



**HAL**  
open science

## **L'architecture et la performance énergétique : faire converger atténuation et adaptation**

Jean-Marie Alessandrini, Elizabeth Blanchard, Philippe Fromy,  
Marie-Christine Gangneux

### ► **To cite this version:**

Jean-Marie Alessandrini, Elizabeth Blanchard, Philippe Fromy, Marie-Christine Gangneux. L'architecture et la performance énergétique : faire converger atténuation et adaptation. Paysages urbains [parisiens] et risques climatiques, Archibooks, 2016, 978-2-357-33415-1. hal-02309816

**HAL Id: hal-02309816**

**<https://cstb.hal.science/hal-02309816>**

Submitted on 9 Oct 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **L'architecture et la performance énergétique : faire converger atténuation et adaptation**

Jean-Marie Alessandrini, Elizabeth Blanchard, Philippe Fromy, Marie-Christine Gangneux

### **Introduction**

Cet article traite des interactions qui peuvent exister entre les actions mises en œuvre à l'échelle du bâtiment selon qu'elles visent l'atténuation ou l'adaptation au changement climatique et leur impact sur la conception du bâtiment.

L'objectif est de montrer que les questions de l'atténuation et de l'adaptation ne peuvent être traitées indépendamment. Les solutions constructives adoptées pour répondre à l'une peuvent nuire à l'autre. L'article propose une méthodologie de nature à traiter de façon continue et itérative les différentes exigences et contraintes qui pèsent sur la conception, qu'elles relèvent de l'adaptation ou de l'atténuation. Cette méthode s'appuie sur le développement des outils informatiques et sur la construction de scénarios différenciés dans l'exploitation du bâtiment. Si des références manquent encore pour prouver son caractère opérationnel les outils existent et des approches partielles ont déjà été réalisées sur des cas d'étude en phase conception.

En ouverture, l'article revient sur les notions d'adaptation et d'atténuation dans le contexte du changement climatique. Il part du métier de l'architecte et sa façon de jongler avec les exigences et contraintes à court ou long termes dans son exercice de création. L'étude explore, par la pratique de la conception, la présence avérée ou non d'antagonismes entre l'architecture et les économies d'énergie, levier de l'atténuation du changement climatique. Les solutions envisagées, en l'absence de références, nous amènent à proposer une démarche qui vise à sécuriser les projets innovants en quantifiant leurs limites de fonctionnement à l'aide de la modélisation. Les approches utilisées en sécurité incendie servent de support pour développer et structurer une méthodologie capable, d'une part, de sécuriser les bâtiments, d'autre part, de traiter les interfaces entre les disciplines de manière à valoriser les complémentarités dans la perspective de limiter les coûts. Il introduit finalement les étapes à franchir pour disposer d'une approche aboutie.

## **Le changement climatique : Retour sur les notions d'adaptation et d'atténuation.**

Les mesures d'atténuation du changement climatique visent à limiter les émissions de gaz à effet de serre. A l'échelle nationale, cet effort quantifié est de réduire par quatre ces émissions. Tous les secteurs sont concernés. Dans le bâtiment, pour répondre à cet objectif, plusieurs actions ont été construites. La plupart repose sur le principe de réduire la consommation énergétique en particulier celles produites avec des énergies fossiles. Le renforcement des exigences énergétiques des bâtiments à travers les réglementations thermiques<sup>1</sup> est une des mesures qui illustre le mieux la volonté des pouvoirs publics.

Les mesures d'adaptation au changement climatique visent à adapter le bâtiment de manière à ce qu'il fonctionne même sous des conditions climatiques différentes. Il convient de distinguer les évolutions progressives du climat qui feront le quotidien du bâtiment de demain, des aléas climatiques qui soumettent le bâtiment à des conditions extrêmes de manière exceptionnelle. Cet aléa confronté à la vulnérabilité du bâtiment et de ses occupants conduit à un risque qu'il convient d'estimer pour mieux s'en prémunir par des mesures adaptées.

Dans l'exercice de conception, l'adaptation aux évolutions lentes n'est pas systématiquement prise en compte. Pour les travaux liés à l'énergétique des bâtiments ce constat est fréquent car les données météorologiques prospectives adaptées aux calculs d'énergétique du bâtiment ne sont pas toujours disponibles pour les décennies à venir. Les règles de dimensionnement ou de calculs des besoins énergétiques restent construites avec des données de bases climatiques effectives et non prospectives. En revanche, la prise en compte des aléas pour établir la vulnérabilité des constructions est une démarche courante ; la carte du risque sismique<sup>2</sup> en est un exemple, plus répandues encore sur le territoire les mesures qui visent la sécurité incendie sont déployées dans l'espoir de ne jamais servir. En génie climatique, un plan canicule<sup>3</sup> a été développé à l'échelle nationale pour éviter les conséquences funestes.

Ces exigences dans le fonctionnement au quotidien et les mesures de sécurité imposées ou non par les réglementations ont un impact sur la conception. Comment l'architecte compose avec ces éléments ?

