la qualité microbiologique des lieux de vie fréquentés par les enfants : lieux de garde et d'enseignements (2007)
Ministère en charge de la Santé – Direction générale de la santé (DGS)

Guide de réhabilitation à l'usage des particuliers confrontés à des développements de moisissures dans leur logement (2009)
Ministère en charge de la Santé – Direction générale de la santé (DGS)

Application d'un Indice Chimique de Contamination Fongique aux données de la campagne nationale logement de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (2007)
Ministère en charge de la Santé – Direction générale de la santé (DGS)

Étude sur le risque de diffusion de légionelles à partir des dispositifs de brumisation (2007)
Ministère en charge de la Santé – Direction générale de la santé (DGS)

Étude des performances des épurateurs appliqués à la maîtrise de l'aérocontamination virale des espaces clos (2006-2007)
Ministère en charge de la Santé – Direction générale de la santé (DGS)

COLLECTAIR - Développement d'un dispositif de collecte des aérosols microbiologiques destinés à l'étude de la biocontamination dans les établissements de santé (2007-2009)
Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie – Fonds de compétitivité des entreprises

Prédiction de l'état de dégradation des papiers du patrimoine culturel par les émissions de COV (2007-2008)
Ministère de la Culture et de la communication

Développement d'un outil permettant la détection précoce de la biocontamination des collections sur support papier (2009)
ESE-RHIB
Ministère de la Culture et de la communication

Risques naturels et accidentels

Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie – Fonds unique interministériel

PROCORE – Wind action on bridge stays (2008-2009)

Partenariat Hubert Curien (PHC) franco-hongkongais
Ministère des Affaires étrangères et ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche

Qualité des ambiances et des usages

STAR - Mesure in situ de la diffusion acoustique

Partenariat Hubert Curien (PHC) franco-coréen (Hanyang University)
Ministère des Affaires étrangères et ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche

Efficacité du process construction et gestion

SmartImmo – Création d'une infrastructure matérielle et logicielle pour le développement de nouveaux services pour accroître l'efficacité dans les bâtiments tertiaires et la mémoire technique des bâtiments. (2009-2010)

Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie – Fonds unique interministériel et direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services

Simulation numérique

TERRA MAGNA – Système d'information géographique 3D et urbanisme (2008-2009)
Exploitation de données géographiques 3D pour la simulation de phénomènes physique en milieu urbain
Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie – Fonds de compétitivité des entreprises

Expert – Maquette Numérique – Outils et méthodes support de la maquette numérique à l'échelle du bâtiment (2007-2009)
Expérimentation et dissémination de la maquette numérique avec les PME françaises du bâtiment
Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie – Direction Générale des Entreprises

OPEN-HPC – Simulation et le calcul haute performance (2008-2010)
Projet visant à développer un pôle mondial de compétences en calcul scientifique HPC Open Source

PROJETS COFINANCÉS PAR L'ADEME

Villes et territoires durables

ASURET – Analyse Systémique de l'Utilisation de ressources renouvelables de la technosphère (2010-2012)

Observatoire de la Précarité énergétique en France – Assistance à la faisabilité et au montage de l'Observatoire National de la Précarité Énergétique (2009)

Quartiers et bâtiments durables

Bilan Carbone – Guide d'application de la méthode bilan carbone au bâtiment (2009-2010)

COIMBA – Connaissance de l'impact environnemental des bâtiments : vers un outil opérationnel et consensuel d'évaluation (2000-2012)

Comportement énergétique des toitures végétalisées (2009-2010)

Étude des caractéristiques environnementales et sanitaires de trois procédés de construction non industrialisés « Murs », Partie environnementale (2007-2008)

Développement durable dans la construction et normalisation (2005 – 2010)
Cadres méthodologiques pour la caractérisation et l'évaluation du Développement Durable dans la construction.

