

Bâtiments à énergie positive
Compte-rendu de l'atelier du 21 janvier 2011
à l'ENSA Paris Belleville

Jean-Marie Alessandrini
Sylviane Nibel

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

Bâtiments à énergie positive
Atelier du 21 janvier 2011 à l'ENSA
Paris Belleville

Jean-Marie Alessandrini et Sylviane Nibel

**Université Paris-Est,
Centre Scientifique et Technique du Bâtiment,
Division Energie**

Octobre 2011

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement
Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature
Plan Urbanisme Construction Architecture
Grande Arche de la Défense
92055 la Défense cedex
Octobre 2011

Directeur de la publication : Emmanuel Raoul, secrétaire permanent du PUCA

Coordination :

Françoise Baudouin
francoise.baudouin@developpement-durable.gouv.fr
Tél. 01 40 97 41

Site internet : <http://rp.urbanisme.equipement.gouv.fr/puca/>

Sommaire

Introduction	04
Le contexte	05
Le programme	07
La conception	11
La faisabilité	14
Quelles perspectives pour répondre aux enjeux ?	17
Les actes de l'atelier du 21 janvier 2001	20
Jean-Pierre Bobenriether, directeur de l'ENSA Paris-Belleville	20
Emmanuel Raoul, secrétaire permanent du Puca	21
Frédéric Paul, délégué à l'action professionnelle, Union Sociale pour l'Habitat	23
Table ronde avec les équipes lauréates du programme CQHE	24
Atelier 1 : l'innovation	30
Atelier 2 : la cohérence globale du projet	36
Atelier 3 : le montage d'opération	39
Restitution des ateliers	41
Conclusion et perspectives par Michel Macary, architecte	45
Annexe : le programme CQHE, objectifs et résultats	46

Introduction

Des bâtiments performants à haute qualité d'usage, accessibles à tous, c'est ainsi que les participants à l'atelier du 21 janvier 2011 ont défini le « bâtiment à énergie positive ». Les actes du colloque rendent compte du foisonnement des idées qui convergent vers la nécessité d'explorer de nouvelles formes de travail collaboratif pour réaliser de tels bâtiments.

Organisé avec l'école d'architecture de Paris Belleville par le PUCA et l'USH et présidé par Michel Macary, cet atelier a abordé les nouvelles questions que pose l'exigence BEPOS à l'élaboration du programme, à la conception et au montage d'opérations. Les échanges se sont tenus autour des résultats du programme de recherche Concept Qualité Habitat Energie et de témoignages de maîtres d'ouvrages sur leurs réalisations.

Cet atelier constitue la première étape vers un programme expérimental qui a l'ambition de réaliser des opérations de construction et de requalification, en visant les nouvelles exigences énergétiques sur les bâtiments.

Ce programme est porté par le groupe projet « BEPOS » du PREBAT2 présidé par Michel Macary et François Pelegrin, avec la participation de l'ADEME, du CSTB et du PUCA, afin d'accompagner, par l'expérimentation, les choix des nouvelles contraintes réglementaires.

De nouvelles rencontres sont organisées avec les maîtres d'ouvrages publics et privés pour approfondir le cadre de l'expérimentation et définir une charte portant sur :

- le montage des opérations, le choix des sites, des périmètres d'opération ;
- le programme exigentiel, qui sollicite les capacités d'innovation des équipes de conception et de réalisation ;
- les modes de consultation des équipes de maîtrise d'œuvre et de réalisation.

L'objectif est de constituer un panel de maîtres d'ouvrages souhaitant s'inscrire dans le cadre expérimental et respecter la charte de bonnes pratiques qui sera co-élaborée au travers de la plateforme du Labo Bat'Im Club de l'USH et d'ateliers spécifiques.

Le premier de ces ateliers permettra de valider la démarche et d'échanger sur le montage des opérations expérimentales.

La suite de l'exploration permettra d'approfondir les attentes des différents groupes d'acteurs d'un projet de construction, maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre, entreprises et d'enrichir la charte de bonnes pratiques à l'intention des maîtres d'ouvrages publics et privés qui s'inscriront dans la démarche expérimentale.

L'appel à projet d'expérimentations sera lancé en juin 2012 auprès des maîtres d'ouvrages, pour favoriser la conception et la réalisation de bâtiments performants, utilisant différentes échelles de projet.

Le document inclut le rapport de recherche du CSTB réalisé par Jean Marie Alessandrini et Sylviane Nibel sur les enseignements de l'atelier et les actes des différentes interventions et ateliers.

Le contexte

Les nouvelles exigences énergétiques sur les bâtiments, communément appelées BEPOS, bousculent toute la profession et met en avant la nécessité d'échanger entre les disciplines. Cet atelier BEPOS dédié au logement, conjointement organisé par le PUCA et l'USH, est un lieu de ressources pour mutualiser les attentes et les réflexions des acteurs en vue d'explorer les conditions de réalisation de tels bâtiments.

La sobriété énergétique des bâtiments pour lutter contre le changement climatique

La nécessité de réduire la consommation énergétique des bâtiments, jusqu'à les rendre producteurs d'énergie, est la conséquence d'une prise de conscience initiée par le rapport Brundtland en 1987 sur les conséquences de notre développement sur l'avenir. Ce dernier définit le développement durable comme un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Cette prise de conscience vient relancer les actions de maîtrise des consommations d'énergie, mises en place entre 1974 et 1989, qui visaient essentiellement à préserver l'indépendance énergétique du pays. Ainsi, l'Europe et la France engagent-elles des politiques et des actions qui cherchent, depuis le Sommet de la Terre à Rio en 1992 complété par le protocole de Kyoto en 1997, à réduire les émissions de gaz à effet de serre pour limiter l'ampleur du changement climatique. L'objectif quantifié est de diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle nationale. Cette réduction passe par la sobriété énergétique. Les bâtiments, qui représentent le secteur le plus consommateur avec 40% de la dépense énergétique totale, sont l'objet de nombreuses mesures. Ainsi, à l'échelle européenne, les nouvelles constructions devront-elles d'ici 2020 voir leur consommation d'énergie s'annuler. A l'échelle nationale, le Grenelle de l'environnement s'est donné comme objectif de réduire de 38% les consommations d'énergie des bâtiments existants d'ici 2020 et de généraliser la construction des bâtiments à énergie positive, appelé BEPOS. Concrètement, il s'agit de rénover quatre cent mille logements par an à compter de 2013, et d'ici 2020 de rénover les huit cent mille logements sociaux les plus consommateurs.

Plusieurs leviers financiers ont été mis en place en fonction des acteurs, dont le prêt à taux zéro pour les particuliers et l'éco-prêt pour le logement social de la Caisse des Dépôts (prêt à 1,9%) en complément des fonds propres des organismes.

Les objectifs sont ambitieux et les moyens importants, sont-ils en phase avec la situation ?

Un contexte économique et social difficile

Il est alors nécessaire d'apporter des éléments sur le contexte économique et social pour bien mesurer l'ampleur du travail à réaliser. En effet, on observe actuellement un appauvrissement continu de la population avec des situations de grande précarité. D'un point de vue quantitatif, il ressort que 70% des entrants dans le parc des logements sociaux disposent de ressources inférieures à 50% du plafond de ressource. En 2010, l'appareil de production du logement social a été en mesure de réaliser 130000 logements, pour autant cela reste insuffisant pour diminuer la tension sur la demande de logements sociaux en zone urbaine dense en particulier en région parisienne. Cette production doit être accompagnée par la rénovation des logements anciens ou la requalification des situations dégradées de manière à conserver un solde positif de fourniture de logements de qualité.

La conjonction des exigences énergétiques et du contexte économique et social, apporte des éléments aux cahiers des charges dans lesquels doivent s'inscrire la production et la rénovation de logements. Les réponses adaptées viendront, d'une part, de la mobilisation et de la formation des acteurs, d'autre part, de l'innovation et de la recherche.

Le bâtiment un objet unique impliqué dans un processus de R&D

Il convient de bien préciser la particularité du processus de fabrication des bâtiments. Le logement est à la fois un produit de grande série et un objet unique. En effet, il répond, d'une part, au besoin général de se loger, d'autre part, à une commande unique construite en fonction du lieu et des occupants. Il ne peut être détaché de son environnement qu'il soit fortement dépendant du climat ou des autres bâtiments dans un contexte plus urbain. Dès lors, chaque bâtiment dans un processus de recherche et développement peut être considéré comme un prototype. L'équipe de conception et de construction est donc engagée dans un processus de recherche. La réalisation ou la requalification d'un projet est un lieu de rencontre entre différentes disciplines, d'exploration et d'expérimentation. Le nombre important de disciplines et d'acteurs concernés rend difficile et long l'optimisation d'un projet. L'approche doit être globale pour arriver à une solution équilibrée. Cependant, organiser les échanges et l'approche interdisciplinaire est compliqué dans un secteur où les acteurs sont nombreux et hétérogènes. Quelques pistes ont été identifiées :

- La mise en place par le PUCA des programmes CQHE et REHA a été l'occasion de donner les moyens à des équipes de conception de travailler ensemble pour développer et projeter des concepts de bâtiments résidentiels à très haute performance énergétique et environnementale. La conception concourante a porté sur les techniques constructives et énergétiques, la recherche d'optimisation économique et la qualité architecturale.
- L'approche pédagogique est également essentielle pour développer les contacts entre l'architecture et l'ingénierie. Le développement de double cursus architecte et ingénieur, à l'instar de la conception concourante, a pour objectif de trouver la bonne articulation entre ces métiers en vue d'amplifier et transformer les disciplines techniques dans l'art de construire.
- BAT'Im Club, regroupement de près de 130 adhérents de l'Union Social de l'Habitat, est un lieu d'échange privilégié pour les maîtres d'ouvrages pour témoigner de leurs expériences et capitaliser leur savoir-faire. Ces échanges constituent un complément par l'illustration à l'approche pédagogique initiale. Ils apportent un cadre concret à la recherche et permettent d'identifier les besoins en rupture technologique.

Cet atelier BEPOS, dans l'école d'architecture de Paris Belleville, est un lieu d'échange et de mutualisation, d'une part, entre enseignement, recherche et professionnels, d'autre part, entre disciplines dont l'architecture, l'ingénierie et l'économie. A partir des échanges organisés autour du processus de fabrication - le programme, la conception, la faisabilité-, nous proposons de faire ressortir et de structurer les thématiques à explorer ou à revisiter. Pour chacune de ces phases de fabrication, la confrontation des travaux de recherches et des réalisations concrètes nous aidera à identifier les jalons nécessaires pour aboutir aux objectifs du bâtiment à énergie positive 2020. Cet atelier a vocation à alimenter le volet 2 du PREBAT dans son objectif d'accompagner la recherche pour atteindre les objectifs du Grenelle.

Le programme

Le programme, première phase dans un projet de construction, va identifier le contexte extérieur, définir l'usage et fixer les exigences relatives au bâtiment. Plus ces éléments seront complets, plus la réponse sera en adéquation avec les attentes des acteurs, maîtres d'ouvrage et futurs occupants. Toutefois pour ne pas brider la conception, il convient d'exprimer les exigences le plus possible en termes de performances et non en termes d'obligations de moyens.

Sur le plan énergétique, le programme doit permettre de construire :

- Les besoins du bâtiment : Ils se définissent entre autres à partir de l'usage et de la connaissance que le maître d'ouvrage a de ses futurs occupants.
- Les ressources apportées par le site au bâtiment : Elles se définissent par le potentiel que représente la parcelle ou encore l'environnement proche.

Le programme constitue une synthèse des besoins, des usages, des opportunités, des contraintes, et doit s'inscrire dans l'environnement urbain. Il doit de plus respecter un équilibre financier donné.

La démarche associée doit relever d'une approche multicritères, multi-acteurs, et multi-échelles. Elle doit permettre d'identifier les éventuels points sensibles et les paradoxes, les poser clairement de manière à attirer l'attention des concepteurs et qu'ils adaptent leur réponse en conséquence.

Les usages à revisiter et à concilier avec la performance énergétique

Le point de départ est la population pour laquelle on construit, ses caractéristiques, ses attentes, ses façons d'habiter, sans négliger le plaisir de vivre dans un logement, un bâtiment et un quartier. Un bâtiment étant construit pour plusieurs dizaines d'années, il conviendrait également d'anticiper les usages de demain ou d'adopter une flexibilité suffisante pour permettre leur évolution.

Sur un plan énergétique la question est d'importance, car plus les pertes de chaleur par l'enveloppe sont réduites, plus la dissipation d'énergie due à l'activité contribue au chauffage. Les usages influencent donc la performance énergétique, dont les exigences afférentes impactent les usages. Or ces derniers évoluent. Il convient donc de les anticiper pour répondre au challenge de les concilier au mieux avec l'efficacité énergétique, tout en assurant le confort.

L'étude des comportements, des pathologies, des dysfonctionnements, des motifs d'insatisfaction, en bref les retours d'expérience, devraient guider la démarche. Les projets lauréats de l'appel à idées CQHE ont abordé le sujet par l'analyse du plébiscite actuel pour la maison individuelle. Que peut offrir le logement collectif pour répondre au mieux aux besoins et concurrencer l'attractivité pour la maison individuelle ?

L'introduction de la pièce en plus ou sans usage déterminé est une des pistes explorée dans les projets IMPACTE et Habitat Pluriel Terre et Temporalités. Le concept de « plan neutre » proposé dans le projet Façade Nord Vitree offre une alternative à cette demande d'usages multiples et évolutifs.

Comment intégrer la question de l'évolutivité ou de l'adaptation des logements dans le programme ? Faut-il être directif et imposer la solution ou au contraire doit-elle être laissée à l'initiative du concepteur ? Orienter la solution dans le programme c'est limiter la surprise, qu'elle soit bonne ou mauvaise. On gagne en assurance mais on ferme une porte à l'innovation. La recherche et le retour d'expériences pourraient contribuer à rassurer la maîtrise d'ouvrage et laisser la place à l'expression des concepteurs. La prospective, voire la conception utopique, peut apporter des éléments de réponse à la nécessité d'anticiper les besoins et tenir compte ainsi des différentes temporalités du bâtiment.

Ces temporalités seront par ailleurs différentes selon la destination du bâtiment et s'il abrite plusieurs usages, tertiaire et logement par exemple. Dans la perspective d'une mixité d'usage, le rez-de-

chaussée demande une attention particulière. En effet, en milieu urbain dense, exposé au bruit, à la chaleur, à la pollution de l'air, au risque d'intrusion, etc., il pose souvent problème pour le logement. Dès lors, le rez-de-chaussée demande un traitement spécifique, et offre une opportunité pour introduire, à travers des commerces ou des bureaux, une mixité d'usages au sein même du bâtiment, et de réfléchir à des stratégies de transfert ou de récupération d'énergie entre les différents usages. L'ouverture du programme sur la mixité d'usage offre au concepteur des perspectives de performance énergétique orientée sur la récupération et non plus sur la production. Le programme peut devenir ainsi un tremplin à l'innovation technologique des systèmes énergétiques.

Mais la mixité des usages ou mixité fonctionnelle au sein d'un même programme est un sujet difficile qui nécessite d'étudier le contexte urbain et ses fonctions. Il ne peut se faire sans impliquer la Collectivité.

Le contexte, la ressource

Le site au regard des opportunités et contraintes, n'est pas neutre sur le plan de l'énergie et plus largement du développement durable.