---

<sup>1</sup> Arrêté du 11 décembre 2014 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique applicables aux bâtiments nouveaux et aux parties nouvelles de bâtiment de petite surface et diverses simplifications, ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité, NOR : ETL1414239A

Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants, Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement, NOR : SOCU0751906A

Arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1000 mètres carrés, lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants, Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, NOR : DEVU0813714A

<sup>2</sup> Zonage sismique de la France, art. D. 563-8-1 du code de l'environnement, <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Présentation-de-la-réglementation,12989.html>

<sup>3</sup> Laaidi K., Pascal M., Système d'alerte canicule et santé 2004, (SACS 2004) rapport opérationnel, institut de veille sanitaire, avril 2004, 35 p

## **Architecture et technique :**

Toute décision technique impose un diagnostic préalable qui met en relation les besoins et les ressources en énergie, les contraintes physiques et humaines apportées par le contexte, et les contradictions à mettre en synergie dans la programmation. La diversité architecturale, comme l'innovation, s'inscrit dans une démarche plurielle qui vise, dans le projet, à optimiser et à hiérarchiser les éléments mis en évidence dans le diagnostic. C'est un processus itératif qui s'appuie sur la pluridisciplinarité de l'équipe de maîtrise d'œuvre sous la responsabilité de l'architecte. Le projet est profondément culturel, ce qui lui permet de s'inscrire dans son époque et d'innover formellement et techniquement. Il ne saurait être une abstraction idéalisant la réalité à travers des normes et des aprioris qui finissent par être contreproductifs. Il n'y a pas de modèles reproductibles, la conception d'après-guerre le démontre. Seule l'évaluation spécifique du potentiel localisé du projet sert à optimiser.

La révolution industrielle a été un formidable moteur du renouvellement des formes architecturales en proposant un large panel de structures techniques variant avec la diversité des nouveaux matériaux comme la fonte, puis l'acier, puis le béton armé, puis le béton précontraint... Actuellement, la structure n'est plus jamais un frein à l'innovation ; Architectes et ingénieurs se complètent, leurs logiciels de dessin et de calcul ouvrent le champ de la création. En revanche, depuis une quarantaine d'années<sup>4</sup> l'exigence énergétique pose un nouveau défi à la construction.

En quoi la nouvelle démarche que constitue « la durabilité » est-elle une opportunité pour le renouvellement des formes bâties et des espaces de vie ? Les notions comme la densité, la compacité, l'orientation ou la complexité fonctionnelle sont-elles suffisantes pour alimenter l'innovation architecturale et le confort des habitants ?

Il ressort que selon les époques et les progrès techniques, la perception d'une discipline change. La question de la structure a intégré définitivement la création. Par contre, l'objectif national de diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 s'est traduit en actions concrètes sur le bâtiment et ses équipements. Le renforcement des exigences de la réglementation thermique actuelle<sup>1</sup>, impose essentiellement un niveau de performance avec un seuil de consommation énergétique à ne pas dépasser et un niveau de confort à respecter. Il n'y a donc pas de solutions techniques imposées qui pourraient être de nature à brider l'architecture. Cependant certaines formes, à l'instar des tours ou des bâtiments avec une faible compacité, sont stigmatisées pour leur prétendu « coût énergétique ». A l'inverse, le recours à des solutions constructives reconnues, comme la compacité ou l'orientation sud des vitrages pour des raisons énergétiques, est de nature à rassurer la maîtrise d'ouvrage. Pourtant, elles ont l'inconvénient de brider l'innovation, donc la réponse à des évolutions sociétales, et de limiter l'anticipation indispensable aux changements climatiques à venir.

Les projets évalués dans le cadre des appels d'offres de conception soutenus par le PUCA dans les programmes REHA<sup>5</sup> et CQHE<sup>6</sup> ouvrent des perspectives. Le projet d'Architecture Studio<sup>7</sup> démontre

---

<sup>4</sup> La première réglementation thermique a été publiée par le Ministère de l'aménagement du territoire de l'équipement et des transports, décret n°74-306 du 10 avril 1974 modifiant le décret n°69-596 du 14 juin 1969 fixant les règles générales de construction des bâtiments d'habitation.

<sup>5</sup> Reha, requalification à haute performance énergétique de l'habitat collectif, programme du PUCA, <http://www.reha-puca.fr/>

<sup>6</sup> la méthode CQHE, Concept, Qualité, Habitat Energie, appel à idées, mai 2007, PUCA.

<sup>7</sup> Concept habitat Tikopia, Rapport final des études de recherche et développement, AS. Architecture-studio, Quille, Alto Ingénierie S.A, ECO CITES, 2009

que la mixité fonctionnelle permet des transferts énergétiques de proximité qui valorisent le parti architectural d'une tour économe en énergie ; Le projet de l'équipe Alter Smith<sup>8</sup> qui prend en charge des positions urbaines à priori défavorables pour les économies d'énergies, valorise le détournement pour satisfaire des habitants qui ne comprendraient pas d'être privés d'une vue intéressante au nord ; l'équipe Tectone<sup>9</sup> investit l'îlot pour mutualiser les apports de chaque unité d'habitation. Le projet devient ainsi la démarche des compensations créatives, en élaborant des espaces tampons, des modes de transferts de chaleur ou de froid, de nouvelles distributions ou de nouveaux espaces de vie, et en faisant appel à la ville comme mode de compensations entre des situations favorables / défavorables.

Tous mettent en évidence :

- le rôle de l'occupant ; *L'usager* doit pouvoir maîtriser son environnement pour satisfaire sa notion du confort, et mais aussi pour pouvoir choisir son mode de consommation énergétique.
- l'évaluation des dispositions prises ; *L'évaluation* des hypothèses de projet, des choix techniques et de la qualité des réalisations est indispensable, elle est aussi la clef d'une diversité de solutions adaptée au contexte physique et humain.