Thermopierre et bâtiments résidentiels à très bas profil énergétique (2005-2008)

NMP – Nouvelles matières premières d'origine animale et végétale pour la construction (2007-2008)

Bâtiments à énergie positive

Autre usage de l'électricité – Cotation agrégée et désagrégée des usages spécifiques de l'électricité (2009-2010)

Benchmarking – Comparaison internationale « Bâtiment et énergie » (2005-2007)

BBC PACS – Eau chaude sanitaire thermodynamique pour les bâtiments résidentiels basse consommation (2010-2013)

CITADEL – Caractérisation de l'Intégration et de la durabilité des dispositifs d'éclairage à LED dans le bâtiment (2008-2010)

COFAHE – Composants de Façades à Hautes performances Énergétiques
Phase 1 – Conception et prototype d'un module de façade légère rideau incorporant isolant sur cadre en composite (2007-2009)
Phase 2 : Réalisation de prototypes et caractérisations (2010-2011)

Définition des bâtiments à énergie positive (2009)

Développement d'une méthode d'essai globale des performances thermiques des systèmes solaires combinés (2009)

EnvHy – Enveloppe hybride à haute performance énergétique pour maisons à ossature bois (2007-2009)

GEOBAT – Stockage géothermique pour l'optimisation des consommations énergétiques des bâtiments - Stockage saisonnier avec des champs géothermiques (2007-2009)

ISOCOMP – Élaboration, développement et étude de composants d'enveloppes superisolantes à base de silices nanostructurées (2007-2009)

IMCPBAT – Intégration de Matériaux à Changement de Phase dans le Bâtiment (2006-2008)

LionBat – Pour une meilleure gestion de l'électricité photovoltaïque dans l'habitat résidentiel (2009-2011)

MACHA Bis – Humidité et performance de l'enveloppe : compréhension des transferts de masse pour maîtriser les transferts de chaleur, validation de l'outil de simulation (2007-2009)

Maison Passive – Conception et validation expérimentale de maisons passives (2007-2009)

PACTE LED – Programme d'actions concertées en technologies de l'énergie pour développer les solutions d'éclairage à base de diodes électroluminescentes (2009-2012)

PHOTOBAT – Panneaux photovoltaïques intégrés en toiture. Optimisation technique, industrielle et économique (2007-2009)

POLYVAR – Plaques en polymère transparent à indice de réfraction variable pour la conception d'une protection solaire active (2008-2011)

RUPTAL – Rupteur de pont thermique en béton DUCTAL (béton haute performance) (2007-2009)

SIMBIO – Simulation Modulaire Bâtiment Instrumentation Observation (2007-2010)

Feuille de route technologique pour une plateforme de coopération au profit de bâtiments à basse consommation énergétique

Modernisation durable de l'existant

ABC – Amélioration des bâtiments construits (2009-2012)

Élaboration d'un guide d'amélioration énergétique (démarche, solutions techniques) et rédaction d'un fascicule équivalent à celui des « Règles Th Bât » pour l'existant avec prise en compte des solutions d'améliorations.

ACTIFEN REHAB – Fenêtre active pour la réhabilitation (2007-2010)

Fenêtre intelligente autonome multiperformance (contrôle solaire, ventilation active et contrôle acoustique)

BARISOL – Conception et optimisation des enveloppes pour super-isolation (2006-2010)

Nouveaux matériaux d'isolation et de super-isolation pour la réhabilitation et la construction neuve

BAT EXIST CONSO – Mise en place de la Réglementation bâtiment existant (2008-2009)

E2F – Conception d'une enveloppe à enrichissement de fonctions (2006-2009)
Conception d'une façade en béton hautement performant

ECO-SIL – Développement d'une formulation de silice efficace et à coût compétitif pour les âmes des panneaux super isolants sous vide (2008-2009)

Guide pour le suivi et le montage des contrats de performance énergétique pour les établissements d'enseignement secondaire (2008-2009)

PACTE SIPA-BAT – Super-isolants thermiques fibreux (2010-2011)