Une analyse multicritère du site doit permettre de faire ressortir ses « ressources » pour les mettre en regard des « besoins » du projet. Elle est à inclure dans le programme pour fixer les exigences de performance. Concrètement, sur les préoccupations énergétiques et de confort, il convient d'apporter une attention particulière :

- Au micro-climat et à l'îlot de chaleur, car avec les nouveaux standards énergétiques, la demande de confort en été devient un élément dimensionnant qui peut être prioritaire sur les besoins de chaud en hiver.
- A la mixité des usages à proximité, de manière à se positionner dans une démarche de récupération d'énergie plutôt que de production. Ce principe conduit à réfléchir sur la finalité de l'énergie produite par les BEPOS.

Au vu du contexte et de ses contraintes et opportunités certains projets se révèlent atypiques et revisitent l'approche bioclimatique. Le projet « Façade Nord Vitrée » illustre bien ce cas : la vue sur la Loire a été privilégiée par rapport aux principes bioclimatiques classiques, d'où une façade nord fortement vitrée, et une stratégie de transfert d'énergie captée en façade sud vers les espaces nord.

Par ailleurs, il convient d'élargir la réflexion et d'intégrer dans l'approche BEPOS les questions de mobilité, qui ont des répercussions énergétiques, environnementales, sociales et économiques fortes, sans rester seulement à l'échelle des besoins des bâtiments, mais en se centrant sur les besoins des usagers pour leurs activités. Les choix d'urbanisme (transports en commun, services de proximité, espaces verts, etc.) jouent alors un grand rôle.

Certaines questions énergétiques, mais aussi environnementales et sociales, sont à renvoyer aux urbanistes et aux aménageurs, car leurs actions et décisions ont des conséquences sur la faisabilité et la généralisation des bâtiments BEPOS. La forme générale (distance entre bâtiments, orientation, densité, pente de toiture, proportions, parties vitrées) est souvent contrainte par les règles locales d'urbanisme.

Il s'agit donc d'impliquer la Collectivité dans le programme compte tenu de son rôle pour :

- introduire la mixité fonctionnelle et sociale,
- préserver la santé, limiter l'effet d'îlot de chaleur et réduire les nuisances urbaines, notamment sonores, olfactives et visuelles.
- agir sur la qualité urbaine des espaces publics, organiser les transports,
- irriguer des quartiers par des réseaux de chaleur à faible contenu en carbone et à base d'ENR,

Le potentiel du site est différent d'un lieu à un autre, les exigences énergétiques sont donc à calibrer en conséquence. Selon les cas, le BEPOS sera pertinent ou non, l'important étant de tirer parti du potentiel du site le mieux possible.

Les exigences du programme

Des préoccupations multiples et interdépendantes

L'exigence énergétique ne peut pas être posée sans tenir compte des autres exigences (environnementales, sociales, économiques). L'énergie nécessaire au fonctionnement du bâtiment et celle produite sur le site ou récupérée sont à considérer comme faisant partie d'un ensemble de préoccupations plus global : bien-être, confort, hygiène, qualité spatiale, architecturale urbaine (transport, service, mixité d'usage, etc....) évolutivité, entretien-maintenance, sécurité, accessibilité.

L'élaboration du programme doit donc relever d'une approche multidisciplinaire intégrée, sachant que plusieurs disciplines interfèrent avec la performance énergétique. Le maître d'ouvrage est là confronté à une question de hiérarchisation des préoccupations. L'expression des exigences doit veiller à préserver une cohérence d'ensemble du projet. Une grille de questionnement, orientée sur l'énergie et le développement durable, apparaît pertinente pour structurer cette approche et aider le maître d'ouvrage à définir les exigences.

Elle doit aussi relever d'une approche systémique. Le logement est à considérer comme un sous-système du bâtiment, ce dernier, avec sa parcelle, comme un sous-système de l'îlot ou de la zone, puis du quartier. Il convient également de considérer l'échelle des temps (évolution des modes d'habiter, du climat, coût global, cycle de vie des produits de construction, etc.), en se projetant dans le moyen et le long terme. Il faut donc que les acteurs du projet prennent également conscience des interactions entre ces différentes échelles spatiales et temporelles. Il ressort au final, le besoin de mener une approche multidimensionnelle, donc relativement complexe. Dès lors, la conjonction d'une demande multicritère, multi-échelles et d'une performance contextualisée entraîne que l'exigence énergétique doit être revisitée.

L'expression des performances

Il est préférable d'exprimer les exigences de façon performancielle et relatives au projet. Elles doivent aboutir à des valeurs significatives compte tenu des usages et des caractéristiques du site, mais sans obligation de moyens et sans donner de solution. Sur le volet énergétique, l'exigence doit être représentative de l'usage, et il est pertinent qu'elle soit calibrée par rapport au potentiel offert par le contexte local et le site. Selon cette logique, elle devrait être établie à partir de paramètres distincts de ceux conventionnels (usages, environnement) utilisés dans un cadre réglementaire. Dès lors, il faudrait apprendre à quantifier le potentiel du site.

La récupération sur les pertes a été évoquée comme un gisement possible. Le programme peut l'évoquer, mais ne doit pas pour autant imposer des solutions. Comment concrètement exprimer cet objectif ?

Au-delà des exigences exprimées sous forme de performance, il y a sans doute un intérêt à conserver néanmoins quelques obligations de moyens, par exemple sur les éléments ou systèmes qui interagissent avec les usagers, afin de limiter les dérives de consommations ou l'inconfort. Ces obligations de moyens ne doivent pas être de nature à réduire le champ des possibles pour l'architecte, et seront à suivre en phase de conception.

Toujours dans l'idée de se « projeter » en phase d'exploitation, il est nécessaire d'associer le service de gestion des immeubles pour l'établissement des exigences du programme, et bien sûr lors des phases ultérieures. Les retours d'expérience exprimés par le service de gestion ne doivent pas se traduire dans le programme par des obligations de moyens au regard des pathologies et dysfonctionnements constatés sur les immeubles existants. Ces éléments sont intéressants, mais ils trouveront mieux leur place dans un cahier de recommandations techniques. Le programme se bornera

donc à l'expression d'exigences générales comme la facilité d'entretien-maintenance, la robustesse, la simplicité et l'accessibilité des systèmes, etc.

L'objectif d'aboutir à un BEPOS introduit de fait une obligation de moyen qui est de produire de l'énergie, ce qui pèse sur le budget d'investissement et peut compromettre la faisabilité économique du projet, ou bien entraîner un traitement peu satisfaisant d'autres critères (le confort visuel par exemple) sur lesquels on aura fait des économies. Une voie consiste à anticiper une installation technique jugée aujourd'hui trop coûteuse. Par exemple le projet « Bâtiment Bioclimatique Evolutif à Fonction Mixte » a prévu des dispositions architecturales et techniques pour permettre l'installation ultérieure facile de systèmes de production d'énergie.

L'évolution du programme

L'élaboration du programme est le résultat d'un processus progressif et multi-acteurs, impliquant divers services de la maîtrise d'ouvrage éventuellement assistés d'un programmiste et d'un AMO, la collectivité locale et les représentants des futurs occupants.

Le maître d'ouvrage doit vérifier au cours de la phase de programmation que son budget d'investissement est en adéquation avec les ambitions du programme. Il est vain et peu pertinent de définir un programme ambitieux si les contraintes budgétaires amènent à « déshabiller » le projet au cours de la phase de conception. Cela porterait préjudice à la cohérence globale du projet.

Les interactions entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre vont amener le programme à évoluer, s'affiner et se finaliser, tirant partie du dialogue constructif entre les parties, sachantes et non sachantes, chacun étant force de proposition et susceptible d'identifier des problèmes. L'innovation est notamment issue de la confrontation de différents points de vue au cours de la phase de conception.

La conception

Dans le déroulement d'un projet, le programme vise à définir le contexte dans lequel le bâtiment va être construit. Comme nous venons de le voir, il convient à la fois d'en connaître la destination, donc l'usage auquel il est destiné, et de définir son environnement. Sur un plan énergétique, l'usage va permettre de définir les besoins nécessaires pour le fonctionnement du bâtiment. Idéalement, l'analyse énergétique locale devrait conduire à évaluer la ressource et la traduire en potentiel. A partir de ces éléments, les exigences sont établies, en l'occurrence l'énergie positive. La qualité de la réponse, c'est-à-dire le bâtiment, dépend de la façon dont est posé l'exposé, à savoir le programme.

Formes et techniques élémentaires pour des BEPOS

A l'occasion des ateliers, les témoignages montrent que dans des contextes particuliers, l'objectif BEPOS est presque atteint selon les calculs théoriques. Il reste encore à en avoir la confirmation après plusieurs années d'exploitation. Ces bâtiments ont des consommations énergétiques estimées très faibles généralement compensées par une production locale d'électricité à l'aide de panneaux photovoltaïques. Cette dernière est possible dans la mesure où les bâtiments sont sur des terrains dégagés sans masques pour le rayonnement solaire.

Sur un plan technique, les solutions utilisées font appel à des enveloppes très étanches et très isolées. Elles sont réalisées avec le souci de réduire les ponts thermiques par une isolation par l'extérieur et par la mise en œuvre de façades désolidarisées de la structure, ou par des systèmes d'isolation répartie.

La surface de vitrage oscille autour d'une valeur réduite -de l'ordre du 6^{ème} de la surface utile- selon les orientations architecturales et le principe énergétique retenu :

- inférieure, lorsqu'on vise un bâtiment peu inerte dont la récupération de chaleur liée à l'occupation suffit à chauffer l'ambiance.
- supérieure, lorsqu'on vise un bâtiment plus inerte de manière à récupérer les apports solaires, à les stocker dans la structure avant qu'elle ne les restitue le soir ou la nuit.

Dans les deux cas les formes font appel à une géométrie élémentaire avec des bâtiments compacts en forme de pavé jusqu'à cinq étages orientés au sud. Mais le contexte urbain fait qu'il n'est pas toujours possible de récupérer les apports solaires thermiques ou photovoltaïques. La diversité recherchée dans les façades, les dispositions des parcelles font que l'orientation sud ne peut être systématiquement retenue pour les vitrages.

Comment dépasser les formes rudimentaires ?

Est-il possible de trouver des solutions techniques qui offriraient une plus grande liberté architecturale jusqu'à rendre moteur de l'innovation cette exigence de BEPOS ? Au cours de l'ère industrielle, les innovations techniques en structure ont permis aux architectes de construire des formes très diverses avec des ouvertures et des volumes de plus en plus grands. En effet, les structures porteuses robustes et très légères ont permis de libérer les façades et les murs de leur fonction porteuse laissant place ainsi à plus de liberté architecturale. Dès lors, la question de l'innovation est abordée de manière à établir dans quelles mesures les préoccupations environnementales, en particulier la recherche de la performance énergétique, peuvent être à l'origine de l'innovation technique et d'un renouveau des formes architecturales ?

Tout d'abord, rappelons que le bâtiment à lui seul ne peut pas tout. Son implantation, la densité environnante sont des éléments essentiels qui vont permettre d'exploiter au mieux (ou pas) les ressources locales. Si la solution s'inscrit dans une approche bioclimatique bien établie dans des zones rurales très ensoleillées, il en va autrement dans les zones urbaines denses. Les effets de masque réduisent le potentiel de récupération des apports solaires du bâtiment envisagé ou d'autres bâtiments. Le contexte urbain, peu adapté à cette approche bioclimatique théorique, porte d'autres caractéristiques, comme la densité et la diversité d'activités, qu'il conviendrait d'aborder comme des atouts pour la sobriété énergétique. En tenant

compte de ces caractéristiques, le bâtiment compact et peu vitré, facteur d'économie pour le chauffage et facilitant l'éventuelle mutualisation des pertes, est-il la seule solution ?

Les principes énergétiques source d'inspiration pour la forme

A travers les exercices de conception concourante conduits dans le cadre du programme CQHE, il s'avère qu'il est possible de renouveler les images architecturales qui contribuent au système énergétique. On retiendra en particulier :

- l'assemblage de bâtiments de un à deux niveaux, constitués à partir de pièces identiques de 35m², permet de conserver la densité et de juxtaposer différentes activités orientées de manière à disposer des éclairagements et des apports solaires adaptés aux activités. La diversité vient de la multitude de combinaisons qu'offre cette maille de 35 m² qui peut accueillir un garage, un atelier, un séjour ou être scindée en deux chambres.
- les logements traversants et vitrés offrent de grandes libertés d'usage à l'occupant et des dispositions très favorables pour assurer le confort d'été. Les pertes de chaleur de la façade nord entièrement vitrée sont réduites par la mise en œuvre d'un triple vitrage dont l'espace inter-vitres est alimenté en air chaud récupéré dans un mur trombe en façade sud. Cette façade vitrée a des performances d'isolation proche d'une paroi opaque au standard actuel.
- la mini-tour est le support d'une cheminée d'air associée à des espaces collectifs solarisés, qui peuvent être largement ouverts en été, de manière à alimenter chaque logement en air neuf conditionné chaud ou frais respectivement en hiver et en été. La hauteur est le moteur du système énergétique intégré à la construction.

Les caractéristiques de la ville source de sobriété énergétique

Paradoxalement, les spécificités du contexte urbain, densité et mixité, ont été une source d'inspiration. En s'appuyant sur la mixité d'usages, qui nécessite des besoins d'énergie différents, la réflexion s'est portée sur la possibilité de réaliser des transferts de chaleur. Le bureau qui dissipe beaucoup de chaleur du fait de l'activité pratiquée pourrait alimenter les logements. La mise en place de système, bien que possible, n'est pas simple et met en évidence d'autres contraintes. En effet ce transfert de chaleur nécessite un vecteur donc une communication entre les usages qui va à l'encontre de la séparation des fonctions exigée en sécurité incendie pour limiter la propagation du feu et des fumées. La juxtaposition et la superposition des fonctions apportent une réponse, car elles permettent, d'une part, de favoriser la sobriété énergétique, d'autre part, de s'inscrire dans une trame urbaine tout en conservant la diversité des façades. Les bureaux orientés au nord et largement vitrés bénéficient d'une lumière stable et protègent la paroi nord des logements orientés au sud. En superposant les fonctions, il est possible de disposer dans les premiers niveaux des commerces et bureaux pour conserver le lien à la ville et de laisser les logements bénéficier des apports solaires grâce à leur position élevée.

Cette mixité est-elle imaginable dans un programme ? L'équilibre énergétique à l'échelle du bâtiment n'est pas facile à trouver, combien faut-il de bureaux pour un logement ? De plus, si des complémentarités apparaissent entre ces deux usages, ils ne sont pas suffisants. En effet, leurs scénarios respectifs ne sont pas forcément consécutifs et séquentiels dans une même journée, lorsqu'il y a un jour férié, ou dans une même semaine en période de congés. Pour pérenniser cette ressource il conviendrait d'élargir l'échelle géographique et d'étendre à la ville cette réflexion en cherchant à analyser les flux énergétiques. Actuellement le potentiel énergétique d'une ville n'est pas défini ou très partiellement évoqué dans les programmes. Quel rôle la collectivité peut-elle jouer dans la définition de son potentiel ?