On constate que les évolutions ne seront pas normatives et qu'elles ne pourront être anticipées que dans une relation dialectique entre le bâti et son contexte dans une optique de mutualisation et de transfert. Les notions typologiques comme la mitoyenneté et la nature des façades, la structure parcellaire et les masques, la distribution des fonctions, l'usage et la perception des habitants sont autant de paramètres à intégrer et à hiérarchiser en rapport avec les choix techniques.

Le contexte humain peut être un potentiel comme un frein suivant la communication mise en place et l'évaluation qui est faite à l'exploitation. La création et l'innovation ne sont pas des idées abstraites mais au contraire des solutions concrètes non stéréotypées ancrées dans le contexte et le programme.

L'ingénierie doit accompagner l'équipe de maîtrise d'œuvre et son architecte dans son exercice de synthèse avec le triple objectif de répondre aux exigences de performance, de garantir la sécurité tout en préservant la diversité des projets. La mise en place de l'ingénierie de la sécurité incendie est une référence intéressante car elle a donné des degrés de liberté à la conception.

Pour l'énergie, la situation est plus ambiguë car l'évolution est récente et les ordres de grandeur sont bousculés ces dernières années. Au demeurant, la démarche nous intéresse et a servi de fil conducteur à notre volonté de libérer la création et l'innovation pour dépasser les normes et les solutions toutes faites.

---

<sup>8</sup> Optimisation de la façade nord, recherche urbaine et technique appliquée à l'immeuble de logements collectifs : reconsidération des paramètres de confort dans le logement durable, AlterSmith architectes, Batiserf ingénierie, Cardonnel ingénierie, Saint-Gobain vitrages, Nantais d'habitations.

<sup>9</sup> Habitat pluriel, terre et temporalités rapport de recherche, Tectône, RFR éléments, Terreal, 2009

## Atténuation : entre architecture et sobriété énergétique pas d'antagonismes avérés

Pour aborder le problème il convient de rappeler le contexte de la consommation d'énergie pour le bâtiment. Avec deux tiers des consommations d'énergie du secteur résidentiel-tertiaire, le logement est la cible prioritaire<sup>10</sup>. Or dans l'habitat, l'énergie consommée pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire représente les trois quart de la facture énergétique<sup>10</sup>. En conséquence, lorsque les économies d'énergie sont évoquées l'essentiel du travail va s'attacher à réduire ces postes. Dans une première étape, les solutions techniques visent donc à réduire les pertes de chaleur, d'une part, en limitant les surfaces déperditives, d'autre part, en renforçant leur isolation. Dans une deuxième étape la récupération des apports solaires en hiver est recherchée. Le bâtiment compact vitré au sud devient le parangon de la performance énergétique. A l'extrême, la sobriété énergétique devient le critère de jugement dominant comme le laisse penser cette « non qualité » extraite du programme Rage : « La conception bioclimatique a été négligée du fait des exigences du maître d'ouvrage [...]. La vue (sur la mer, sur un sommet ...) a été privilégiée à la recherche de performance et le bâtiment n'est pas orienté de façon optimale. »<sup>11</sup> Cet avis est symptomatique de la place occupée par les économies d'énergie et de certaines pratiques qui tendent à uniformiser les bâtiments. En conséquence, ils mettent en opposition architecture et performance énergétique. Le fait de devoir choisir entre la vue et l'économie d'énergie devrait être perçu comme une limite de la technique et l'objectif support à l'innovation. L'exemple qui suit montre comment une équipe de conception s'est saisie de la question.

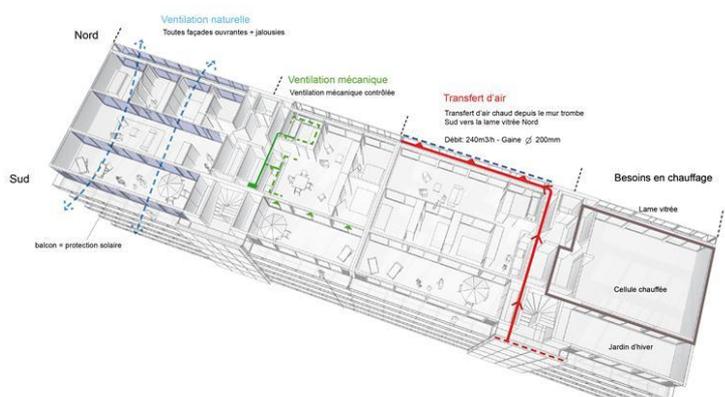
Soutenu par le PUCA dans le cadre du programme CQHE, l'équipe de conception pilotée par l'agence d'architecture Alter Smith a développé un bâtiment conceptuel<sup>8</sup> destiné au logement collectif avec une façade nord entièrement vitrée pour conserver la vue sur la Loire à Nantes.

« Optimisation de la façade nord », Alter Smith architectes



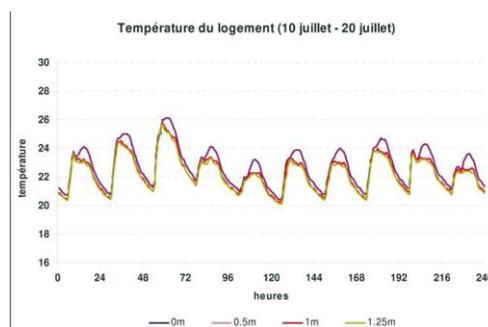
La solution technique met en œuvre deux doubles vitrages dont l'espace séparatif est réchauffé par la chaleur captée dans un mur trombe au sud puis transférée au nord. Le jardin d'hiver au sud, équipé, d'une dalle en béton sur une structure bois stocke les apports solaires et préchauffe l'air neuf. Le confort d'été est maintenu par la présence de masques horizontaux et par l'inertie de la dalle couplée à une forte capacité de surventilation transversale grâce aux grandes ouvertures réparties sur deux façades.