Performance en situation des isolants fibreux

Prévenir la précarité énergétique – Identification des processus de précarisation énergétique des ménages et analyse des modes d'intervention publique en Indre et Loire et dans le Pas de Calais (2007-2010)

RECOLCI – Réhabilitation énergétique des immeubles de logements collectifs par composants intégrés (2008-2009)

Solution de composants multifonctionnels et intégrés autorisant une rénovation par l'extérieur des petits bâtiments collectifs anciens ; contribution française à l'annexe 50 de l'Agence internationale de l'énergie (« *Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings* »)

RENOKIT – Système intégré pour la rénovation par l'intérieur des logements existants (2006-2009)

Développement d'un concept de panneaux préfabriqués intégrant des super-isolants et des matériaux à changement de phase (MCP)

RUPTISOLE – Rupteur de pont thermique pour système intégré d'isolation par l'intérieur des bâtiments existants (2008-2010)

Développement d'un concept d'éléments préfabriqués d'isolation par l'intérieur des bâtiments anciens intégrant le traitement des ponts thermiques murs/planchers et refends ainsi que les points singuliers

Améliorer le confort thermique en période chaude des locaux sous toiture légère dans les bâtiments existants par le traitement adapté des composants d'enveloppe (2005-2008)

NANOBAT – Super-isolants à pression atmosphérique : Étude prospective de développement de composants à base d'aérogels (2008-2009)

Potentiel et limites d'utilisation des matériaux à changement de phase pour la rénovation des bâtiments (2006-2009)

Electrochromes souples pour l'enveloppe du bâtiment (2004-2008)

Bâtiment et Santé

Performances de la biomasse énergie – Évaluation de solutions de réductions des émissions polluantes (gazeuses et particulaires) d'appareils de chauffage résidentiels alimentés à la biomasse (2009-2011)

Modélisation de la dispersion atmosphérique des bioaérosols de compostage (2007-2009)

Observatoire de la qualité de l'air intérieur (2007-2010)

ISAAC-2 France – Stratégie de mesure des COVm appliquée à un site historique contaminé (International Study of Asthma and Allergies in Childhood) [2008]

Impact des matériaux aux propriétés photocatalytiques sur la pollution de l'air intérieur (2010)

Mise en évidence des Composés Organiques Volatils d'origine fongique dans l'air des fermes (FERMA) et chez les enfants de la ville : corrélations entre l'exposition aux aérosols fongiques et l'asthme chez l'enfant (2008)

Impact des appareils de chauffage au bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur (2006-2008)

ADOQ - Activités DOMestiques et Qualité de l'air intérieur : émissions, réactivité et produits secondaires (2010-2012)

MOBAIR-C – Contribution du mobilier à la qualité de l'air intérieur des crèches et écoles maternelles (2009-2011)

Risques naturels et accidentels

EVSIM – Une approche mécanique d'évaluation de la vulnérabilité sismique des maçonneries (2008-2011)

INPERMISE – Ingénierie performantielle pour la mise en sécurité des ouvrages par renforcement composites (2008-2012)

Gestion intégré des risques

OPTI-MOB – Réduction des risques liés à l'humidité et aux transferts d'air dans les constructions à ossature bois (2008-2011)

HUMIRISK – Renforcement de l'isolation dans l'existant – Évaluation des risques liés à l'humidité (2006-2010)

Qualité des ambiances et des usages

SONVERT – Réduire le bruit des voitures par l'analyse des sources sonores (2005-2008)

IMPACT – Impact des protections antibruit complexes destinées au transport ferroviaire de marchandises en zone urbaine (2007-2010)

PROPICE – Préservation et réhabilitation optimisées du patrimoine existant d'infrastructures sous fortes contraintes de circulation, d'environnement et des riverains (minimiser les gênes des chantiers) (2006-2009)

Bruit en milieu urbain, exposition des enfants et scolarité : une étude à l'échelle de la ville de Besançon (2006-2009)

EDBCMU – Estimation dynamique du bruit de circulation en milieu urbain : étude d'un cas réel (2006-2008)