L'évolution du logement support au renouvellement des formes et à la solution énergétique

Dans l'état actuel l'énergie dissipée par l'activité est principalement exploitée, notamment à l'aide du double flux, pour contribuer au chauffage des locaux par simple dissipation. Plus le bâtiment est isolé et étanche plus cette contribution est importante. Les conséquences des comportements sur les

consommations sont un des facteurs d'imprécision des calculs prévisionnels. Selon un des témoignages, un facteur trois est observé entre deux logements du même bâtiment selon que l'un est chauffé à 20°C et l'autre à 24°C. Cette constatation renvoie à la façon d'habiter et au rôle de l'architecte. Les concepteurs, par l'analyse des tendances qui poussent vers la maison individuelle, ont fait ressortir que la demande d'espace ne relève pas uniquement de dimensions géométriques mais également de la capacité des locaux à s'adapter aux modes de vie. L'introduction de la pièce en plus ou d'espaces dont l'usage n'est pas déterminé, à l'instar du plateau libre, a été la traduction concrète de cette recherche de souplesse d'adaptation qui apporte également une réponse à l'évolution des structures familiales. Ces espaces, habilement agencés, contribuent à la solution énergétique. La pièce en plus devient un espace tampon pour protéger du froid les autres pièces, tandis que le plateau libre favorise la circulation de l'air pour rafraîchir les logements. Cette préoccupation du confort d'été devient, d'ailleurs, un élément dimensionnant du fait de la conjonction du renforcement de l'isolation et du contexte urbain, propice aux îlots de chaleur.

Travailler ensemble pour trouver le bon équilibre

Nous observons donc une forte imbrication entre architecture et système énergétique, chaque discipline soutenant l'autre. Il ressort qu'il n'y a pas de formes réductrices pour la performance énergétique. Il apparaît que les caractéristiques urbaines de densité et de mixité ainsi que la réflexion autour de l'évolution du logement sont des supports à des solutions énergétiques plus qu'une contrainte. Ainsi ces éléments du contexte ont-ils été des leviers à l'innovation architecturale et énergétique. Elle a pu se manifester lorsqu'a existé une étroite collaboration entre maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre et ingénierie et qu'une grande liberté a été laissée à l'équipe de conception.

La collaboration entre l'équipe de conception et la maîtrise d'ouvrage vise à bien transmettre les éléments du programme et à s'assurer de sa bonne compréhension. On pourrait penser que le programme établit les exigences et la conception apporte la réponse. Mais l'exigence renvoie souvent à des obligations de moyens, à l'instar du bâtiment à énergie positive qui impose la mise en œuvre d'un système de production d'énergie. Dans quelles mesures une obligation de moyen bride l'innovation ? Comment établir une exigence qui n'empiète pas sur la conception ? Ajouter des obligations de moyens c'est aussi prendre le risque d'imposer des solutions inadaptées ou avec des antagonismes.

La conjonction des nouveaux standards d'isolation et du contexte urbain, propice à l'îlot de chaleur, bascule la problématique énergétique du chauffage vers le confort d'été. Dès lors, les principes énergétiques s'appuyant sur la compacité et les petites surfaces vitrées devraient être revisités avec une approche pluridisciplinaire associant notamment architecture, hygiène, sécurité et confort thermique, visuel et acoustique.

Cette approche pluridisciplinaire montre la nécessité d'une connivence entre le maître d'œuvre et les équipes d'ingénierie. Les moyens informatiques apportent plus de souplesse dans la conception afin de trouver le bon compromis à la lecture de valeurs quantitatives. Comment récupérer au mieux les apports solaires par une orientation Nord/Sud et conserver un éclairage naturel direct le matin dans les logements ?

Au cours des ateliers, il n'est pas ressorti d'incohérences illustrées par des exemples entre les réglementations. Néanmoins, des oppositions phénoménologiques apparaissent entre la réglementation incendie, qui exige la séparation physique des locaux selon leur usage, et la recherche de la mutualisation des usages de l'énergie, qui nécessite de créer des passages entre locaux d'usages différents pour assurer le transfert de calories.

En revanche si le travail de conception a porté ses fruits les réalisations se sont limitées à des opérations conformistes. Le temps passé et le coût associé pour la conception est un des éléments évoqués. Dès lors, comment faciliter la faisabilité de ces bâtiments ?

La faisabilité

Des travaux de recherches basés sur la conception concourante montrent qu'il est possible d'allier qualité architecturale et performance énergétique. Les résultats vont même au-delà puisqu'ils montrent comment les préoccupations environnementales deviennent un support au renouvellement des formes architecturales. Cependant, les témoignages sur des réalisations concrètes montrent des bâtiments aux formes conformistes. Quels sont les points d'achoppement, les leviers pour passer à la réalisation d'ouvrages plus originaux ? Quels sont les premiers enseignements et les voies à explorer ?

De nouvelles exigences

L'accent mis sur la performance énergétique repose la question des exigences et leur expression dès la phase programme. En effet, la sobriété énergétique ou l'énergie positive ne peut se faire au détriment du confort par exemple. Comme le soulignent les maîtres d'ouvrages à l'occasion des ateliers BEPOS « le produit logement doit présenter une qualité globale et répondre à l'objectif de loger le plus grand nombre à un prix compatible avec leurs ressources. Les solutions constructives doivent apporter à l'utilisateur un logement confortable, efficace, économe et simple d'utilisation ». Dans la perspective du développement durable, il convient d'ajouter à cet objectif le souci de préserver l'avenir donc de réduire l'empreinte. La prise en compte de l'énergie grise permet de renseigner sur l'impact carbone pendant la durée de vie présumée du bâtiment. Les ordres de grandeur obtenus vont nous amener à modifier nos modèles de réflexion.

La performance énergétique, exprimée à partir des seuils réglementaires et des labels, donne des informations sur une consommation conventionnelle qui neutralise le contexte du bâtiment constitué en particulier de son environnement et de son usage. Dès lors, cette information est éloignée de la réalité, or l'utilisateur lui est soucieux de sa consommation. La maîtrise d'ouvrage ne travaille pas uniquement pour obtenir un label, elle vise un résultat effectif. Dès lors comment se rapprocher de la réalité, quels sont les postes de consommation qui doivent être pris en compte ?

Actuellement le mot BEPOS ne dissocie pas la production de la consommation. Or, l'objectif premier est de consommer peu d'énergie, la production, qui devient alors une obligation de moyen, vient ensuite. Comme le rappelle un témoin « On ne peut pas se permettre de déshabiller un bâtiment sous prétexte qu'il produit beaucoup d'énergie ». En suivant l'exemple du projet EFFIBAT, développé dans le cadre de l'appel à idées CQHE, il conviendrait de viser le bâtiment efficient, rapport entre la valeur fournie et la somme des valeurs initiales, avec l'objectif de faire mieux avec moins.

Quantifier les valeurs initiales n'est pas aisé. Il s'agirait d'évaluer le potentiel de départ, et donc de déterminer l'échelle spatiale pertinente. Sur un plan énergétique, nous avons vu que la mixité peut être un avantage. Or monter des programmes mixtes est rare, la collectivité doit être impliquée pour l'organiser au niveau de l'îlot. Sur un plan économique, comment diminuer le prix du foncier pour équilibrer les opérations alors qu'elles sont construites majoritairement dans des zones tendues ? Là encore la collectivité est un acteur à impliquer.

L'approche pluridisciplinaire nécessite de revoir le rôle des acteurs

La maîtrise d'ouvrage, dans la définition du contexte et l'expression des exigences, a une approche pluridisciplinaire, notamment juridique, financière, technique. Comment doit-être compris son souhait de se professionnaliser ? Quelles sont les conséquences sur la conception d'une expression des exigences sous forme d'obligations techniques de plus en plus précises ? N'y a-t-il pas un risque de production stéréotypée ? Comment s'articulent les différents acteurs, la collectivité, que l'on voudrait impliquer, la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre ?

La maîtrise d'œuvre dans son travail de conception va faire la synthèse des contraintes et des exigences exprimées dans le programme. Idéalement, elle les traduit en moyens par itérations avec la maîtrise d'ouvrage et les équipes d'ingénierie pour aboutir à un projet en accord avec la commande.

Cela suppose que l'exigence ne comporte pas d'obligations de moyens, de manière à laisser le choix de la solution à l'équipe de conception, et qu'elle soit réaliste pour le contexte. L'objectif commun, qui consiste à mettre l'utilisateur au cœur du projet, est de nature à favoriser la convergence du programme et de la conception. Le maître d'œuvre invite le maître d'ouvrage à préciser ses hypothèses sur l'occupation. Cependant, les échanges sont limités dès lors que l'occupant est pris en compte de façon conventionnelle avec des profils stéréotypés. Un retour d'expériences sur les occupants aiderait à construire le programme par une meilleure définition des futurs usagers et une expression de l'exigence en adéquation avec le contexte et sans obligation de moyens.

Pour insérer les différentes contraintes, il convient de prendre en compte les exigences réglementaires qui conduisent à une sur-enchère d'équipements en inadéquation avec la réduction de coûts et nous éloignent de l'objectif de l'efficacité. Comment faire en sorte que la superposition des réglementations ne pénalise pas l'équilibre financier des opérations ? Existe-t-il des antagonismes entre réglementations, à l'instar des phénomènes physiques mis en jeu ? Par exemple, le renforcement de l'étanchéité des bâtiments réduit les pertes de chaleur et les nuisances sonores extérieures mais renforce l'impact des bruits intérieurs.

Cette approche pluridisciplinaire, est particulièrement sensible, lorsqu'on vise un bâtiment très étanche. Il implique de nombreux corps d'état. Qui porte la responsabilité des tests et des résultats ? Le niveau demandé nécessite d'impliquer les équipes et de les motiver. L'étanchéité sera d'autant plus facile à réaliser si elle est pensée dès la structure. Cette compétence donne naissance à un nouveau métier. Ceci implique de la prendre en compte dans la réalisation. Quel temps et quel coût lui allouer ? L'exigence énergétique nécessite une grande minutie, elle entraîne de nouvelles durées pour chaque étape de la construction.

Les nouveaux temps de la réalisation et leurs conséquences

De manière à harmoniser les études, le dialogue entre maîtrise d'œuvre et bureau d'études doit se faire très en amont. Une complicité forte entre le bureau d'études thermique, l'architecte et le maître d'ouvrage a été un facteur de réussite dans la réalisation de l'Héliades par le Toit Vosgien.

Le chantier doit être préparé méticuleusement. Il faut avoir pensé et posséder tous les détails. Pour cela il convient de donner la mission d'exécution à la maîtrise d'œuvre et prévoir le temps et le budget associé sachant que cette phase peut prendre deux à trois mois. A titre d'exemple, sur un projet témoin, cette phase a permis d'identifier 19 points sensibles pour les ponts thermiques et d'apporter des solutions en travaillant la structure et l'isolation.

Pour que la mise en œuvre conserve le même niveau de soin, il faut prévoir un temps de formation et de mobilisation des équipes. Pour la résidence Héliades une journée d'information à la fois théorique et pratique a été dispensée aux compagnons. Le niveau de détail exigé contribue à renouveler les pratiques. Il renchérit également le coût de la construction, comment le maîtriser ? Le partage d'expériences et la capitalisation apparaissent comme un bon vecteur mais des automatismes sont à prendre et cela exige du temps.

Le choix d'un label entraîne la mise en place de tests qui peuvent concerner tout le volume chauffé ou certains locaux échantillonnés. L'approche méticuleuse, depuis la conception jusqu'à la réalisation, réduit la visibilité des défauts de fabrication. Leur détection nécessite alors des appareils de mesures, comme la caméra thermique ou le thermomètre de paroi. Le contrôle à l'œil ne suffit plus. On améliore ainsi le process du chantier mais au prix d'un équipement et d'un temps supplémentaire.

Afin de s'assurer du bon fonctionnement, le bâtiment fait l'objet d'un suivi des consommations avec des mesures et un relevé des factures. Il est concomitant à la période d'appropriation des logements par les occupants. Ces démarches nécessitent un investissement en équipement et en temps parfois accompagné d'une aide de la région ou de l'Ademe.

Dès lors, l'exigence énergétique entraîne l'évolution de la façon de construire et en conséquence des techniques et des temps. Il peut en résulter un décalage dans les étapes de la construction avec une

réalisation plus courte que la réception. Comme le souligne un témoin, « dans quelles mesures est-ce acceptable de mettre trois mois à construire une maison bois et compter deux mois de travaux pour assurer l'étanchéité à l'air ? » Il s'agit d'un changement de culture qui demande de s'investir.

Comment réduire les coûts ?

L'approche détaillée et méticuleuse allonge ces étapes et génère un coût supplémentaire qu'il convient d'apprécier à sa juste valeur. Selon certains témoignages il manque 20% pour équilibrer les opérations de bâtiments performants. Quelles sont les techniques, les moyens à développer pour réaliser ces produits au même coût que les composants traditionnels ?

Une approche en coût global ouvre des perspectives. Par exemple, intégrer dès la phase conception les évolutions du bâtiment, peut conduire à réduire les coûts d'investissement futur sans augmenter, pour autant, celui de la réalisation. En effet, dans le projet Impacte l'évolutivité porte le concept. La structure, poteaux et dalles en béton, durable dans le temps, est associée à des façades légères préfabriquées en ossature bois. Cette association présente le double avantage de limiter les ponts thermiques en désolidarisant façade et structure et offre la possibilité de faire évoluer l'enveloppe au gré des technologies et du vieillissement selon son propre rythme indépendamment de la structure.

Existe-t-il d'autres mutualisations possibles des temps ? Le contrôle peut-il être complémentaire à la finition, l'appropriation par les occupants peut-elle être anticipée dès la phase programme lors de la définition de l'usage ?

Atteindre l'efficacité par la mutualisation

L'organisation du dialogue entre les différents acteurs apparaît comme un préalable. Elle s'accompagne par une définition des rôles de chacun. La frontière n'est pas nette, entre :

- la collectivité, responsable de la fourniture d'énergie, que l'on souhaiterait plus présente pour organiser la mixité à l'échelle de l'îlot et garantir la qualité urbaine d'un projet.
- la maîtrise d'ouvrage qui connaît l'usage et doit définir l'exigence sans obligation de moyens de manière à ne pas empiéter sur la conception. Le recours à une assistance maîtrise d'ouvrage, pour quantifier le contexte et les exigences, est plébiscité.
- l'équipe de maîtrise d'œuvre pilotée par l'architecte, aidé par l'ingénierie, qui apporte la réponse constructive à la commande. La mission d'exécution doit-elle être donnée à l'architecte ou l'entreprise ? Comment introduire les nouveaux métiers ?

Les questions techniques n'apparaissent pas bloquantes, en revanche la mise en œuvre des solutions envisagées nécessite des temps supplémentaires, leur répartition différente et un changement culturel. Dans un contexte socio-économique tendu il est impératif de maîtriser les coûts. La notion d'efficacité, qui vise à faire mieux avec moins, se substitue à la performance et est identifiée comme un sujet de recherche à investir.

La confrontation des disciplines entre elles et des acteurs entre eux crée l'innovation et le besoin de développer des recherches. Quels sont les modes constructifs à mettre en place ? Quelle organisation du travail adopter ?

Des pistes ont été ouvertes. Ainsi le contexte économique et l'exigence énergétique ont conduit l'équipe du projet BBefm à imaginer la réalisation de bâtiment à énergie positive en se projetant dans le temps de manière à anticiper l'évolution des coûts technologiques. L'installation de la technologie se fait lorsqu'elle est à maturité et à un coût supposé plus abordable. Il convient de prévoir dès la conception les dispositions pour une installation future rapide et aisée.

La mutualisation, des besoins, des moyens, des temps, des expériences est avancée comme une perspective solide pour progresser plus rapidement. Elle passe par des lieux d'échanges et de capitalisation pour diffuser et formaliser les savoirs. Il convient de les organiser.

Quelles perspectives pour répondre aux enjeux ?