Circulation de l'air pour le rafraîchissement (bleu), l'hygiène (vert) et le réchauffement (rouge). « Optimisation de la façade nord »



<sup>10</sup> Les chiffres clés, bâtiment, édition 2012, Ademe

<sup>11</sup> Règles de l'art Grenelle Environnement 2012, retours d'expériences (REX), bâtiments performants et risques, Rapport, version 3, octobre 2014



kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .an	Solution 3	Solution 4	Solution 5
Chauff.	15,0	14,2	14,2
ECS	7,5	7,5	7,5
Eclairage	4,5	4,5	4,5
Aux.	1,9	1,7	1,7
Ventil.	3,2	3,2	3,2
PV	-	-	-12,0
Cep	32,1	31,2	19,2
Niveau de Label	BBC-Effinergie	BBC-Effinergie	Equivalent Minergie
Etiquette Energie	37 (A)	35 (A)	16 (A)
Etiquette Climat	8 (B)	8 (B)	8 (B)

Solution 3 : chaudière gaz sur radiateur, ECS solaire thermique

Solution 4 : chaudière gaz sur plancher chauffant, ECS solaire thermique.

Solution 5 : chaudière gaz sur plancher chauffant, ECS solaire thermique et photovoltaïque 12 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an

« Optimisation de la façade nord », consommation énergétique pour différentes solutions et confort d'été

La maîtrise des pertes de chaleur, la récupération des apports solaires, un accès important à la lumière naturelle et le maintien du confort d'été sans climatisation conduit à des niveaux de consommation équivalents aux exigences du label BBC Effinergie de 2008 à l'époque de l'étude. L'originalité de la solution porte sur la combinaison de composants d'enveloppes et d'équipements énergétiques classiques et l'optimisation de leur fonctionnement.

Le programme CQHE dans son ensemble a soutenu sept projets pour étudier les conséquences du relèvement du curseur de la performance énergétique sur la conception du bâtiment, les contraintes fondamentales et les niveaux d'exigences des autres thèmes. L'exercice réalisé par les équipes de conception a conduit à développer des projets de bâtiments de logements collectifs qui couvrent un large spectre typologique de l'habitat en nappe à la tour de treize niveaux<sup>12</sup>. De l'analyse multicritère<sup>13</sup>, il ne ressort pas une forme architecturale prédisposée à la performance énergétique, qui est plutôt le résultat d'une conception sachant mettre en adéquation approche architecturale et solutions techniques. Pour construire leurs concepts les équipes sont parties d'une réflexion approfondie sur l'usage et se sont projetées dans le fonctionnement futur du bâtiment. Les solutions s'appuient essentiellement sur les principes suivants : réduire les besoins, tirer parti des ressources locales et mutualiser les activités. Dès lors, la performance du bâtiment est particulièrement sensible à l'activité et à l'environnement extérieur.

Un passage à la réalisation demande un travail de scénarisation approfondi, ainsi qu'une bonne appréciation du contexte local. Dès lors, les échanges soutenus avec la maîtrise d'ouvrage sont nécessaires pour se projeter dans le fonctionnement futur du bâtiment. L'absence de référence pour ces solutions présente un frein à la réalisation. Il est pourtant possible de sécuriser ces projets en phase conception en établissant les conditions limites de fonctionnement. Il s'agit de tester la capacité de la solution, portée par le principe de l'atténuation, à résister aux aléas climatiques. Cette approche suppose, d'anticiper les réactions du bâtiment, en l'occurrence les conditions d'ambiance intérieure, soumis à des situations de stress. Il convient donc de compléter les conditions normales de fonctionnement par des scénarios avec des climats dégradés, typiquement une canicule pour le confort thermique d'été, et des scénarios d'occupation particuliers. La construction des scénarios, leur hiérarchisation en fonction notamment de leur fréquence sont des difficultés à résoudre. Comment en fonction de l'aléa et de la vulnérabilité du bâtiment estimer le risque et le moyen de s'en prémunir ? Pour répondre à ces questions, nous proposons de nous appuyer sur les méthodes utilisées en sécurité incendie.

<sup>12</sup> CQHE éléments de synthèse : développement durable, Marie-Christine Gangneux, Jean-Marie Alessandrini, Programme Recherche PREB4T PUCA 2010.

<sup>13</sup> Alessandrini J.-M., François C., Fromy P., Gangneux M.-C., Hognon B., Nibel S. L'exigence énergétique entre contrainte et innovation, PUCA, février 2014, 120p

### **L'adaptation : L'exemple de la sécurité incendie :**

Le risque évoqué dans le cadre de la sécurité incendie relève d'un évènement accidentel et non d'une évolution lente et progressive dont on est sûr qu'elle va se produire. Pour faire le parallèle avec le changement climatique, le risque envisagé ici serait typiquement une canicule ou des conditions climatiques favorables au développement des îlots de chaleur urbain.