Efficacité du process construction et gestion

ARTINOVA – Le rôle des artisans novateurs dans la diffusion des meilleures techniques énergétiques disponibles (2006-2007)

COMETE – Communication entre objets pour la maîtrise énergétique des bâtiments existants – Phase 3 (2005-2008)

DUREE – Étude de la durabilité de capteurs photovoltaïque, système de ventilation et double vitrage (2007-2009)

EVA DDVIE – Évaluation de la durée de vie des composants et systèmes (2006-2009)

AMECPE – Accompagnement Méthodologique d'Expérimentations de Contrat de Performance Énergétique pour des bâtiments publics (2006-2008)

Ecoter – Eco performance partagée entre collectivités territoriales (2010)

Rébu – Retour d'expérience de bâtiments de bureaux HQE (2007-2010)

PROJETS LABELISÉS PAR L'ANR

Villes et territoires durables

ASURET – Analyse Systémique de l'Utilisation de ressources renouvelables de la technosphère (2010-2012)

Emmanuel JAYR

VegDUD – Rôle du végétal dans le développement urbain durable : une approche par les enjeux liés à la climatologie, l'hydrologie, la maîtrise de l'énergie et les ambiances (2010-2012)

ENERGIHAB – La consommation énergétique : de la résidence à la ville : aspects sociaux, techniques et économiques (2009-2011)

ASPECT 2050 – Approche systémique des plans énergie climat territoriaux à l'horizon 2050 (2010-2011)

AETIC - Approche économique territoriale intégrée pour le climat (2010-2011)

PEREBAT – Les politiques énergétiques développées par les régions dans le cadre du bâti (2007-2008)

Quartiers et bâtiments durables

COIMBA – Connaissance de l'impact environnemental des bâtiments : vers un outil opérationnel et consensuel d'évaluation (2000-2012)

Bâtiments à énergie positive

ACIECO – Bâtiments en acier économes en énergie : réduction de la perméabilité à l'air et traitement des ponts (2008-2010)

COFAHE – Composants de Façades à Hautes performances Energétiques
Phase 1 – Conception et prototype d'un module de façade légère rideau incorporant isolant sur cadre en composite (2007-2009)
Phase 2 : Réalisation de prototypes et caractérisations (2010-2011)

EnvHy – Enveloppe hybride à haute performance énergétique pour maisons à ossature bois (2007-2009)

InerTrans – Composant d'enveloppe de bâtiment en briques de verre associant Inertie et Isolation translucide à partir de MCP et d'aérogels granulaires (2007-2009)

IMCPBAT – Intégration de Matériaux à Changement de Phase dans le Bâtiment (2006-2008)

ISOCOMP – Élaboration, développement et étude de composants d'enveloppes superisolantes à base de silices nanostructurées (2007-2009)

Maison Passive – Conception et validation expérimentale de maisons passives (2007-2009)

NBDM – *Neutral Building Data Model* (2009-2011)
Modèle de données neutre pour la description de bâtiments (interopérabilité des logiciels de simulation et de calcul réglementaire autour de l'évolution du format NBDM)

Performance BIPV – Prédiction kWh des systèmes PV intégrés aux bâtiments (2009-2011)

PHOTOBAT – Panneaux photovoltaïques intégrés en toiture. Optimisation technique, industrielle et économique (2007-2009)

POLYVAR – Plaques en polymère transparent à indice de réfraction variable pour la conception d'une protection solaire active (2008-2011)

QUAD-BBC – Qualité d'air intérieur et systèmes de ventilation dans les bâtiments à basse consommation d'énergie (2009-2011)

Modernisation durable de l'existant

ACTIFEN REHAB – Fenêtre active pour la réhabilitation (2007-2010)
Fenêtre intelligente autonome multiperformance (contrôle solaire, ventilation active et contrôle acoustique)
Bertrand RUOT

BARISOL – Conception et optimisation des enveloppes pour super-isolation (2006-2010)
Nouveaux matériaux d'isolation et de super-isolation pour la réhabilitation et la construction neuve