L'exigence du bâtiment à énergie positive, BEPOS, est à insérer dans l'objectif plus général, clairement exprimé par un maître d'ouvrage : « le logement doit présenter une qualité globale et répondre à l'objectif de loger le plus grand nombre à un prix compatible avec leurs ressources ». En rappelant « [qu']une population nous attend », Michel Macary a résumé l'ampleur de l'enjeu. Suite à l'atelier et aux initiatives prises par le PUCA et l'USH, ressort l'envie d'échanger et de partager ses expériences. Ce système intellectuellement ouvert est une rupture dans la façon de travailler. Des débats, nous identifions trois grands sujets sur lesquels il semble nécessaire de mutualiser et de capitaliser en vue de pousser des recherches, amener des idées nouvelles et aider à la réalisation de logements qui répondent, à la fois, à la qualité globale et à la nécessité de se loger.

Elargir les échelles

Le bâtiment est la réponse à une commande établie en fonction de deux questions préalables :

- où construisons-nous ?
- pour qui construisons-nous ?

Répondre à la première question suppose de travailler à des échelles spatiales qui dépassent le bâtiment. Ont été évoqués, l'îlot, le quartier, la ville, voire une échelle plus grande pour la prise en compte d'éventuelles d'autres ressources et des filières énergétiques alternatives. Il faut donc se hisser au moins d'une échelle spatiale. Pour la deuxième question, la réponse est plus intime et nécessite de connaître les occupants, la taille des foyers, leurs activités, leurs comportements. Il s'agit d'anticiper la vie des occupants, donc de réduire l'échelle et de descendre au niveau du logement, et parfois de la pièce.

Sur un plan énergétique, la question du lieu, conduit en conséquence à évaluer le potentiel du territoire. Or, le contexte urbain se prête mal à la conception bioclimatique. Une étude des pertes dues à l'activité humaine, notamment aux besoins et usages de l'énergie autres que pour assurer le confort thermique, et des récupérations possibles ouvrirait de nouvelles pistes. Actuellement, les travaux théoriques sur ce sujet ne permettent pas à la collectivité de se prononcer sur ce potentiel et sur la faisabilité d'un système énergétique qui mutualiserait les besoins des bâtiments entre eux.

La question des usages bien que mieux connus nécessite encore des travaux, notamment pour mettre en regard la nature du besoin, la quantité et l'occurrence. Le retour d'expériences et les campagnes de mesures apparaissent nécessaires pour établir les besoins d'un programme.

Ces approches qui mettent en regard les besoins du bâtiment et la ressource de la ville font le trait d'union entre les deux échelles. Elles permettraient, par ailleurs, d'exprimer la performance par un rendement et non plus en énergie avec l'avantage de montrer comment on a fait au mieux.

Revoir l'exigence

Il ressort que l'exigence actuelle, du point de vue énergétique, n'est pas représentative du contexte dans lequel se trouve le bâtiment et comporte des obligations de moyens qui orientent la réponse architecturale et technique. Il conviendrait à partir des retours d'expériences de définir et de quantifier le contexte et la performance énergétique effective pour construire des exigences proches de la réalité et libre d'obligations de moyens.

De façon concomitante, il convient de reposer la question de l'efficacité, et d'aller vers l'efficience, rapport entre la valeur fournie et la somme des valeurs initiales. Cette notion qui met en relation le résultat avec l'investissement est proche du rendement énergétique. Cette approche demande à être

étendue aux composantes environnementale et sociétale pour couvrir le champ du développement durable et définir le bâtiment durable.

Le changement de culture

Les retours d'expériences et les travaux de recherche, présentés lors de l'atelier, font ressortir la nécessité de reconsidérer les rôles des différents acteurs mais aussi les temps de la conception, de la réalisation au même titre que les principes constructifs.

La question des rôles demande de parcourir les différentes étapes de la commande à la réalisation. Il devient alors possible d'établir le corollaire : Comment s'articulent les différents acteurs, la collectivité, que l'on voudrait impliquer, la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre ?

Pour chaque phase, quelques points à traiter ont été identifiés :

- Comment impliquer la collectivité dans le programme pour le construire de façon coordonnée avec la maîtrise d'ouvrage ? Comment exprimer et quantifier une exigence multicritère qui ne contienne pas d'obligation de moyens ? L'assistance à la maîtrise d'ouvrage peut-elle aider à établir l'exigence ? Quelles informations retenir des retours d'expériences ? Quels outils développer pour aider à construire le programme ?
- Le programme peut évoluer, comment s'articule le triptyque collectivité, maîtrise d'ouvrage et équipe de conception ?
- Quelles relations établir entre la maîtrise d'ouvrage et l'équipe de maîtrise d'œuvre, pilotée par l'architecte, pour que le bâtiment imaginé réponde à la commande ? Quels outils, quels moyens donner à la maîtrise d'œuvre pour faciliter son travail de synthèse et d'itérations entre les différentes expertises et la maîtrise d'ouvrage ?
- De nouvelles responsabilités et de nouveaux métiers, qui nécessitent des compétences transversales pour réaliser, par exemple, l'étanchéité à l'air, apparaissent. Comment les intégrer dans le jeu d'acteurs ? Ces nouveaux métiers se caractérisent par la minutie et le soin apporter à la réalisation. Il est préférable qu'ils interviennent très en amont. Quel lien établir avec la maîtrise d'œuvre ? En corollaire, la mission d'exécution doit-elle être donnée à l'architecte ou aux entreprises ?

L'augmentation et la redistribution des temps à toutes les étapes du processus de fabrication, temps du dialogue, de la préparation, de la formation, de la finition et de la réception, temps de l'apprentissage, ont des conséquences sur les coûts. Une approche en coût global semble plus adaptée pour les apprécier. En effet, un temps de dialogue peut être un gain de qualité et éviter, par exemple, des travaux supplémentaires. Or, dans la perspective d'atteindre l'efficacité, il s'agit de maîtriser les coûts. La mutualisation des temps, des moyens, des techniques est identifiée comme une voie de progrès à explorer. Comment faire en sorte qu'elle ne se fasse pas au détriment de l'environnement et des préoccupations sociales comme l'amélioration des conditions de travail ? Pour imaginer les possibilités offertes, il conviendrait de revisiter chaque étape dans la perspective de l'efficacité économique, sociale et environnementale.

La conjonction du contexte urbain, propice à l'îlot de chaleur, et de l'exigence énergétique, avec des enveloppes très protectrices du froid, accentue l'impact du confort d'été par rapport à la question du chauffage. Simultanément, la densité et la diversité propres au contexte urbain, font ressortir les limites d'exploitation de l'énergie solaire et mettent l'accent sur le potentiel que représentent les pertes dues à l'activité humaine. Quels changements ces deux principes apportent-ils dans la façon de concevoir, peuvent-ils renouveler les formes ? Les cas particuliers du dimensionnement des surfaces

vitrées et de la compacité illustrent bien les mécanismes engendrés par le confort d'été et le recyclage énergétique. En effet, la contiguïté, la compacité sont des facteurs d'économie et de mutualisation des pertes. En revanche, ces caractéristiques se prêtent moins à la réalisation de grandes surfaces vitrées et de logements traversants qui offrent des possibilités de rafraîchissement importantes et un accès aisé à la lumière naturelle.

La redéfinition des rôles, l'approche interdisciplinaire, la conception en regard du potentiel énergétique urbain et des antagonismes, peuvent se faire par le dialogue. Comme le souligne Michel Macary, la rencontre des différents acteurs va permettre en particulier à l'architecte de retrouver une liberté d'expression architecturale. Les espaces d'échanges entre acteurs de différentes disciplines, à l'instar de cet atelier BEPOS, offrent des perspectives encourageantes pour développer ces dialogues et répondre à une qualité globale du logement.

Les actes de l'atelier du 21 Janvier 2011

> Jean-Pierre Bobenriether , directeur de l'ENSA Paris-Belleville



Je suis heureux de vous accueillir dans ces lieux qui abritent depuis 1873 des communautés pédagogiques. D'abord l'école municipale des professionnels de la ville de Paris qui deviendra par la suite le premier lycée technique de France.

Je suis fier de vous accueillir pour permettre au PUCA et à l'USH de développer les contacts entre les acteurs de l'architecture et du bâtiment, c'est-à-dire les maîtres d'ouvrages, les architectes et les entreprises.

Dans ces lieux où la transformation a eu lieu il y a presque 10 ans, bien qu'ils ne nous abritent que depuis un an, sans recours aux énergies renouvelables avant le concept d'approche globale, mais avec des aspects intéressants : isolation par l'extérieur pour les bâtiments neufs ; la ventilation double flux ; l'absence de climatisation ; du chauffage urbain.

Grâce au PUCA et avec souvent le CSTB, l'USH et l'ADEME, cette école avec son laboratoire a pu développer des recherches qui entrent dans le champ que vous allez aborder aujourd'hui sur la manière d'atteindre l'objectif 2020 que tous les bâtiments neufs soient à énergie positive. C'est à dire qu'ils produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment.

Nous vous invitons à venir visiter en octobre les travaux des étudiants qui seront exposés conjointement à une exposition sur 15-20 ans de développement durable.

Avec Jean-Marc Weil, qui enseigne dans cette école, qui est architecte et ingénieur et qui a assuré le bureau d'études du pavillon Français de la biennale de Shanghai, conçu par un ancien élève de cette école Jacques Ferrier, nous sommes convaincus que ces objectifs dont vous allez débattre aujourd'hui ont complètement amplifié, transformé les disciplines techniques dans l'art de concevoir le projet architectural.

Nos écoles ont sans doute eu bien raison de développer des doubles cursus architecte ingénieur pour une bonne articulation entre ces deux métiers ce sera de plus en plus important.

> **Emmanuel Raoul**, *secrétaire permanent du Puca*



Deux enseignements peuvent être tirés du diagnostic énergétique de l'Europe : d'une part, la moitié de l'énergie consommée est importée et d'autre part les bâtiments représentent 40% de la dépense énergétique totale. Ainsi, réduire les dépenses énergétiques des bâtiments reviendrait à s'attaquer au poste le plus gourmand en énergie et permettrait de diminuer notre dépendance énergétique.

La directive de 2002, relative à la performance énergétique des bâtiments, suite au protocole de Kyoto, prévoit les obligations suivantes : tous les bâtiments neufs devront être des bâtiments à consommation d'énergie quasiment nulle, d'ici 2020 (d'ici 2018 pour les bâtiments occupés par des administrations publiques).

Au niveau de la France, le Grenelle de l'environnement prévoit de généraliser la construction de «bâtiments basse consommation» à l'horizon 2012, et les «bâtiments à énergie positive» à l'horizon 2020. Ces objectifs sont fixés à l'article 4 de la loi « Grenelle 1 » du 3 août 2009.

Le Grenelle de l'environnement s'est donné comme objectif de réduire de 38% les consommations d'énergie des bâtiments existants d'ici 2020. Pour cela, la loi Grenelle I a fixé un rythme de

- 400 000 logements à rénover par an à compter de 2013, dans les 4 secteurs :
 - o le parc des logements sociaux
 - o le parc des logements privés
 - o le parc tertiaire public
 - o le parc tertiaire privé
- 800 000 logements sociaux les plus énergivores d'ici 2020
- engager la rénovation énergétique de tous les bâtiments de l'État et de ses établissements publics, avant fin 2012 (audit)

Pour la rénovation des logements sociaux, une convention entre le ministère, l'USH et la CDC a permis de lancer la rénovation énergétique de 100 000 logements sociaux en 2009 et 2010, pour les amener des **classes énergétiques** E, F, ou G en classe C

Les financements mobilisables pour mener à bien ce programme : l'éco-prêt logement social de la Caisse des Dépôts (prêt à 1,9%), le dégrèvement de la TFPB ainsi que d'autres financements (Fonds Feder, Fonds Chaleur, aides des collectivités,...) en complément des fonds propres des organismes.

Le programme CQHE

L'appel à idées CQHE avait pour but de développer et projeter des concepts de bâtiments résidentiels à très haute performance énergétique et environnementale en vue de réalisations dans le contexte du logement social ou privé.

Huit propositions ont été retenues, comportant un bon potentiel de déclinaison, assorties de pistes de recherche d'optimisation sur le plan constructif, technique et économique.

Les équipes projets porteuses de ces huit concepts buildings ont ainsi mené un travail de conception concurrente, de modélisation ou d'optimisation, appuyé de l'expertise scientifique du CSTB, sur plusieurs plans :

- architectural pour explorer les dimensions des usages, les formes, les évolutions de la ville de demain, les consommations d'espace, d'énergie, de matière, les fonctionnalités des bâtiments;
- constructif pour explorer les différents partis structurels, les façades, les matériaux, la thermique, l'aérodynamique ;
- technique pour le choix des équipements énergétiques, les aspects environnementaux ;
- économique pour la recherche d'optimisation en termes de coûts et de qualité.

Ces "concepts buildings" ont été soumis pendant une phase de recherche-développement, à toutes sortes de contraintes, ou de variations de paramètres, d'hypothèses de fonctionnement. Ils se présentent, à un stade APS ou APD pour certaines parties de l'ouvrage, comme des prototypes de bâtiments à haute performance prêts à passer en phase de réalisation, avec des variantes pour tenir compte de différents contextes urbains ou climatiques.

De CQHE au programme Bépos

Les résultats de ces recherches sont riches d'enseignements. Une table ronde avec sept des équipes du programme CQHE permettra de présenter l'approche méthodologique que chaque équipe a développé pour élaborer son concept de bâtiment et décliner les sources d'économies d'énergie et montrer l'évolution du projet.

Après la pause du déjeuner, trois ateliers thématiques porteront sur :

- l'innovation
- la cohérence globale du projet
- le montage d'opération

L'objectif de ces ateliers est, à partir de l'expérience des participants, maîtres d'ouvrages, concepteurs, constructeurs, de faire le point de ce qui est acquis et de ce qui nécessite un développement dans les domaines de la technique, du financement, du programme.

Ces développements feront l'objet d'approfondissements :

- permettront de confronter les programmes actuels d'expérimentations du PUCA à l'expérience des maîtres d'ouvrages,
- de croiser les expériences des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'œuvres, d'effectuer un travail de mutualisation des connaissances

pour permettre de bâtir le ou les nouveaux programme de recherche ou d'expérimentation qui vont accompagner l'évolution de la réglementation pour aboutir aux objectifs du Grenelle et du bâtiment à

énergie positive 2020.

Dans ce cadre, le PUCA souhaite participer à la plate forme mise en place par l'USH et dont les objectifs vont vous être présentés par Frédéric Paul de l'USH.

Je remercie Michel Macary qui a accepté d'animer la restitution des ateliers de cet après midi et qui a également accepté de présider le groupe projet BEPOS de la Plate Forme de Recherche et d'expérimentation sur l'Énergie dans le Bâtiment (PREBAT 2), après avoir présidé le comité bâtiment neuf du PREBAT 1.

Le PREBAT 2 a pour objectif d'accompagner la recherche pour atteindre les objectifs du Grenelle, d'ancrer dans la réalité de la société française les évolutions indispensables et apporter des solutions nouvelles, et de mettre en place un effort important et durable de recherche finalisée, de développement, d'innovation et de transfert de technologies.

Les partenaires du PREBAT 2, les acteurs publics de la recherche et de l'expérimentation dans le domaine de l'énergie du bâtiment, affichent la volonté de piloter de manière coordonnée une recherche – expérimentation à la hauteur de cette ambition.