La sécurité incendie a pour objectif, en cas de sinistre, de permettre la mise en sécurité des personnes. En conséquence, il faut pouvoir évacuer le bâtiment ce qui suppose, d'une part, que la structure résiste pendant la période d'évacuation, d'autre part, que des conditions d'ambiance restent viables dans ce laps de temps. Dans les bâtiments, la sécurité incendie s'appuie sur : l'évacuation, la résistance au feu des structures, le compartimentage, le désenfumage et la détection et l'alarme. Dans les établissements recevant du public, où les personnes peuvent être présentes en grand nombre, où elles ne connaissent pas forcément les lieux et où donc leur évacuation peut nécessiter davantage de temps, la sécurité incendie repose également sur la réaction au feu des matériaux et les moyens d'extinction. La réglementation incendie s'est construite par stratification. Le premier règlement des établissements recevant du public date de 1941<sup>14</sup> et celui des bâtiments d'habitation de 1958<sup>15</sup>. Depuis, plusieurs versions ont été abrogées et remplacées par de nouveaux textes. La réglementation incendie a évolué en fonction des sinistres pour arriver à sa forme actuelle. Elle impose aux maîtres d'ouvrage d'adopter des moyens pour assurer un niveau de sécurité acceptable.

L'obligation de moyens peut présenter des limites dans des bâtiments singuliers. Par exemple, pour des raisons de préservation du patrimoine, il est parfois impossible de mettre en œuvre les dispositions réglementaires relatives au désenfumage. Dans de tel cas, l'actuel règlement<sup>16</sup> de sécurité autorise le recours à l'ingénierie de sécurité incendie pour le dimensionnement des systèmes de ventilation en alternative aux règles prescriptives. Il s'agit alors de dimensionner une solution par une approche performantielle. En d'autres termes, les dispositifs de désenfumage sont définis de sorte de satisfaire un objectif de performance, en considérant notamment les activités que peut accueillir l'établissement et la position du public.

La démarche adoptée est résumée sur la Figure 1. Elle est présentée au travers d'un exemple. Il s'agit d'un cas d'étude proposé en 2014 par la SFPE<sup>17</sup> aux professionnels du domaine de la sécurité incendie, afin de comparer les pratiques de l'ingénierie de la sécurité incendie à l'échelle internationale. Ce cas d'étude est un bâtiment de bureaux de cinq niveaux qui, sur le plan aéraulique, communiquent transversalement et verticalement de manière à favoriser la circulation de l'air entre les niveaux. Dans sa réponse au cas d'étude, le CSTB a proposé une façade composée d'une double-peau de sorte de maintenir un confort tout au long de l'année en s'affranchissant<sup>18</sup> autant que possible d'un système énergétique actif.

---

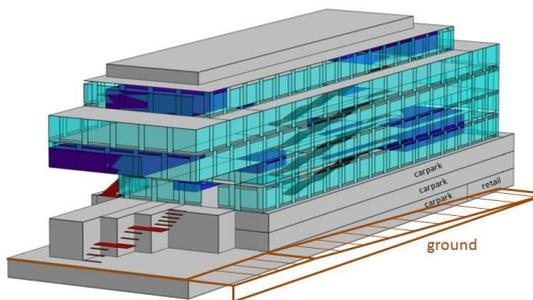
<sup>14</sup> DECRET DU 07 FEVRIER 1941 concernant la protection contre les risques d'incendie dans les établissements recevant du public

<sup>15</sup> Notice Technique du 1er décembre 1958 modifiée pour l'application du Règlement de la Construction, Cahiers du CSTB, livraison n°35, décembre 1958, cahier 283

<sup>16</sup> Règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP) du 25 juin 1980

<sup>17</sup> La proposition du CSTB au cas d'étude SFPE est disponible librement : BLANCHARD E., KOUTAIBA M., TEISSIER O., ALESSANDRINI J.-M. and FROMY P. "French Case Study: Design an energy-efficient and fire safe building", CSTB, September 2014

<sup>18</sup> À noter que, dans le cas d'étude, des éléments de calcul ont permis d'établir quelques limites du système proposé dans des conditions exceptionnelles.

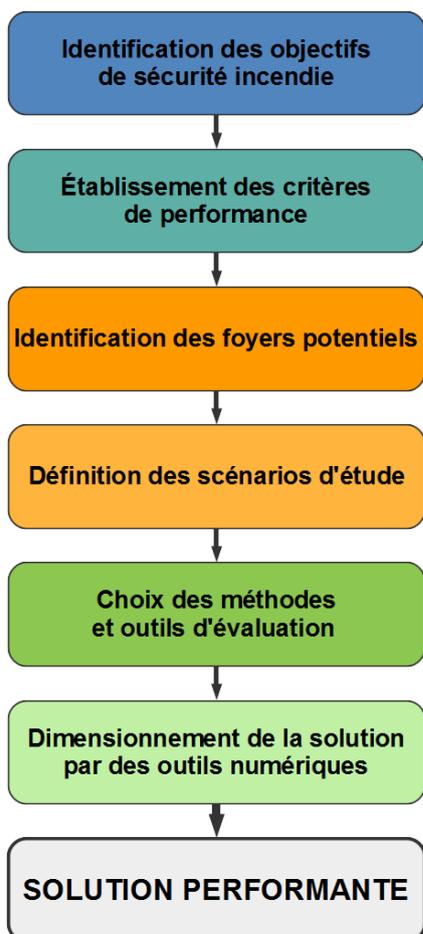


Perspective cavalière du bâtiment SFPE



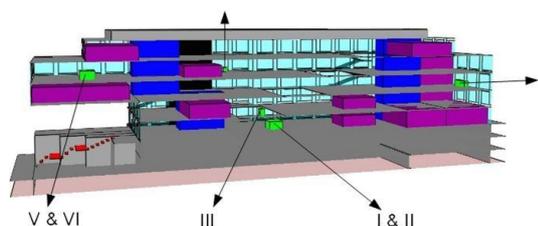
Vue de dessus de 2 niveaux, on remarque les vides en quinconce entre niveaux