ECLIPSE – Échangeur géothermique compact pour logement individuel et performance du système énergétique associé (2008-2011)

Développement d'un échangeur optimisé, intégré dans un système énergétique intelligent

ECOTEP – Étude, caractérisation et optimisation des transferts énergétiques dans la paroi (2006-2009)

Conception et mise en œuvre de nouveaux isolants en régimes permanent et transitoire

EFFINOV Bois – Systèmes constructifs « Bois » pour la réhabilitation des enveloppes – Efficacité énergétique, comportement hygrothermique et industrialisation (2009-2012)

Optimisation des complexes génériques industrialisés multifonctionnels à base de bois, destinés à la réhabilitation des façades par l'extérieur

NANOCEL – Matrices cellululosiques nanostructurées pour super-isolants thermiques (2009-2012)

Élaboration d'une matrice cellulosique nanostructurée très isolante permettant, à terme, de renforcer mécaniquement les silices super-isolantes, sans nuire à leur très basse conductivité thermique

OPTISOL – Combinaison optimale de solutions performantes pour les bâtiments tertiaires (2006-2009)

Méthodologie et outil permettant d'estimer les consommations totales d'un bâtiment neuf et la dépense d'exploitation annuelle, et de comparer la consommation annuelle estimée après amélioration à l'existante dans le cas d'une rénovation.

RECOLCI – Réhabilitation énergétique des immeubles de logements collectifs par composants intégrés (2008-2009)

Solution de composants multifonctionnels et intégrés autorisant une rénovation par l'extérieur des petits bâtiments collectifs anciens ; contribution française à l'annexe 50 de l'Agence internationale de l'énergie (« *Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings* »)

RénEauSol – Production d'eau chaude solaire adaptée à la rénovation énergétique grâce à une approche innovante de l'intégration du stockage au capteur (2009-2011)

Développement d'un concept nouveau de capteur solaire intégrant le stockage (CSIS)

RUPTISOLE – Rupteur de pont thermique pour système intégré d'isolation par l'intérieur des bâtiments existants (2008-2010)

Développement d'un concept d'éléments préfabriqués d'isolation par l'intérieur des bâtiments anciens intégrant le traitement des ponts thermiques murs/planchers et refends ainsi que les points singuliers

Ventil'Renov (2007-2009)

Utilisation de produits monobloc de ventilation mécanique répartie double flux avec récupération de chaleur dans l'habitat collectif existant

Bâtiment et Santé

FLUXOBAT – Développement d'outils optimisés pour l'évaluation des transferts de COV depuis une source dans le sol vers l'air atmosphérique et l'air intérieur des bâtiments (2009-2013)

SAMPER – Système d'acquisition et de modélisation pour la prédiction de l'exposition radioélectrique (2008-2010)

LEGIOAEROPATHO - Impact de facteurs environnementaux sur la survie et la pathogénicité des légionelles aérosolisées (2007-2009)

CLEANAIRNET – Conception hygiénique des réseaux de distribution d'air des industries alimentaires (2008-2010)

Risques naturels et accidentels

EVSIM – Une approche mécanique d'évaluation de la vulnérabilité sismique des maçonneries (2008-2011)

INPERMISE – Ingénierie performantielle pour la mise en sécurité des ouvrages par renforcement composites (2008-2012)

MEFISTO – Maîtrise durable de la fissuration des infrastructures en béton (2009-2012)

SISBAT – Analyse fiabiliste de la vulnérabilité sismique de l'habitat avec toiture en charpentes industrialisées en bois – Couplage modélisation probabiliste / expérimentation (2009-2012)

Gestion intégré des risques

HUMIRISK – Renforcement de l'isolation dans l'existant – Évaluation des risques liés à l'humidité (2006-2010)

MUSCADE – Modélisation urbaine et stratégies d'adaptation au changement climatique pour anticiper la demande et la production énergétique (2010-2012)