> Frédéric Paul, délégué à l'action professionnelle, Union Sociale pour l'Habitat



Frédéric Paul se charge de rappeler en préalable quelques éléments sur la situation sociale. Il attire l'attention sur l'appauvrissement des habitants les plus pauvres étant dans une grande précarité personnelle. Il rappelle que 70% des entrants dans le parc HLM ont des revenus inférieurs de 50% au plafond de ressources.

Il souligne ainsi à quel point ce travail est indispensable et essentiel à la construction. Il ouvre des perspectives par les voies de la recherche et de l'innovation et de la mobilisation des acteurs et des filières.

Le PUCA par ses programmes de recherche trace la bonne trajectoire en mobilisant les acteurs dont les organismes HLM alors que ces derniers s'étaient écartés de l'innovation car la situation sociale et économique était difficile.

Le programme REHA qui met l'accent sur la requalification est particulièrement séduisant dans une période où le manque de logements se fait particulièrement sentir.

Ainsi il faut mettre les moyens sur les deux échelles : le neuf et l'existant.

Il en ressort la nécessité de travailler ensemble pour mutualiser ces moyens. Le regroupement de 120 maîtres d'ouvrages sociaux au sein de Batim-club est un bon vecteur pour accompagner ce développement par l'échange d'expériences et la capitalisation des connaissances acquises par l'expérimentation.

Il y a des questions sociales auxquelles l'architecture va nous aider à répondre.

> Table ronde avec les équipes lauréates du programme CQHE et débat avec la salle

La table ronde avec les équipes porte sur les méthodologies que chaque équipe a développées pour élaborer ses concepts de bâtiment et décliner des sources d'économies d'énergie.

Les personnes à la table :

- Sabri Bendimérad pour le projet Habitat pluriel, terre et temporalités
- Laurine Courtois-Lif pour le projet BBEFM
- Laurent Marc Fischer pour le projet Tikopia
- Jean-Christien Favreau pour le projet Ecolocatif en bois
- Nicolas Favet pour présenter sa méthode
- Christophe Gobin pour le projet EFFIBAT
- François Pelegrin pour le projet IMPACTE
- Marie Christine Gangneux
- Jean-Marie Alessandrini

Quelles ont été les hypothèses de départ, quelle a été la proposition initiale et comment a-t-elle évoluée ?

1. Le projet d'Altersmith, Cardonnel ingénierie, Batiserf, St Gobain Glass et Technal « façade nord vitrée » est né d'une contradiction. Le contexte urbain avec ses contraintes peut conduire à la nécessité d'avoir des logements au nord ce qui est « traditionnellement » reconnu comme une hérésie bioclimatique. La confrontation d'une exigence énergétique et d'une contrainte urbaine réaliste sur l'orientation a conduit à une double innovation :

- technique, avec la nécessité de faire une paroi nord vitrée aussi performante qu'une paroi opaque. L'équipe a cherché la solution à deux échelles :
 - celle du composant en mettant en œuvre un triple vitrage,
 - celle du bâtiment par la réalisation d'un mur capteur au sud qui vient alimenter en air chaud l'espace dans le triple vitrage au nord.
- organisationnelle, avec la réalisation d'un plan libre qui permet de libérer l'espace et ouvre des possibilités d'évolution.

Il ressort que la contradiction initiale permet de trouver des innovations architecturales et techniques.

2. Le projet Tikopia développé par Architecture Studio, Quille, Alto ingénierie et Eco Cités est une minitour dont le système énergétique est lié à la forme. Est-ce la solution énergétique ou inversement l'a priori architectural qui a piloté le projet ?

En liminaire l'équipe rappelle qu'il convient de rester vigilant sur l'appellation Energie Positive. En effet, cette exigence exprimée de façon absolue ne rend pas entièrement compte de la performance intrinsèque du bâtiment, alors que c'est cette information qui intéresse. La performance ne peut être dissociée du confort.

La forme urbaine du bâtiment doit répondre à la performance énergétique. Cette dernière ne peut être le résultat de solutions techniques. Dans ce projet l'objectif de performance a guidé la forme urbaine :

- la paroi nord est arrondie de manière à limiter le développé de surface
- la paroi sud est largement ouverte
- la forme urbaine et la mixité d'usage. Les parties basses de l'immeuble sont réservées aux commerces et aux bureaux qui ont moins besoin des apports solaires pour assurer le chauffage du fait de durées d'occupation plus faibles et d'apports internes importants. En revanche, les logements disposés dans les étages élevés bénéficient d'une meilleure exposition solaire et donc d'un potentiel de récupération des apports solaires plus important.

Le souci de socialisation a conduit à réfléchir à la création d'espaces à différents niveaux où les occupants peuvent se rencontrer. La préoccupation énergétique a conduit à concevoir ces espaces de manière à ce qu'ils fassent tampon avec le climat extérieur. De par leur importante surface vitrée et leur orientation, ils contribuent en période de chauffage à préchauffer l'air en particulier pour l'hygiène. A l'inverse, la surface ouvrante importante contribue au système de rafraîchissement par sur-ventilation. Ces espaces jouent donc un triple rôle social, conditionnement d'air et hygiène.

Il ressort qu'on a un lien intime entre un fonctionnement le moins technique possible et la géométrie même. Les solutions techniques comme le stockage de calories pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire viennent compléter l'ensemble.

3. Le concept Impacte imaginé par l'équipe constituée de Pèlerin F., Pèlerin Genel E., Pouget, Cetba ingénierie et TBC, est un bâtiment compact qui abrite des bureaux, des logements et des commerces.

Comment la diversité des usages avec des besoins parfois antagonistes et la compacité ont-elles été des catalyseurs ? Quelles synergies avez-vous développées pour répondre à l'exigence énergétique dans un contexte urbain ?

La mixité fonctionnelle et la diversité d'usage ont été le support à la création d'un bâtiment performant sur le plan énergétique. A l'échelle d'un bâtiment cette mixité permet de mettre en œuvre des solutions qui visent le « troc de calories ». Les bureaux se caractérisent par des périodes d'occupation courtes comparées à celles des logements. Ils ont également des apports internes importants du fait de l'activité. Le confort visuel nécessite d'avoir une lumière diffuse non éblouissante. La disposition au nord est donc plutôt favorable pour cette activité. De manière complémentaire, ces locaux disposés au nord assurent également le rôle d'espace tampon pour les logements contigus orientés au sud. Par ailleurs, la chaleur dissipée par l'activité dans les bureaux peut être récupérée pour alimenter les logements en chaleur. L'idée est de récupérer avant de produire juste le nécessaire.

La difficulté est de monter des programmes mixtes ce qui n'est pas fréquent. On peut imaginer des espaces plus modestes avec des professions libérales.

Sur le plan de la structure et de l'enveloppe le système imaginé tient compte de temporalités différentes. La structure poteaux et dalles en béton, durable dans le temps, est associée à des façades légères préfabriquées en ossature bois. Cette association présente le double avantage de limiter les ponts thermiques en désolidarisant façade et structure, d'une part, d'autre part, l'enveloppe peut évoluer au gré des technologies et du vieillissement selon son propre rythme indépendamment de la structure. La présence d'une résille autoporteuse avec des boîtes qui filtrent le climat extérieur est un support pour l'évolution technologique.

La concrétisation de ce concept est l'aboutissement d'un travail de réflexion initié par des brainstormings structurés à l'occasion de séminaires de créativité. Les conséquences des choix techniques et architecturaux ont été très tôt évaluées à l'aide de la simulation numérique. Les critères d'évaluation se sont écartés des sentiers réglementaires pour appréhender des notions plus subjectives de « bonheur durable » et d'un cadre de vie confortable portant sur le confort visuel et le ressenti.



4. Habitat pluriel terre et temporalités a été imaginé par l'équipe constituée de Tectône, Terreal et RFR éléments. Il s'agit de bâtiments en briques de un à trois niveaux qui s'étendent en nappe.

L'équipe est partie d'une opération réalisée dans le département de la Seine Saint-Denis avec l'envie de prolonger ce programme en explorant les possibilités qu'offre la brique monolithe selon deux aspects :

- la matière et ses caractéristiques physico-chimiques
- la forme, d'une hauteur d'étage et donc élément dimensionnant de la pièce, et les différents assemblages possibles.

La terre cuite ou crue offre des caractéristiques d'inertie thermique et hygroscopique. Le travail a consisté à explorer les réactions physiques de la matière au contact d'une ambiance pour mettre en adéquation la composition de l'enveloppe et le niveau de confort hygrothermique requis en fonction de l'usage.

L'assemblage des pièces a visé à conserver la densité, de manière à rester dans le contexte urbain, et à faire une proposition sur le plan avec juxtaposition de différentes activités comme habitat et ateliers.

Ce travail permet de sortir du bâtiment figé et d'explorer les « 1000 solutions » offertes par cette maille de 35 m² qui s'adapte aussi bien au garage, à l'atelier, au séjour ou à deux chambres.

A partir de ce modèle plusieurs solutions ont été établies. Il en ressort que la densité est compatible avec une certaine efficacité énergétique. Ce cheminement méthodologique ouvre vers une solution de

plan neutre où les pièces n'ont pas un usage prédéterminé au départ. Ainsi la pièce en plus fait-elle partie de l'offre du logement.

Ce travail sur les volumes, la surface et la matière sont compatibles avec l'efficacité énergétique qui doit rester une des exigences mais reste insuffisante pour juger de la performance.

5. Le projet Bâtiment Bioclimatique Evolutif à Fonction Mixte, de aaPGR architectes, N.Chevineau et Watts, met l'accent sur l'évolution dans le temps des techniques et la recherche de la forme bioclimatique.

Comment concevoir, dans le contexte d'intégration des nouvelles technologies, un bâtiment qui permette dans le temps d'intégrer à moindre frais les nouvelles techniques de production d'énergie ? Comment l'évolutivité porte le concept ?

La confrontation de la problématique économique et énergétique a conduit à imaginer l'atteinte de l'objectif bâtiment à énergie positive en se projetant dans le temps de manière à anticiper l'évolution des coûts technologiques. L'installation de la technologie se fait lorsqu'elle est à maturité et à un coût qu'on peut supposer moindre qu'une technologie naissante. Dès lors le fil conducteur du projet a visé à concevoir le bâtiment pour qu'il puisse recevoir à moindre coût et de façon aisée ces évolutions techniques. La méthode a été d'imaginer dès le départ un bâtiment BEpos et de lui enlever les solutions techniques en devenir mais en conservant la place et les équipements nécessaires pour les recevoir ultérieurement en engageant un minimum de dérangement.

L'équipe a également travaillé sur la mixité. Les bureaux en rez-de-chaussée bénéficient d'une inertie pour récupérer la chaleur dissipée par l'activité. Celle-ci est transférée vers les logements. Pour les espaces de vie la forme ovoïde a été recherchée car elle est la plus compacte. Les bureaux sont ainsi protégés du rayonnement direct et les logements équipés de serres climatiques ont un fonctionnement passif.

6. Le projet Ecolocatif en bois, développé par Archic, Lignatec-KLH, Costic, Steuerwald, Ecobanques et CNDB, est destiné à accueillir des studios pour étudiants, réunis dans une tour circulaire.

Le projet initialement prévu avec une cheminée d'air et un puits canadien a finalement évolué pour aboutir à un fonctionnement autonome de chaque studio, sur un plan énergétique, avec un recours massif aux énergies renouvelables. Comment l'évolution du travail vous a-t-elle amené à revoir les principes du départ plutôt passifs pour optimiser le recours aux énergies renouvelables pour répondre aux besoins ?

L'objectif est d'appliquer le bois au logement collectif. Le concept montre que c'est possible. L'idée initiale de diffuser de l'air n'a pas été retenue car dans du collectif ce n'est pas facile, en particulier avec le problème de l'hygiène avec l'air qui passe d'un local à l'autre. On a donc gardé la forme et la matière. Le cylindre bioclimatique limite la surface déperditive. On n'a pas voulu associer le béton, filière humide, avec le bois, filière sèche. On a jugé que cette association n'était pas pertinente. Le bâtiment n'a pas d'inertie mais celle-ci est jugée inutile. Le bâtiment est climatisé.

7. L'objectif d'EFFIBAT, développé par Claude Franck, le centre d'énergétique et procédé, GTM Bâtiment et Vinci construction France est d'atteindre le niveau BBC au même coût qu'une construction actuelle conforme à la réglementation thermique de 2005 (RT2005).

La construction du cahier des charges a mis l'efficacité économique en priorité. Comment cette hiérarchisation particulière dans le cadre de l'appel à idées CQHE a-t-elle influencé la performance énergétique et la forme architecturale ?

L'équipe souhaite remercier avant tout le PUCA pour avoir permis ce lieu de réflexion et avoir du recul sur notre activité.

La question du bâtiment à énergie positive dans un contexte urbain doit se situer au niveau du quartier.

Le surcoût de la RT2012 est de l'ordre de 15 à 20%.

Actuellement on annonce un surcoût de 15 à 20 %. Aucun économiste ne prétend pouvoir faire moins cher en étant plus performant.

Il en ressort que l'idée qui a orienté le projet est de rendre « solvable » sur le marché un bâtiment avec une performance supérieure. La recherche a visé à trouver une autre organisation de l'espace et un autre mode de travail pour faire mieux avec moins.

On peut débattre du résultat, sur la qualité d'usage, la mixité fonctionnelle et des éléments de la performance énergétique. On a voulu un concept avec des hypothèses réalistes qui répondent à la performance économique.

Le niveau BBC, le niveau réglementaire sont des niveaux conventionnels ce n'est pas la garantie pour l'utilisateur d'avoir 50 kWh/m²/an. Or notre souci c'est assurer la garantie de performance. Nous travaillons pour un résultat effectif et non pour répondre à un label.

8. La méthode développée par Nicolas Favet consiste à confronter la conception architecturale au potentiel énergétique du site pour récupérer les apports solaires.

Comment les connaissances et les intuitions de l'architecte portent-elles l'optimisation énergétique ?

La méthode développée est ouverte, elle est destinée à n'importe quel site. Elle vise à intégrer des questions techniques dans un processus de conception architecturale et de marier des critères objectifs à des éléments plus subjectifs.

On s'est appuyé sur plusieurs étapes au cœur de la conception architecturale :

- la morphologie
- l'enveloppe
- la solution constructive

L'outil se présente comme une boîte à outils disponible tout au long du processus de conception. Le tableau de bord est destiné à l'architecte, il ne s'agit pas de quelque chose de sophistiqué, mais il permet de voir la répartition des consommations par poste.

L'approche en trois dimensions est en adéquation avec l'approche architecturale de l'espace, intuitive et visuelle.

En contexte urbain la forme est principalement conditionnée par le règlement d'urbanisme. La méthode permet de confronter cette forme à une forme optimisée pour récupérer les apports solaires. La confrontation des formes permet de dégager les systèmes techniques avec l'efficacité de la forme par rapport à l'objectif de performance énergétique. Il permet de générer la forme idéale, non pas qu'il s'agisse de la construire, mais on dispose d'une information sur la volumétrie et la forme idéale pour tirer le meilleur parti des apports solaires.

Un exercice comparatif en interne à notre agence, entre une conception assistée avec cet outil et une approche plus traditionnelle a permis de dégager un gisement de 15 à 20 % d'économie d'énergie.

L'approche énergétique ne devrait pas se limiter à l'énergie en fonctionnement. Le standard BBC permet de diviser par deux la consommation énergétique en fonctionnement. En revanche, si on intègre l'énergie grise on ne réduit que d'un tiers la consommation globale. Ce critère doit nous

amener à modifier nos modèles de réflexion. Il s'agit de réduire la consommation en fonctionnement mais également de travailler sur l'impact carbone et sur la durée de vie globale du bâtiment.