L'approche performantielle débute par l'identification des objectifs de sécurité. Il s'agit de définir l'objet de la stratégie de sécurité incendie, ce à quoi on vise : permettre l'évacuation du personnel et du public de l'établissement, permettre une intervention sûre des pompiers, limiter la propagation de l'incendie au sein du bâtiment et aux bâtiments voisins. À cette étape, il est judicieux de solliciter les autorités pour convenir de ce qui est attendu de la stratégie de sécurité. Ensuite, il s'agit d'établir les critères qui devront être respectés pour que chaque objectif soit atteint. Un critère renvoie à une grandeur physique, une valeur seuil, voire également à une durée.



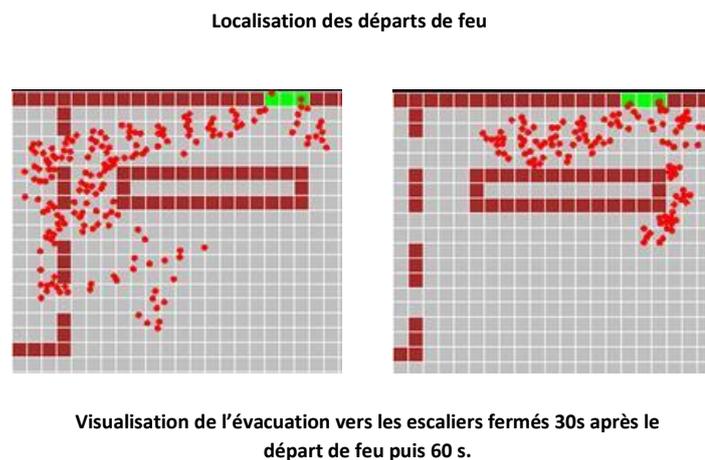
L'originalité de la démarche repose sur la construction de scénarios d'étude pour évaluer la stratégie de mise en sécurité. Pour définir un scénario d'étude, il faut décrire le lieu et préciser le rôle des systèmes participant à la stratégie de sécurité incendie, le contenu combustible, les personnes et leurs actions. Des scénarios peuvent être définis de sorte d'intégrer une défaillance d'un système, la non-disponibilité d'une issue de secours. Le maître d'ouvrage et l'exploitant sont essentiels dans cette étape. Par exemple, ils établissent la liste des activités possibles dans l'établissement, ils précisent avec le coordinateur SSI la procédure incendie i.e. comment la stratégie est mise en œuvre.

Dans le cas d'étude, sept lieux de départ de feu ont été choisis de sorte que la probabilité d'occurrence d'un tel feu soit non négligeable et que la puissance du feu et la position soient susceptibles d'être contraignantes vis-à-vis des objectifs de sécurité.



**Figure 1: Démarche adoptée dans une ingénierie de sécurité incendie <sup>(19)</sup>**

À partir de ces éléments contextuels et des caractéristiques du bâtiment, des simulations numériques des scénarios ont été réalisées. L'utilisation de tels outils permet de prédire, pour les scénarios définis, l'enfumage et les conditions thermiques à l'échelle du bâtiment en fonction du temps ainsi que la durée nécessaire à l'évacuation des personnes du bâtiment.



Sur la base de ces éléments, la stratégie de sécurité est établie par le bureau d'étude, dans le cas présent le CSTB, en concertation avec le maître d'ouvrage (faisabilité économique, compatibilité avec les activités), maître d'œuvre et les bureaux d'étude (faisabilité technique). Une stratégie repose sur des mesures techniques (systèmes) et organisationnelles. Les éléments du dossier, simulations numériques comprises, sont ensuite présentés aux autorités pour convenir de la performance de la stratégie.

Après 10 ans de pratique de l'ingénierie de sécurité incendie, il ressort que le rôle et l'implication des acteurs tout au long de l'étude sont primordiaux. En effet, il est essentiel que les acteurs aient la capacité de se projeter dans le fonctionnement futur de l'établissement et qu'ils identifient les limites potentielles en cas d'incendie.

Au final, le CSTB a proposé en réponse à cet exercice une stratégie de sécurité incendie qui exploite la façade double-peau et les vides entre palier pour évacuer la fumée en cas de feu. Des écrans de cantonnement, disposés au plafond à proximité des trémies, permettent de favoriser l'écoulement de fumée dans certaines zones du bâtiment, de manière à préserver de l'enfumage, des zones jouant un rôle dans l'évacuation. Des escaliers encloués supplémentaires ont également été ajoutés en face nord.

Ainsi, l'exercice proposé par la SFPE a été l'occasion de montrer qu'il est possible de sécuriser un bâtiment tout en conservant un grand volume aéraulique. Cet exercice a également montré que le système conçu pour un fonctionnement dédié au confort peut également servir pour la sécurité incendie ce qui permet de mutualiser les coûts.

La question qui se pose alors est la suivante : Cette méthodologie peut-elle être étendue à la question du changement climatique et de son impact sur le confort thermique et les risques sanitaires encourus en fonction de l'intensité et de la durée d'exposition ? La question de l'évacuation ne se pose pas de la même manière mais des synergies sont-elles possibles pour la construction des scénarios et les critères d'exposition ? L'approche par scénarios proposée ici permet-elle de traiter les interfaces entre disciplines ?