OPTI-MOB – Réduction des risques liés à l'humidité et aux transferts d'air dans les constructions à ossature bois (2008-2011)

VURCA – Vulnérabilité urbaine aux épisodes caniculaires et stratégies d'adaptation (2009-2010)

Qualité des ambiances et des usages

PROPICE – Préservation et réhabilitation optimisées du patrimoine existant d'infrastructures sous fortes contraintes de circulation, d'environnement et des riverains (minimiser les gênes des chantiers) [2006-2009]

PARABAS – Développement de doubles parois avec performance acoustique renforcée en basses fréquences par l'intermédiaire du contrôle actif (2007-2009)

OP2H – Outil de prédiction de champ en milieu urbain par navigation hiérarchique et homogénéisation de matériaux (2007-2009)

Simulation numérique

COMMUNIC – Maquette virtuelle pour les infrastructures (2007-2010)
Expérimentation de la maquette numérique pour le génie civil et les infrastructures linéaires

SIMILAR CITIES – Production automatisée de maquette urbaine texturée par génération par approximation procédurale pour l'exploration interactive de villes (2009-2012)

TERRA MAGNA – Système d'information géographique 3D et urbanisme (2008-2009)
Exploitation de données géographiques 3D pour la simulation de phénomènes physique en milieu urbain

PROJETS DE RECHERCHE COFINANCÉS PAR L'UNION EUROPÉENNE

Villes et territoires durables

ALPNAP – *Monitoring and Minimisation of Traffic-Induced Noise and Air Pollution Along Major Alpine Transport Routes* (2005-2008)

SHE - *Sustainable Housing in Europe* (2005-2009)

Quartiers et bâtiments durables

SUPERBUILDINGS – *Sustainability and performance assessment of buildings* [2010-2012]

SMART-ECO – *Sustainable Smart Eco-Buildings in the EU* (2007-2010)

Bâtiments à énergie positive

ASIEPI – *Assessment and improvement of EPBD impact* (2007-2010)

CENSE – *Leading the CEN standards on energy performance to buildings in practice* (2007-2010)
Benchmark des outils de simulation thermique règlementaires en Europe

CLEAR UP - *Clean and resource efficient buildings for real life* (2008-2012)
Systèmes innovants pour la performance énergétique des bâtiments

COST EFFECTIVE – *Convert facades of existing high-rise buildings into multifunctional energy gaining components* (2008-2012)

E3SOHO – *Energy Efficiency in European Social Housing* (2009-2012)
Solutions TIC pour l'efficacité énergétique dans les logements sociaux, expérimentations de solutions de monitoring et restitution des consommations sur 3 sites de logements sociaux en Europe

EPI-CREM – *Energy Performance Integration in Corporate and public Real Estate Management* (2008-2010)
Amélioration énergétique des bâtiments publics européens

EPI-SoHo – *Energy Performance Integration in Social Housing* (2006-2008)
Amélioration énergétique des logements sociaux en Europe

FIEMSER – *Friendly Intelligent Energy Management System for Existing Residential Buildings* (2010-2013)
Développement d'un système innovant de gestion de l'énergie pour les bâtiments résidentiels

GREEN IT (2007-2009)
Mise en place d'une base de données sur les matériaux de structure orientée performance énergétique

MESSIB – *Multi-source energy storage system integrated in buildings* (2009-2013)

QAIST – *Quality Assurance in Solar Heating and Cooling Technology – keeping track with recent developments* (2007-2009)

SEPEMO Build – *SEasonal PErformance factor and MOnitoring for heat pump systems in the building sector* (2009-2012)

SolarKeymark-II – *Large open EU market for solar thermal products* (2007-2009)

Modernisation durable de l'existant

DEARSUN – *DEvelopment of a direct solAR heating System capable of covering a full-year thermal load UsiNg high temperature thermal storage* (2008-2010)
Stockage thermique autonome à haute température

EI Education – *Energy Intelligent Education for Retrofitting of Social Houses* (2006-2007)
Guide et programme de formation pour la rénovation énergétique des logements sociaux à destination des gestionnaires de parc