Sur un exemple, l'ajout d'une petite production d'énergie renouvelable a été pensé de manière à annuler l'impact carbone dans une perspective à 20 ans sur la vie du bâtiment.

Echange avec la salle

Quels sont les postes de consommation que le bâtiment à énergie positive doit prendre en compte ?
Quels sont les usages à prendre en compte ?

Quelle est la cible visée, le bâtiment à énergie positive n'est pas une fin en soi ?

Les règles de compensation, jusqu'à quel niveau de consommation est-ce acceptable ? Peut-on se permettre de déshabiller un bâtiment sous prétexte qu'il produit beaucoup d'énergie ?

Le questionnement initial relève de la définition de BEPOS et de performance. Il conviendrait de ne pas confondre garantie de performance et consommation. La garantie de performance est un engagement avec une vérification protocolaire ou conventionnelle. Elle est à dissocier de la consommation. L'utilisateur lui est soucieux de sa consommation. Il conviendrait donc de dissocier la consommation de la production. On peut d'ailleurs discuter de la pertinence de l'indicateur de consommation en kWh/m² de shon.

En effet, si on vise la réduction de l'empreinte, il faut changer l'indicateur, on change l'échelle de temps, à l'instar de l'analyse en cycle de vie, et on change l'échelle spatiale. Il convient de remettre dans son contexte la performance énergétique, en qualifiant les besoins énergétiques de l'ouvrage et le potentiel du site, pour qu'un autre observateur puisse se situer ou tirer l'exemplarité d'une opération.

Il faut prendre beaucoup de précautions quand on parle de BEPOS. Le BEpos même à l'échelle du quartier pose problème car l'objectif n'est pas uniquement énergétique mais aussi environnemental. Par ailleurs, un impact en été n'est pas un impact en hiver le problème est complexe. Il semblerait qu'une approche qui viserait des bâtiments de plus en plus performants à un coût accessible soit plus pertinente. Il conviendrait pour avancer plus rapidement sur le sujet de mutualiser entre les équipes, mutualiser les outils de calcul et les approches multicritères.

L'approche multicritère, les différentes échelles, il y a donc des limites à ce qu'on peut demander à un bâtiment. La densité et l'efficacité énergétique vont au-delà d'une exigence propre au bâtiment.

Dans la conception on ne peut pas se contenter de la satisfaction d'un résultat. Il faut se doter d'outils de calcul mais rester critique sur les résultats et faire de la sensibilité aux paramètres.

Le thermicien doit s'ouvrir à la forme urbaine. Les modes de conception sont à renouveler.

La question des postes de consommation à prendre en compte renvoie à l'usage et la qualité d'usage. Les personnes qui consomment sont ceux qui habitent. Il faudrait avoir un retour d'expérience sur les occupants. L'usager doit être au cœur de la conception et des calculs.

La mise en place de la mixité à l'échelle d'un bâtiment généralement vertical c'est compliqué voire impossible à faire vivre.

La mixité devrait être réfléchie à une échelle spatiale plus grande que celle du bâtiment. La mixité verticale est peut-être plus facile à obtenir. Il faut chercher la mutualisation des besoins et des ressources à l'échelle de plusieurs bâtiments. On passe à une analyse de la ressource urbaine ou du potentiel local.

Dans le cadre de la réalisation d'un bâtiment, on devient excessif. Par exemple, quand la durée de construction est courte et la réception des travaux s'allonge dans le temps, jusqu'à quel point est-ce acceptable ? Typiquement quand on met trois mois à construire une maison bois, il est difficilement acceptable de compter deux mois de travaux pour assurer l'étanchéité à l'air. Il s'agit d'un changement de culture et cela demande beaucoup de travail.

Il est intéressant d'entendre que les équipes partagent une appréciation commune sur la réglementation, c'est qu'elle ne représente pas la consommation réelle. Il faut des outils plus fins pour la conception.

Pour approcher la réalité de fonctionnement d'un bâtiment, il conviendrait d'appréhender l'utilisateur, l'acteur du fonctionnement. Quels sont les moyens à disposition ? Comment l'habitant est moteur de changement ?

A l'inverse on peut considérer que ce n'est pas à l'utilisateur de réguler son espace. Si l'immeuble produit, on n'a plus cette préoccupation il suffit de récupérer ce qui est produit. Cela suppose que la production soit toujours suffisante et disponible, on n'est plus dans une logique de mutualisation.

L'usage est une question de culture.

Le programme CQHE est riche d'enseignements, il présente l'originalité de ne pas se cantonner à la performance énergétique. Il aborde les questions de la mixité, richesse de la ville. Parler de Bepos n'est-ce pas une approche monocritère ?

L'équilibre énergétique est à trouver à différentes échelles.

On construit un bâtiment pour un utilisateur. Attendre l'utilisateur, par exemple son action déterministe pour réduire sa consommation, c'est prendre un risque sociétal qui entraîne la responsabilité des acteurs. Dès lors, il convient de viser le bâtiment efficient pas à énergie positive. L'efficacité c'est le rapport entre la valeur fournie et la somme des valeurs initiales. Il faut trouver le meilleur compromis avec des gains de performance. Il faut faire mieux avec moins. L'éco-quartier n'est pas le cumul de bâtiments à énergie positive.

> Atelier 1 : l'innovation

Quelles solutions techniques et architecturales pour permettre de réaliser des bâtiments à énergie positive ? Les bâtiments très performants proposent-ils une nouvelle façon d'habiter, quels nouveaux espaces, nouveaux usages, nouvelles urbanités ?

Déroulé de l'atelier :

- Introduction de l'atelier
- Témoignage du foyer rémois
- Débat avec la salle
- Témoignage du toit vosgien
- Débat avec la salle
- Conclusion

La question de l'innovation est abordée de manière à établir dans quelles mesures les préoccupations environnementales et en particulier la recherche de la performance énergétique peuvent être à l'origine de l'innovation technique et d'un renouveau des formes architecturales ? Pour faire une comparaison avec la structure, à son époque les évolutions techniques en structure ont ouvert de nouvelles perspectives à l'architecture : les voiles bétons en précontraint ont permis de s'affranchir des murs

porteurs, de permettre les grandes portées etc. Quelles sont les techniques énergétiques à imaginer qui renouvelleront les formes architecturales ? Quelle diversité peut-on attendre ?

Il s'agit de trouver la complémentarité et la cohérence entre système énergétique et principe architectural.

L'objectif de l'atelier est de distinguer dans la perspective de réaliser des bâtiments de logements collectifs qui visent la très basse consommation voire l'énergie positive :

- ce qui est mûre et dont on peut témoigner dès maintenant
- ce qui nécessite des expérimentations
- ce qui nécessite des recherches complémentaires ce qui est à explorer. Identifier les perspectives et comment les aborder

Pour cela on va s'appuyer sur le témoignage de deux réalisations qui mettent en avant des solutions mûres qui permettent avant tout de limiter les pertes de chaleur avec une différence toutefois sur l'exploitation de la ressource solaire :

- l'une met l'accent sur la limitation des pertes par l'enveloppe et la récupération des apports internes.
- l'autre propose une conception plus vitrée qui vise également la récupération des apports solaires en réponse aux besoins de chaleur et d'éclairage naturel.

Ces témoignages sont le support au questionnement sur comment aller plus loin ?



Présentation de l'opération « la clairière » à Bétheny par Bruno Loyaux du Foyer Rémois (maître d'ouvrage) :

A l'époque du lancement de l'opération le label n'existait pas. Finalement on a relevé l'exigence en cours d'opération avec l'obtention au final du label allemand Passivhaus qui impose que la consommation tous usages ne dépassent pas 120 kWh/m². La présence d'un bureau d'étude

allemand a conduit à renforcer l'isolation. Il était envisagé des espaces bioclimatiques orientés au sud. Ils ont été supprimés. Le bâtiment est une boîte thermos isolé avec 30 cm de polystyrène expansée. On a une façade rideau avec du triple vitrage.

Ce bâtiment a fait figure de laboratoire pour les opérations à venir. Il a été très long à faire. Nous sommes allés au fond de la démarche.

Nous avons fait deux erreurs :

- la première c'est d'avoir une entrée indépendante du bâtiment
- la deuxième c'est des parties vitrées trop importantes à la fois pour le confort d'été et les déperditions.



La clairière à Bétheny, [<http://www.foyer-remois.fr/Innovation-en-France>]

Nous avons travaillé avec deux bureaux d'études, l'un français, l'autre allemand et nous avons confronté chaque fois les solutions proposées.

On a surtout vu la différence dans le détail. Ainsi le label BBC se contente d'un contrôle par sondage. Ainsi seul un échantillon des bâtiments fait-il l'objet de vérification. Alors que dans le label passivhaus tous les bâtiments sont contrôlés. Plus précisément c'est tout le volume chauffé qui fait l'objet d'une vérification soignée.

Dans le cadre de l'association Effinergie le bâtiment fait l'objet d'un suivi des consommations avec des mesures et un relevé des factures.

Il a fait chaud tout l'été. On n'a pas pris le temps d'expliquer aux occupants le fonctionnement du double flux. Les occupants n'ouvraient pas les fenêtres la nuit à cause des moustiques. En revanche le retour sur l'hiver est excellent. On a mis un radiateur pour répondre aux exigences BBC mais c'est une aberration on n'en a pas besoin. Les apports internes et solaires ainsi que la récupération de chaleur avec le double flux suffisent à chauffer.

Le renforcement de l'étanchéité fait qu'on bénéficie d'une excellente isolation acoustique vis-à-vis de l'extérieur. Mais du coup on entend les voisins, la ventilation. On entend les bruits internes et pas l'extérieur.

Pour le calcul des rendements des panneaux solaires, il faut veiller aux conséquences de chaque coude, de chaque élément de la distribution. Un calcul qui n'y veillerait pas conduit à un rendement de 60 à 70% alors qu'un calcul méticuleux conduit à un rendement autour de 10%. C'est l'écart qu'on a constaté selon que le calcul est réalisé par le bureau d'étude français ou allemand.

Question de la salle

L'étanchéité est une exigence qui dépend de plusieurs corps d'états. Qui porte la responsabilité des tests d'étanchéité ?

Témoignage

Le résultat dépend de la mobilisation des équipes. Il faut impliquer tous les compagnons. Les points sensibles doivent être vérifiés avec des appareils de mesures (thermomètre de paroi, caméra thermique). Un des enseignements est qu'il faut préparer méticuleusement le chantier. Il faut avoir pensé et posséder tous les détails avant le chantier ; Cela prend deux à trois mois.

Question de la salle

Comment la recherche de la performance énergétique a-t-elle fait évoluer le programme ?

Témoignage

Le chantier a été arrêté 6 mois, on a supprimé les espaces bioclimatiques. C'est un bâtiment expérimental. Quelques erreurs ont été commises : les châssis métalliques sont à l'origine de nombreuses pertes thermiques.

Le confort d'été aurait exigé plus d'attention. On a pausé des vitres de couleur, mais on n'a pas prévu les problèmes de surventilation par ouverture des fenêtres à cause des moustiques.

Question de la salle

L'étude de maîtrise d'œuvre en amont est importante, mais donnez vous également une mission d'exécution au maître d'œuvre : c'est du temps et qui donne cette mission aux architectes ?

Témoignage

Il faut faire un travail en amont pour générer le potentiel avant de l'exploiter. Il faut prévoir du temps car il ne faut pas débiter le chantier sans tous les documents. Par ailleurs, l'architecte doit intervenir en même temps que le thermicien.

Présentation de l'opération « les Héliades » à Saint Dié par François Lausecker (architecte), Jean-Luc Charrier (Maître d'ouvrage le toit vosgien)

L'objectif de performance a été de réaliser un programme passif le moins consommateur possible. La performance thermique a été mise en avant.

Le bâtiment est en bois KLH. Au départ il était prévu trois bâtiments en R=2, l'étude de parcelle, la recherche de l'optimum énergétique, la volonté d'innover du maître d'ouvrage et de répondre au défi technique d'un bâtiment en bois en hauteur, a conduit à modifier le programme en deux bâtiments de 5 niveaux chacun.

Tout au long du projet il y a eu une complicité forte entre le bureau d'études thermique, l'architecte et le maître d'ouvrage.

La modélisation thermique dynamique à l'aide du logiciel comfie pleiade a été utilisée pour valider le principe. Elle a permis de dimensionner les ouvertures et la profondeur des loggias. L'architecte souhaitait que les bâtiments ne soient pas strictement orienté nord/sud de façon à avoir le soleil le

matin dans les chambres et le soir dans le séjour. La bonne coordination entre le bureau d'étude et l'architecte a permis, avec l'appui de la modélisation numérique, de répondre à cette demande en désaxant légèrement les bâtiments tout en veillant à la maîtrise des apports solaires par la profondeur des loggias.

Le choix de la structure bois a permis de réduire les ponts thermiques. Mais monter sur 5 niveaux relevait également de la performance structurelle et nécessitait un fort soutien du maître d'ouvrage.

19 points sensibles ont été identifiés pour les ponts thermiques. En particulier la liaison dalle basse/mur extérieur. Le traitement a été facilité par des contacts bois/bois et par la mise en place d'une isolation continue qui entoure le bâtiment. Chaque logement a une isolation interne.

On a un plancher KIH 18 cm sur lequel est coulé une chape flottante de 6 cm. On dispose ainsi d'un système masse ressort favorable à l'isolation acoustique.

Il est plus facile de réaliser l'étanchéité si celle-ci a été pensée dès la structure. La perméabilité répond au label passivhaus avec un N50 environ à 0.6 vol/h sous 50 pascals, équivalent à un Q4pa de l'ordre de 0.2 et 0.3 m³/h/m² surface déperditive. Le test a eu lieu sur chaque bâtiment.



L'héliades : deux bâtiments en r+5 [] le toit vosgien, cabinet Lausecker]

Le système énergétique mis en place a été pensé de manière à tirer partie de l'enveloppe avec pour résultat :

- Pour le confort d'été l'installation de capteur a montré que la température ne dépasse pas 27°C.
- Au niveau thermique le bâtiment répond au niveau passivhaus avec moins de 12 kwhep/m² en besoin de chauffage

L'inertie de la chape permet de déphaser les apports internes et solaires de manière à réduire les besoins de chauffage. Ainsi sans chauffer on atteint 17 °C dans les logements.

La combinaison de la chape et de la dalle permet de trouver une bonne compatibilité entre le bois et l'acoustique.

Installation d'un système double flux réversible.

La consommation va de 1 à 3, on n'oblige pas les gens à se chauffer à 19°C. Dans le cadre du Prebat il y a un comptage : la variation des consommations va de 1 à 3 selon que la température passe de 20 à 24°C.

Les logements sont traversants avec une coursive orientée Nord-est. On passe devant l'appartement des autres avant de pénétrer chez soit. Est-ce gênant ? Le maître d'ouvrage n'a pas relevé de plainte. Il suggère une nouvelle façon d'habiter.

Le système d'eau chaude est en partie collectif et individualisé. Concrètement il y a une préparation commune avec un système solaire un train de chaleur. Ensuite une distribution vers des ballons individuels électriques. Ce fonctionnement a l'avantage de faire un système solaire sur un besoin de base stable et d'éviter le bouclage anti-légionnelle. Ainsi le fonctionnement de la pompe de circulation est fortement réduit.