<sup>19</sup> Extrait du rapport du PN-ISI « Ingénierie de sécurité incendie - Aperçu de la Méthodologie générale », A01-G1-T13a-RF, décembre 2009

## **Etendre la méthodologie : les synergies**

L'exemple développé pour la sécurité incendie, montre que la méthodologie utilisée permet de tester des conceptions et des organisations différentes soumises à des phénomènes physiques identiques mais dans des situations contrastées. Le fait de jouer plusieurs scénarios de façon anticipée permet de construire une stratégie adaptée. L'approche par scénarisation proposée ici permet donc de traiter des phénomènes physiques identiques et de soumettre une même solution technique à des situations différentes. Nous souhaitons l'étendre aux problématiques de l'atténuation et de l'adaptation au changement. Pour établir un parallèle entre les disciplines, il convient de distinguer les éléments contextuels suivants pour la construction des scénarios :

- la situation actuelle récurrente, considérée comme un fonctionnement normal pour estimer une consommation dans le cadre d'une mesure d'atténuation du changement climatique,
- la situation à venir progressive, considérée comme un fonctionnement normal pour estimer une consommation ou niveau de confort dans plusieurs décennies dans le cadre de mesures d'adaptation à long terme,
- la situation exceptionnelle et de forte intensité, considérée comme un fonctionnement dégradé pour estimer la capacité du bâtiment à s'adapter à un aléa climatique brusque à l'instar d'une canicule.

La possibilité de jouer successivement plusieurs scénarios puis de quantifier les conditions de fonctionnement résultantes permet de juger de l'efficacité pour une même opération des mesures prises sur différents critères. Ainsi, cette approche permettrait d'évaluer, de façon cohérente, la sobriété énergétique d'un bâtiment pour répondre aux exigences relevant de l'atténuation du changement climatique, et de l'adaptation au changement climatique à travers, d'une part, sa consommation calculée pour des scénarios climatiques représentatifs des décennies à venir, d'autre part, les conditions d'ambiance intérieure (Température humidité) dans des situations caniculaires amenées à devenir plus fréquentes.

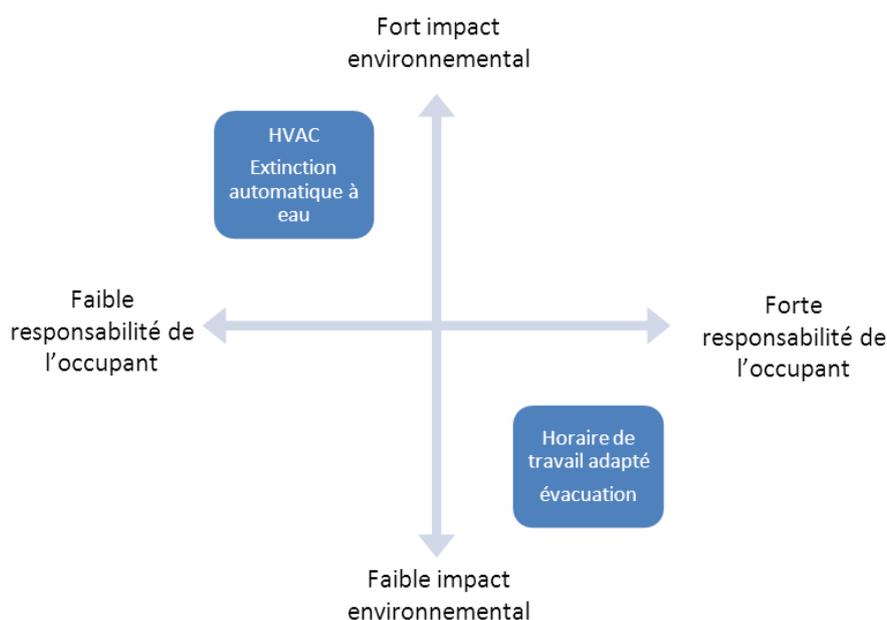
L'approche permet également de travailler aux interfaces entre disciplines avec la possibilité de mutualiser les scénarios. Dans ce cas les outils de calculs diffèrent mais, les scénarios bien que différents sont construits de façon cohérente sur la base d'hypothèses communes liées à l'usage et au contexte réglementaire, la densité du bâtiment et son mode d'exploitation. Une mutualisation doit être possible pour construire des scénarios qui relèvent tous de différentes façons d'utiliser le bâtiment.

L'intérêt d'une pratique croisée des disciplines permettrait d'exercer une ingénierie transversale avec la possibilité d'aller vers des solutions qui mutualisent les équipements avec une possibilité d'économie, voire de renforcer la sécurité du bâtiment. L'intérêt de cette pratique est illustré par le cas précédent qui montre la possibilité d'utiliser un équipement (la façade double-peau) permettant d'assurer à la fois performance énergétique et sécurité incendie. Le tableau suivant décrit le fonctionnement de la double peau en situations normale (occupation nominale, températures dans les normales saisonnières, pas de feu) et dégradée (épisode caniculaire, sureffectif et incendie).