Bâtiment et Santé

HealthyAir (2007-2010)

INTARESE - *Integrated Assessment of Health Risks from Environmental Stressors in Europe* (2005-2010)

RADPAR - *RADon Prevention And Remediation* (2009-2012)

SYSPAQ – *Innovative sensor system for measuring perceived air quality and brand specific odours* (2006-2009)

Risques naturels et accidentels

Leonardo – *European expert for fire prevention in building stocks* (2007-2009)

ROBUSTFIRE – *Robustness of car parks against localised fire* (2008-2011)

Woodwisdom – *Fire resistance of Innovative timber structures* (2006-2011)

Gestion intégré des risques

SMARTeST – *Smart Resilience Technology, Systems and Tools* (2010-2012)

Qualité des ambiances et des usages

HOSANNA – *HOListic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means* (2009-2012)

Réduction du bruit des transports terrestres par des moyens naturels innovants et matériaux recyclés

QUIESST – *QUIetening the Environment for a Sustainable Surface Transport* (2009-2012)

RIVAS – *Railway Induced Vibrations Abatement Solutions* (2010-2013)

Efficacité du process construction et gestion

BUILD-NOVA – *BUILDing inNOVAtion in the European Construction Sector* (2005-2008)

ELIOS – *European Liability Insurance Organisation Schemes* (2008-2010)

Régimes de responsabilité et d'assurance dans le secteur de la construction : schémas nationaux et orientations visant à stimuler l'innovation et le développement durable

EnPROVE – *Energy Consumption Prediction with Building Usage Measurements for Software-based Decision Support* (2010-2013)

Développement d'une plateforme d'audit énergétique de bâtiments tertiaires

e-NVISION – *A new vision for the participation of European SMEs in the future e-business scenario* (2007-2009)

Développement d'une plateforme de e-business pour les PME de la construction, notamment pour les opérations liées aux chantiers

GreenConServe – *Greening the Construction Sector: Towards a Value-Adding Service Industry* (2009-2012)

Mise en place de mécanismes de soutien méthodologique et financier à l'innovation dans l'éco-construction

InPro – *Open information environment for knowledge-based collaborative processes throughout the lifecycle of a building* (2006-2010)

Développement d'un environnement collaboratif pour la conception amont de projet de construction

IntUBE – *INTelligent Use of Buildings'Energy information* (2008-2011)

Développement de solutions TIC innovantes pour la gestion intelligente de l'énergie au niveau des bâtiments et des éco-quartiers

HosPilot – *Intelligent energy efficiency control in hospitals* (2009-2012)

Intégration et expérimentation de solutions TIC innovantes pour l'efficacité énergétique dans les hôpitaux

REEB – *The European Strategic Research Roadmap to ICT enabled Energy-Efficiency in Building and Construction* (2008-2010)

REVISITE – *Roadmap Enabling Vision and Strategy for ICT-enabled Energy efficiency (2010-2012)*

Feuille de route permettant une vision et une stratégie d'efficacité énergétique par les TIC ; des réseaux locaux intelligents aux bâtiments et à l'éclairage intelligents

SEAMLESS – *Small Enterprises Accessing the Electronic Market of the Enlarged Europe by a Smart Service infrastructure (2005-2008)*

SWOP – *Semantic Web-based Open engineering Platform (2005-2008)*

Simulation numérique

STAND-INN – *Standards for innovation in construction and FM (2007-2009)*

Réseau de diffusion des pratiques innovantes et d'échange de données professionnelles dans le secteur de la construction

VEPS – *Virtual Environmental Planning Project (2003-2008)*

Amélioration de la participation des citoyens aux projets de réaménagements urbains

Le futur en construction

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment exerce quatre activités clés : la recherche, l'expertise, l'évaluation, et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de développement durable dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec ses 885 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

La Défense, tour First (AXA) / Architecte Franck Gehry

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE
77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37
www.cstb.fr



CSTB
le futur en construction