A la base on a un bâtiment passif, l'installation de panneaux photovoltaïque permet de passer en énergie positive.

Il faut compter 2 à 4 mois d'ingénierie.

Débat avec la salle

L'équipe a rencontré certains problèmes avec la réglementation. Il a fallu faire un titre V solaire pour l'ECS. Le titre V est limité à l'opération. En fait il ne peut pas être généralisé à d'autres opérations car le fonctionnement du système d'ECS dépend de la position des différents points de puisage et de la quantité puisée. Cela soulève la question de l'équité d'un tel système. En effet, le ballon le plus éloigné ne bénéficiera plus de l'eCS solaire et fonctionnera uniquement sur l'épingle électrique.

Témoignage de l'équipe :

La réglementation thermique est une machine administrative qui ne permet pas l'optimisation.

Il faut faire attention à ce qu'on fait dire à nos outils.

Il y a production d'électricité avec de la cogénération sur le gaz. On la consomme sur place.

A propos des honoraires : il faut avoir les moyens de les payer.

La Rt2012 et le niveau BBC ne sont qu'une étape vers l'objectif 2020.

Les équipes travaillent ensemble entre maître d'œuvre et bureau d'étude, avec une ingénierie soudée avec l'équipe de conception. L'architecte a une mission exécution sur le clos et le couvert.

Pour passer de la Rt2005 à BBc puis à passivhaus il a fallu motiver les équipes en particulier sur les tests d'infiltration. Une journée d'information a été dispensée avec un volet théorique et un volet pratique. L'étanchéité c'est un nouveau métier.

Question de la salle :

Y a-t-il des outils pour faciliter les échanges entre maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre et bureau d'études ?

Témoignage de l'équipe :

Dans le cadre de ce projet, il n'y a pas eu de besoins particuliers (échanges de données évaluer les conséquences d'un trait sur la performance énergétique, etc.) car l'équipe est resserrée.

Des tests acoustiques ont été réalisés dans le cadre de la certification Cerqual.

La question de la sécurité acoustique avec le bois qui présente une grosse quantité de carburant mais en revanche il est long à s'enflammer. Pour ne pas être dans la famille 3 il a fallu prévoir une séparation entre les niveaux 2 et 3 sinon la masse combustible est trop importante et le C+D fait qu'on passe en troisième famille.

Il n'y a pas sur ce projet de problèmes d'accessibilité car le maître d'ouvrage est généreux sur les surfaces.

> Atelier 2 : la cohérence globale du projet

Comment élaborer un programme appelant les solutions optimales en BEPOS ? Comment définir les exigences de confort d'usage, l'évolutivité du logement, sa typologie, sa surface, son volume, quelles performances et quel coût ?

Cet atelier a été animé par Hervé TRANCART, du PUCA, et Sylviane NIBEL, du CSTB.



Hervé Trancart, en introduction, a replacé cet atelier dans la perspective du PUCA d'organiser une série d'ateliers impliquant maîtres d'ouvrages et concepteurs, ateliers pour lesquels il convient de se donner un schéma de travail. Il s'agirait de faciliter l'incubation d'un programme d'expérimentations.

Dans les faits, le dialogue entre maîtres d'ouvrage et concepteurs coupe souvent court : les premiers restent sur des programmes assez classiques, adoptent une attitude en retrait par rapport à l'innovation, tandis que les seconds aimeraient qu'on les contraigne le moins possible et qu'on leur donne carte blanche.

Un bon projet suppose un bon programme. Autrement dit : « pas de bonne réponse sans bonne question ».

La programmation est une phase essentielle. Entre autres, elle va permettre de définir le contexte dans lequel va s'inscrire l'ouvrage. Dès lors, il convient de connaître comment le programme se construit, ce qui soulève un certain nombre de questions :

- Comment les maîtres d'ouvrages posent la question du contexte urbain d'une opération ?
- Comment posent-ils la question des espaces, des usages, des attentes ?
- Quelle performance énergétique exiger, comment la formuler, comment ensuite la garantir ?
- Quels sont les points sensibles d'un programme où la performance énergétique est poussée très loin ?
- Quelle réaction des maîtres d'ouvrage par rapport aux projets CQHE présentés ce matin ?
- Quelle articulation entre les usages et la performance énergétique, et comment concilier au mieux ces deux types d'exigences ?

Lors de cet atelier, deux grands témoins ont apporté leur expérience et leurs réflexions sur le sujet :

- Emmanuel TUAL, Paris-Habitat (120 000 logements), directeur de la délégation au développement durable.
- Marc BONNAURE, Vilogia, maître d'ouvrage.

E. Tual indique que Paris Habitat s'est doté en 2006 d'une charte de Développement Durable, orientée objectifs et performances, charte développée avec l'appui du CSTB. Cette charte a fait évoluer leurs cahiers des charges et leurs programmes, mais ça ne permet pas aux concepteurs de répondre correctement, il faut aller plus loin.

Selon E. Tual, on est sur un changement de référentiel, et la maîtrise d'œuvre n'a pas forcément toutes les clés et toutes les compétences pour répondre. Les cahiers des charges de Paris Habitat ne sont pas stricts et rigides, le maître d'œuvre peut y déroger. L'important c'est le rapport de confiance entre Maîtrise d'Ouvrage et Maîtrise d'Oeuvre.

A noter la contrainte très forte de la « Loi handicap ».

Au sujet de l'énergie, il faut « se projeter », c'est-à-dire il faut anticiper les usages, et intégrer les modalités d'exploitation et de maintenance.

Une architecte de la salle interroge les maîtres d'ouvrage pour savoir s'ils collectent les retours d'expériences, en termes d'énergie, d'usages, de plan-type, etc.

Par exemple, un problème de comportement est observé depuis une trentaine d'années : l'obstruction des entrées d'air par les occupants, même dans le neuf (dans le cas très répandu de la VMC simple-flux). Le double-flux, même s'il est prévu au concours, est abandonné en général en cours de route, au profit d'une VMC hygro, qui s'impose finalement comme mono-solution.

Il convient d'arrêter de fonctionner en « B to B » (de professionnel à professionnel) mais de fonctionner en « B to C » (du professionnel au consommateur final). Cela est d'autant plus nécessaire avec les bâtiments BBC (actuellement tous les programmes de Paris Habitat sont BBC).

Marc Bonnaure propose une méthode pour progresser avec les habitants : tester les solutions en vraie grandeur, de façon contrôlée et suivie. En d'autres termes, il faut faire des « prototypes », les suivre dans le temps, ce qui fait que l'on acquiert de l'expérience, pas à pas, et cette expérience doit être partagée.

Il faut aussi noter que, chez les maîtres d'ouvrages, les métiers sont distincts : le monteur de l'opération est différent de celui qui gère, et ce dernier est différent de celui qui collecte les loyers. On en déduit que la « boucle » a du mal à être « bouclée », même au sein d'un même organisme.

Les maîtres d'ouvrages réalisent des enquêtes de satisfaction, et recueillent de nombreuses remarques sur le chauffage et l'ECS. Par exemple, peu d'occupants savent manipuler les thermostats d'ambiance électroniques, les systèmes mécaniques à molettes finissent par les remplacer car ils sont plus simples et plus facilement appropriés.

E. Tual estime qu'on fait évoluer notre comportement quand le groupe change de comportement.

Une discussion intéressante a ensuite eu lieu sur la notion d'optimisation, notion déjà évoquée à plusieurs reprises dans les présentations de la matinée. E. Tual a quelque peu surpris l'auditoire en affirmant que l'optimisation est une mauvaise chose. C'est une démarche très française, inscrite dans notre culture. Au final, on prévoit plus que ce qui est strictement nécessaire. Selon lui, l'optimisation est en opposition avec la notion de Développement Durable. Si l'on vise le moyen ou long terme, il ne faut pas optimiser. Avec le BEPOS on va encore chercher à optimiser. Par exemple, sur un bâtiment déjà sobre en énergie (60 kWh/m²/an) on va rajouter du solaire, mais ensuite ce sera une catastrophe en terme de gestion, la solution n'est pas pérenne. Attention au regard monocritère, qui va à l'encontre du développement durable.

S. Nibel pense que pour faire une optimisation correcte, il faut les bons critères, et les bonnes limites du système. Une optimisation qui néglige certains critères influents ou qui ne raisonne pas suffisamment globalement peut être faussée et aboutir à de mauvaises décisions.

La question de l'évolutivité est ensuite abordée. E. Tual prend l'exemple des parkings souterrains : ils sont chers à construire, peu remplis en réalité, et on ne sait pas en quoi les reconverter dans le futur, compte tenu de la faible hauteur sous poutre. D'une façon plus générale, devant une exigence d'évolutivité des espaces, E. Tual obtient très peu de réponse de la maîtrise d'œuvre, voire aucune. Il y a comme une autocensure de la maîtrise d'œuvre sur ces questions, visiblement à cause des surcoûts induits. Le système poteaux-poutres, facilitant l'évolutivité, est vu comme étant plus cher que le voile banché, ce dernier correspondant à une solution « optimisée » du point de vue des entreprises. Autre évolution à intégrer : l'augmentation de la stature des gens, qui devrait entraîner entre autres des portes plus hautes.

Il est vrai qu'il est difficile d'anticiper l'avenir... A ce propos, l'avenir nous réserve des changements climatiques, d'ailleurs déjà en marche, comment les anticiper, comment s'y adapter, notamment du point de vue du confort d'été ? Il convient de noter que le Plan Climat de Paris vise une réduction des gaz à effet de serre de 30% à l'horizon 2020, et le « facteur 4 » en 2050. Pour Paris-Habitat, le confort d'été est très important. L'isolation thermique extérieure est le choix de la maîtrise d'ouvrage, mais quelquefois en cours de route, le maître d'œuvre veut revenir à une isolation intérieure, moins chère, ce qui dégrade l'inertie thermique.

Un vrai sujet de travail est constitué par les « espaces collectifs partagés ». Il faut une appropriation de ces espaces par l'usager. E. Tual cite l'existence de projets alternatifs de jardins partagés, en pied d'immeuble, qui marchent très bien. Il pense que si l'on crée de la densité, il faut aussi créer de « l'aération », de la respiration, de la convivialité. S'occuper de son jardin peut éviter les transports du week-end. Il est donc important d'avoir une approche globale, même si bien souvent les bailleurs se focalisent sur les espaces intérieurs de leurs bâtiments et se préoccupent peu des espaces urbains. Par ailleurs, les espaces collectifs partagés représentent un surcoût. Comment les financer ? La Collectivité pourrait-elle y aider ?

Un bureau d'études interpelle le PUCA : quand passe-t-on à l'action ? Il faut de vrais projets construits, car il y a urgence. H. Trancart estime qu'il faut creuser les projets CQHE, étudier les plans

ensemble, en associant maîtres d'ouvrages, architectes et ingénieurs, et anticiper les questions d'usage, le fonctionnement du bâtiment et de ses équipements, ainsi que l'entretien-maintenance.

M. Bonnaure pense qu'il faut tester les solutions pas à pas, qu'il faut donner envie à l'utilisateur. Cela peut se faire par des effets « boule de neige », d'entraînement, à partir d'un bâtiment. Il est évoqué la notion de « loyer chauffé » intégrant le chauffage, mais c'est interdit en France, quoique autorisé en Allemagne. Il faudrait donc toiletter la réglementation sur ce point. Un maître d'ouvrage a évoqué la notion de « sous-loyer » en cas de bonne gestion énergétique par l'occupant, ou une sorte de bonus/malus.

M. Bonnaure revient sur la question des usages. La « pièce en plus », il faut y réfléchir. Le balcon, il faut travailler sur son usage. Les espaces communs publics devraient être plus importants, à mutualiser au niveau du quartier.

Un participant (Eiffage) demande pourquoi on va jusqu'à des bâtiments BEPOS ? Faire du BEPOS, cela pose le problème de l'équilibre financier. La production d'énergie sur place implique des équipements, donc des surcoûts, sans compter les problèmes de fin de vie posés par les panneaux photovoltaïques. Ce participant indique que l'on ne maîtrise pas encore bien les projets BBC, et que l'on va trop vite en parlant BEPOS. Pour S. Nibel, cela renvoie au contexte, au potentiel du site. D'où l'importance de faire une analyse de site multicritère en préalable du programme, afin de « régler les curseurs ». Le projet essaiera ensuite de tirer le maximum du potentiel du site, que ça conduise vers un BEPOS ou non. De son côté, une personne du centre de recherche de GDF-SUEZ indique qu'elle est favorable à la production d'électricité décentralisée et décarbonée.

M. Bonnaure énumère les points sur lesquels il voit des enjeux, énergétiques et autres :

- la cogénération, même si ce n'est pas du BEPOS, c'est de l'efficacité énergétique, car cela évite les pointes et augmente le rendement,
- la récupération de chaleur sur les eaux usées, c'est un sujet sur lequel il faut avancer,
- les capteurs, ça chauffe, il faudrait récupérer cette chaleur,
- il y a des leviers à différents niveaux (vitrages, récupération d'énergie) pour améliorer la performance énergétique,
- il faut aussi raisonner « cycle de vie » pour les matériaux et équipements : énergie grise, recyclage en fin de vie...
- il y a aussi des enjeux sanitaires à travers la qualité d'air intérieur, notamment les émissions de formaldéhyde. Sont aussi impliqués les réseaux d'air et les réseaux d'eau.

Il est évoqué la question de l'écrêtement des pointes. Par exemple la CPCU doit faire face à des pics de consommation à certaines heures. Il faudrait des systèmes locaux de stockage d'énergie, mais qui les finance ?

Il est nécessaire de dépasser l'échelle du bâtiment et de travailler à l'échelle macro (urbaine), mais il y a des verrous juridiques à lever.

> Atelier 3 : le montage d'opération

Quels montages financiers, administratifs pour réaliser des opérations de construction de logements neufs ou en réhabilitation, visant le niveau de performance BEPOS, compatibles avec la maîtrise de la qualité et des coûts ? Quel périmètre d'opération définir : faut-il associer construction neuve et réhabilitation, peut-on envisager d'introduire la mixité d'usage ? Quel montage opérationnel : faut-il utiliser une procédure de conception-réalisation, envisager le dialogue compétitif ?

La collectivité locale

Garante d'un projet urbain de qualité, la collectivité est responsable de la fourniture d'énergie, et organise éventuellement la mutualisation de la production d'énergie au niveau de l'îlot.

La question de la mixité mérite également d'être appréhendée en finesse, à l'échelle des quartiers, voire des îlots, pas uniquement au niveau du bâtiment. La mixité fonctionnelle au niveau de l'immeuble est difficile à gérer, de même que la mixité location-accession.

La qualité de la localisation et du projet urbain est la priorité absolue. Au regard des enjeux du développement durable, des disparités de dynamiques territoriales et des risques de fragilisation sociale des clients du logement social, c'est la meilleure assurance de pérennité du patrimoine et d'adaptation aux besoins.



L'organisation de la maîtrise d'ouvrage

Réaliser des bâtiments performants impose au maître d'ouvrage l'acquisition de compétences diverses dans la conduite d'opération (monteur, financeur, juriste, technique) et le recours à l'assistance à maîtrise d'ouvrage.

Le programme

L'aspect thermique n'est pas le moteur de la conception des logements. Le produit logement doit présenter une qualité globale, répondre à l'objectif de loger le plus grand nombre à un prix compatible avec leurs ressources.

Il faut ménager l'avenir, en réduisant l'empreinte environnementale du patrimoine, en s'assurant de son potentiel d'évolution, de transformation et d'amélioration des ensembles immobiliers.