		Confort thermique		Sécurité incendie
Période	En conditions normales	Situation de stress thermique		Départ de feu dans le bâtiment
		Canicule (2 jours ou plus avec T° nocturne >20°C)	Effectif trop important	
Été diurne	Accumulation de la chaleur dans la dalle en béton - vantaux intérieurs fermés - vantaux extérieurs ouverts - stores vénitiens abaissés	- gestion des vantaux sans circulation de l'air dans la cavité - Horaire de travail adapté, ventilateur individuel, climatisation	- gestion des vantaux sans circulation de l'air dans la cavité - ventilateur individuel, climatisation	- Evacuation du bâtiment - vantaux intérieurs et extérieurs ouverts - extinction automatique à eau
Été nocturne	Pour rafraîchir la dalle béton par surventilation : - vantaux intérieurs et extérieurs ouverts - stores vénitiens ouverts	Pas de travail de nuit	Pas de travail de nuit	- Vantaux intérieurs et extérieurs ouverts - extinction automatique à eau

Fonctionnement de la double peau en situation normale et dégradée en été (thermique et incendie)

Il présente pour la période estivale, la plus sensible selon une approche confort thermique dans notre contexte, les possibilités de la solution de conception retenue et la démarche d'analyse performantielle commune à la thermique du bâtiment et à la sécurité incendie. Le travail réalisé a permis d'entrevoir les limites de fonctionnement de la solution de conception et en particulier de la façade double-peau. Les conditions intérieures au-delà desquelles l'activité ne pouvait plus être garantie ont été identifiées ainsi que des mesures techniques et organisationnelles complémentaires ou alternatives permettant le maintien de l'activité même en situation dégradée<sup>20</sup>. Ces mesures destinées à assurer le maintien de l'activité en situation dégradée peuvent poser les bases d'une analyse économique (coût d'installation, de maintenance d'équipements qui ne fonctionnent que très rarement voire jamais), environnementale (bilan CO2) et sociétale (responsabilité des occupants) de la solution de conception. La figure ci-dessous illustre le point de vue porté par les auteurs.



<sup>20</sup> On a pensé par exemple à la limitation de l'horaire de travail pendant un épisode caniculaire où à l'installation d'une climatisation pour garantir le maintien de l'activité quel que soit les conditions de température extérieure. En situation de feu, une installation d'extinction automatique à eau viserait le même objectif.

Une approche multidisciplinaire offre donc l'opportunité de trouver des solutions mutualisées. Les moyens techniques pour assurer la sécurité ne sont plus alors perçus comme un investissement perdu, dans la mesure où le souhait est qu'ils ne servent pas. Ils sont également utiles au fonctionnement courant du bâtiment et leur état de marche est connu en permanence ce qui renforce la sécurité de l'établissement.

La démarche performantielle, qui exige un résultat, se fait ou est rendue possible dans de plus larges domaines. Les programmes de construction s'ouvrent parfois à cette culture en limitant les obligations de moyen qui conduisent à des solutions stéréotypées. Dans le cadre du programme expérimental « vers des bâtiments à énergie positive », organisé par le Plan Urbanisme Construction Architecture, le maître d'ouvrage Habitat 76<sup>21</sup> prévoit dans son opération à Malaunay d'introduire en phase programmation des scénarios d'occupation types et des « situations de stress » en fonction de son expérience. Il demande à l'équipe lauréate de prouver, via l'utilisation d'un logiciel de simulation de thermique dynamique qu'un niveau acceptable peut être maintenu dans ces situations. Mécaniquement les degrés de liberté sont plus nombreux et favorisent la diversité architecturale. En fixant les exigences, l'équipe de conception a la possibilité de travailler sur des solutions qui soient capables de répondre aux différentes exigences fixées.

### **Conclusion et perspectives**

En définitive, le rôle de l'occupant et l'évaluation des dispositions prises lors de la conception sont des points essentiels pour permettre à la création et à l'innovation de sortir des stéréotypes et d'être ancrées dans le contexte et le programme.

Concrètement, la démarche commune d'évaluation de la performance de la solution ébauchée présente l'avantage de donner plus de degrés de liberté au concepteur, par rapport à une règle ou un programme prescriptif, sans nuire à la sécurité de l'opération. Le recours à des scénarios permet de se projeter dans le fonctionnement futur du bâtiment et d'en déduire les limites de fonctionnement et les adaptations possibles. Les outils numériques sont généralement disponibles sur le marché. Les scénarios permettent d'assurer la cohérence des solutions dédiées à l'atténuation et à l'adaptation, dans ce cas les jeux d'entrée diffèrent mais les phénomènes physiques sont similaires. Par ailleurs, les scénarios facilitent le travail d'interface entre les disciplines. Les jeux d'entrée sont construits en cohérences mais les phénomènes simulés sont différents.

Pour rendre plus accessible la démarche quelques étapes restent à franchir, en particulier les jeux de données climatiques futures types ou extrêmes pour estimer les besoins d'énergie et les conditions d'ambiances ne sont pas disponibles dans l'immédiat. Il conviendrait également de rendre plus accessibles les critères du confort thermique puis de les situer par rapport à des critères d'identification des risques sanitaires selon la vulnérabilité des personnes de manière à construire un continuum et faciliter la prise de décision pour la maîtrise d'ouvrage. Nonobstant ces étapes, une approche partielle est possible, il manque essentiellement de l'expérimenter à l'échelle une. Certains maîtres d'ouvrage ont déjà inclus dans un cadre expérimental l'élaboration de scénarios représentatifs de situations dégradées pour tester numériquement la résilience des solutions techniques envisagées en phase conception.

---

<sup>21</sup> <http://rp.urbanisme.equipement.gouv.fr/puca/activites/rapport-bepos-experimentations-malaunay.pdf>