L'objectif de réaliser des bâtiments à énergie positive ne sera atteint que par paliers, et l'objectif premier est de consommer peu d'énergie.

Les solutions constructives doivent apporter à l'utilisateur un logement confortable, efficace, économe, avec des solutions techniques simples pour l'utilisateur.

Les opérations lancées par les bailleurs sociaux sont majoritairement des opérations de petites tailles, de l'ordre d'une vingtaine de logements, et peut constituer un frein à la production d'énergie.

Le mode de dévolution des travaux

Organiser le dialogue avec l'architecte et le bureau d'étude en amont, pouvoir utiliser le dialogue compétitif pour le neuf.

Concevoir en amont les détails de l'étanchéité des bâtiments, et rémunérer les études d'exécution qui doivent être faites très en amont, par la maîtrise d'œuvre et non plus par les entreprises.

Former les maîtres d'œuvre.

Privilégier la procédure de conception réalisation, ou au moins le marché à entreprise générale, pour gérer les interfaces entre entreprises.

L'ingénierie financière

Il manque 20% pour équilibrer les opérations de bâtiments performants.

Les mesures prévues par le Grenelle II sont très attendues pour diminuer les coûts, notamment ceux prévus pour favoriser la sur densité (surface simplifiée, pas de surface taxée pour les serres bioclimatiques, suppression de la limitation des annexes, sur COS de 30% en cas de performance énergétique)

La possibilité de faire payer un «loyer chaud » (loyer + chauffage conventionnel)

Les logements HLM ne peuvent être construits qu'en zone tendue, là où sont les besoins. Le coût du foncier pénalise les opérations et des aides sont nécessaires pour l'équilibre financier.

La réduction du coût des opérations passe par la maîtrise des coûts des solutions constructives : il faut capitaliser les expérimentations (CQFD, REHA...)

La superposition des réglementations pénalise l'équilibre financier des opérations et il serait important de réduire les contraintes.

Les pistes de réduction :

- la réglementation handicapés devrait être allégée et ne pas concerner tous les logements
- les équipements techniques imposés par les collectivités (stockage d'eau pluviale à la parcelle, à l'immeuble)
- le câblage des bâtiments
- les parkings

Compte tenu des tensions qui risquent de peser durablement sur la solvabilité de la clientèle du logement social et de la montée des phénomènes de précarité et de paupérisation, il est impératif de maîtriser, voire de réduire le prix de revient et le niveau de quittance pour une partie significative de la production. Toute la difficulté sera de le concilier avec un cadre réglementaire peu accommodant et des attentes fortes de qualité.

> Restitution des ateliers

Atelier 1 : la conception, architecture et innovation

Rapporteurs : Olivier Gaudron, PUCA, Jean-Marie Alessandrini, CSTB

L'atelier s'est structuré autour de deux témoignages :

- Une opération du Foyer Rémois
- Une opération du Toit Vosgien.

Pour parler de l'innovation en architecture et l'énergie.

Le rendu de l'atelier permet d'identifier ce qui est mûre de ce qui est à expérimenter de ce qui porte un potentiel d'innovation.

Ce qui est mûre : plutôt la technologie et l'enveloppe

Les enveloppes dans ses détails avec le traitement des ponts thermiques et de l'étanchéité pour atteindre le niveau d'exigence très élevé pour l'isolation et la perméabilité à l'air.

Les systèmes de récupération sur l'air (double flux, double flux thermodynamique, récupération de la chaleur du sol : puits climatiques, les systèmes qui assurent eau chaude et chauffage)

Ce qui est à expérimenter

Certaines réglementations devraient être mises en parallèle de manière à s'assurer de leur bonne cohérence. Certains points peuvent être bloquants, notamment entre les exigences thermiques et la réglementation incendie. L'isolation par l'extérieur questionne la réglementation incendie en partie sur la règle des c+d.

Le rôle du maître d'ouvrage se modifie. Il se professionnalise. De nouveaux métiers dans la maîtrise d'œuvre apparaissent comme le lot « étanchéité » ;

L'articulation entre l'architecte et le bureau d'étude, la préparation du chantier, la réalisation par les équipes, le contrôle, toutes ces actions prennent du temps ; Il y a une redéfinition des savoir faire et du temps passé. Les projets voient leur temps d'étude augmenter, il doit donc être apprécié à sa juste valeur.

Il faut modifier les pratiques : par exemple le contrôle doit être instrumenté et ne plus se limiter à une appréciation à l'œil. Ainsi on améliore le process de chantier.

Les perspectives pour l'innovation

Il faut établir le contexte au sens large. Il contribue à aider la conception à répondre au mieux de la demande de la maîtrise d'ouvrage.

- Bien définir les usages du bâtiment de manière à faire converger prédiction et consommations effectives. L'impact de l'usage dans des bâtiments avec de faibles besoins est très important. Un facteur 3 a été observé entre deux logements sur la consommation de chauffage du fait des différents niveaux de confort thermique exigés par les occupants. Comment introduire le plus en amont possible dans la conception l'usager ?
- Bien définir le potentiel du site et comment l'exploiter ?

A propos de la conception, les échanges entre maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvres se font au cas au par cas. Comment peut on aller plus loin et rendre plus générique ces façons de faire, les formaliser et les transmettre en vue d'accompagner les échanges les équipes dans la conception ?

Sur l'aspect de la faisabilité :

- Les technologies associées à l'enveloppe semblent mûres sur des formes classiques, mais quand est-il sur des formes plus originales ? Savons-nous faire des façades plus vitrées ?
- La réalisation de ces enveloppes nécessite beaucoup de temps pour la conception, pour dessiner chaque détail, pour préparer le chantier, pour réaliser, pour soigner la réalisation et pour le contrôle. Ce temps est associé à un coût. Quelles sont les techniques, les moyens à développer pour réaliser ces produits au même coût que les composants traditionnels ? Pour reprendre l'objectif du projet EFFIBAT comment faire mieux avec moins ?

Atelier 2 : le programme comment établir la cohérence globale du projet

Rapporteurs : Sylviane Nibel, CSTB, Hervé Trancart, PUCA

Les éléments de synthèse présentés par Sylviane Nibel lors de la restitution des ateliers en séance plénière sont les suivants :

Comment le BEPOS questionne le programme

- On est sur un changement de référentiel, la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre doivent s'y adapter
- La question de l'échelle pertinente pour les BEPOS est posée : il est nécessaire de considérer une échelle plus macro, au-delà du bâtiment lui-même. Echelle de l'îlot, du quartier ? Il y a des verrous juridiques à lever

A partir de quels éléments se définit le programme : usage et environnement

- Il faut passer du « B to B » au « B to C »
- Les espaces collectifs partagés sont un vrai sujet
- La densité, oui, mais besoin d'espaces de respiration, de détente (ex jardins partagés) sinon on risque un impact en termes de transport (on a besoin de partir ailleurs le week-end)
- Importance d'une bonne analyse du site, du contexte urbain, de façon multicritère, dans le but de dégager un « potentiel » pour le projet, l'exploitation de ce potentiel n'aboutissant pas forcément à un Bepos



Comment exprimer l'exigence

- Attention à la notion d'optimisation, elle peut être en opposition avec le Développement Durable.
- En matière d'énergie, il faut « se projeter », à la fois dans le temps, et en matière d'usage et d'exploitation-maintenance
- Il convient de raisonner en coût global

Quelles interrogations pour compléter le programme

- Il convient d'anticiper le moyen et le long terme, et se poser notamment les questions suivantes pour le long terme :
 - Devenir des parkings souterrains (faible hauteur sous poutres)
 - Fin de vie des panneaux PV
 - Changement climatique et impact sur le confort d'été
 - Evolutivité des espaces
- Une inquiétude des maîtres d'ouvrages : comment les solutions évoquées vont pouvoir se financer ? (pièce en plus, espaces communs, services à mutualiser, etc.). Quid de la participation de la collectivité à ces surcoûts ?

Comment progresser

- Importance des retours d'expérience (usages, consommations, couts d'entretien-maintenance...)
- Faire des prototypes, tester en vraie grandeur, dans le temps, et partager les expériences
- Il faudrait creuser les projets CQHE, en rassemblant des maîtres d'ouvrages et des concepteurs, et travailler sur les usages notamment, voir comment les projets vont fonctionner une fois occupés (scénarios), tant au niveau du bâtiment lui-même que des espaces et services urbains.

Atelier 3 : le montage d'opérations

Rapporteur : Françoise Baudouin, PUCA

La commande de logements au niveau BBC est commune à ce jour. Maintenant on commence à aller plus loin et arrive des commandes des logements à énergie positive.

La mixité doit être organisée au niveau de l'îlot et non du bâtiment qui est en général de taille modeste de l'ordre de vingt logements. La collectivité locale doit s'impliquer pour organiser cette mixité ;

On a besoin d'une maîtrise d'ouvrage forte. Elle est actuellement multicarte, juriste, financier, technique, elle doit se professionnaliser. Il faut aller vers la conception et la réalisation pour accompagner la professionnalisation de la maîtrise d'ouvrage et dialoguer avec les équipes. Le dialogue entre maîtrise d'œuvre et bureau d'études doit se faire très en amont et il faut veiller à harmoniser les études.

Les actions prévues dans la loi de Grenelle 2 doivent se mettre en œuvre. Le « surcos » de 30% doit venir sur le marché.

Il faudrait transférer une partie des charges sur le loyer avec le souci de solvabiliser le ménage. Il faut maintenir le montant du couple loyer + charge ;

Comment diminuer le coût du foncier car on construit presque exclusivement dans des zones tendues ? Là encore il s'agirait de se rapprocher des collectivités.

Il faudrait réfléchir à comment maîtriser les coûts pour les solutions constructives, par exemple en capitalisant les expériences.

Il faut alléger les réglementations car on assiste à une sur enchère d'équipements ce qui ne va pas dans le sens de la maîtrise des coûts.

> Conclusion et perspectives par Michel Macary, architecte

J'ai le sentiment qu'entre ce matin et cet après midi, on est passé du rêve à la réalité. Les expérimentations et les expériences supports aux ateliers de cet après-midi montrent qu'il y a un gigantesque décalage entre les projets conceptuels de CQHE et les réalisations. Mais, on voit aussi, pour la première fois, qu'on est devant un système intellectuellement ouvert. En effet, tout le monde a envie de se consulter et de partager ses expériences à des niveaux et à des échelles différentes, de la ville à un système constructif intelligent.

On a alors l'ambition d'aider le programme BEPOS à trouver sa place et à communiquer sur le sujet. Il s'agit de voir ce que d'autres peuvent en tirer de manière à pousser des recherches qui vont du développement de systèmes pointus en voie de finalisation à des travaux qui sont de véritables ruptures et peuvent amener des idées nouvelles. Les deux doivent être encouragés.

Notre plateforme est peut-être trop ambitieuse, la notion de BEPOS ne fait pas l'unanimité, elle énerve parfois, mais c'est aussi un logo, une bannière, lisible et utile pour rassembler et motiver les gens au-delà des secteurs de la recherche, de la maîtrise d'ouvrage ou de la maîtrise d'œuvre. Mais il ne faut pas que ce soit une « tarte à la crème », donc il faut préciser ce concept.

Je reste donc très positif car il y a pour la première fois une rupture dans la façon de travailler.

Nous, architectes, nous avons l'habitude de nous professionnaliser. Il s'avère que la maîtrise d'ouvrage sait ce qu'elle veut, par ses expériences acquises et la gestion de parcs locatifs importants. Elle a une connaissance réelle et très concrète de l'usage et de la façon d'habiter des gens. Le dialogue entre maître d'ouvrage et architecte va permettre de « sortir », peu à peu, des bâtiments énergétiquement performants qui répondent à une qualité multicritère.

Il y a une population qui nous attend. On va pouvoir travailler à partir de cet usage, de cette programmation qui n'est pas préétablie et qui tient compte des évolutions et de ce qui s'est fait sur le sujet. La rencontre des deux va permettre à l'architecte de retrouver une liberté d'expression architecturale qui pourra montrer à un public important ce qui se fait.

Le programme du PUCA et le PREBAT permettent de faire se rencontrer des acteurs, de promouvoir la recherche et le développement jusqu'à l'expérimentation qui, dans notre secteur, est indispensable. Je rêve donc qu'un jour on puisse faire ensemble un « village expo » pour que les gens puissent venir voir et diffuser l'information sur les BEPOS. Les choses vont se faire petit à petit et on a l'intention de vous solliciter et de partager avec vous les expériences que l'on pourra découvrir et connaître.

CQHE éléments de synthèse : Développement Durable

Enjeux de l'expérimentation

Il n'est pas indifférent de rappeler que le Développement Durable porte sur le social, l'économique et l'environnement.

L'appel d'offres portait sur ces trois thèmes à travers le renouvellement typologique des formes d'habitat, les modes de production du logement et ses incidences sur la ville tout en visant les économies d'énergie.

Ainsi, les projets illustrent par des solutions variées les conditions des économies d'énergie tout en développant les thèmes de mixité sociale et fonctionnelle, de diversification des usages, de potentialité d'insertion urbaine et de densité, de renouvellement des images architecturales à travers des modes de production variés et flexibles dont l'industrialisation des façades ou de Plugs, éléments additionnels que l'on retrouve dans les propositions du programme REHA.

Cette synthèse a vocation à soulever des questions, à évoquer des solutions ou des pistes de nouvelles recherches. Leur diversité tant typologique que formelle est garante d'une évolution dans la flexibilité en tenant compte de la complexité des questions posées.

Synthèse à deux voix, elle est partie du suivi des recherches par un ingénieur, Jean-Marie Alessandrini du CSTB et un architecte, Marie Christine Gangneux conseil du PUCA.

Une vision commune a permis de vérifier la concordance des points de vue, architectural et technique. La vérification de la cohérence des projets de ces deux points de vue, est l'objectif visé.

Ainsi, la notion de confort fait écho à la définition des besoins et des usages, l'intégration des solutions d'enveloppes impacte sur les options d'équipements visant des solutions passives et les choix constructifs redistribuent les contraintes apportant de nouvelles formes ou images architecturales plus compactes et plus complexes.

La question de l'occupant est au centre de l'évaluation en ce qu'il doit pouvoir maîtriser son environnement à travers des systèmes à ergonomies simples tout en acceptant une gestion par des automatismes.

EQUIPES CQHE

OPTIMISATION DE LA FAÇADE NORD : Altersmith architecte, Cardonnell Ingénierie, Batiserf, St Gobin Glass, TECHNAL.

'Le building concept est une problématique d'interaction entre la manière d'habiter contemporaine et un enjeu d'efficience énergétique'.

MINITOUR : Architecture Studio, QUILLE, Alto Ing., ECO CITÉS.

'La Minitour à très haute qualité environnementale et très basse consommation a vocation à réconcilier le citoyen et l'habitat collectif (TIKOPIA)'.

EFFIBAT : Claude Franck architecte, Centre Energétique et Procédé (CENERG), GTM, VINCI.

'EFFIBAT est un concept à performances BBC et à très bonne optimisation économique. Le concept est destiné aux centres ville et aux faubourgs'.

IMPACTE : Architecture Pelegrin, E. Pelegrin-Genel, Pouget Consultants, CETBA, TBC.

'Le concept s'appuie sur des strates qui permettent de capter des énergies renouvelables et de transférer des calories suivant l'usage et la fonction'.

BATIMENT CONCEPT : tectône architectes, RFR éléments, TERREAL.

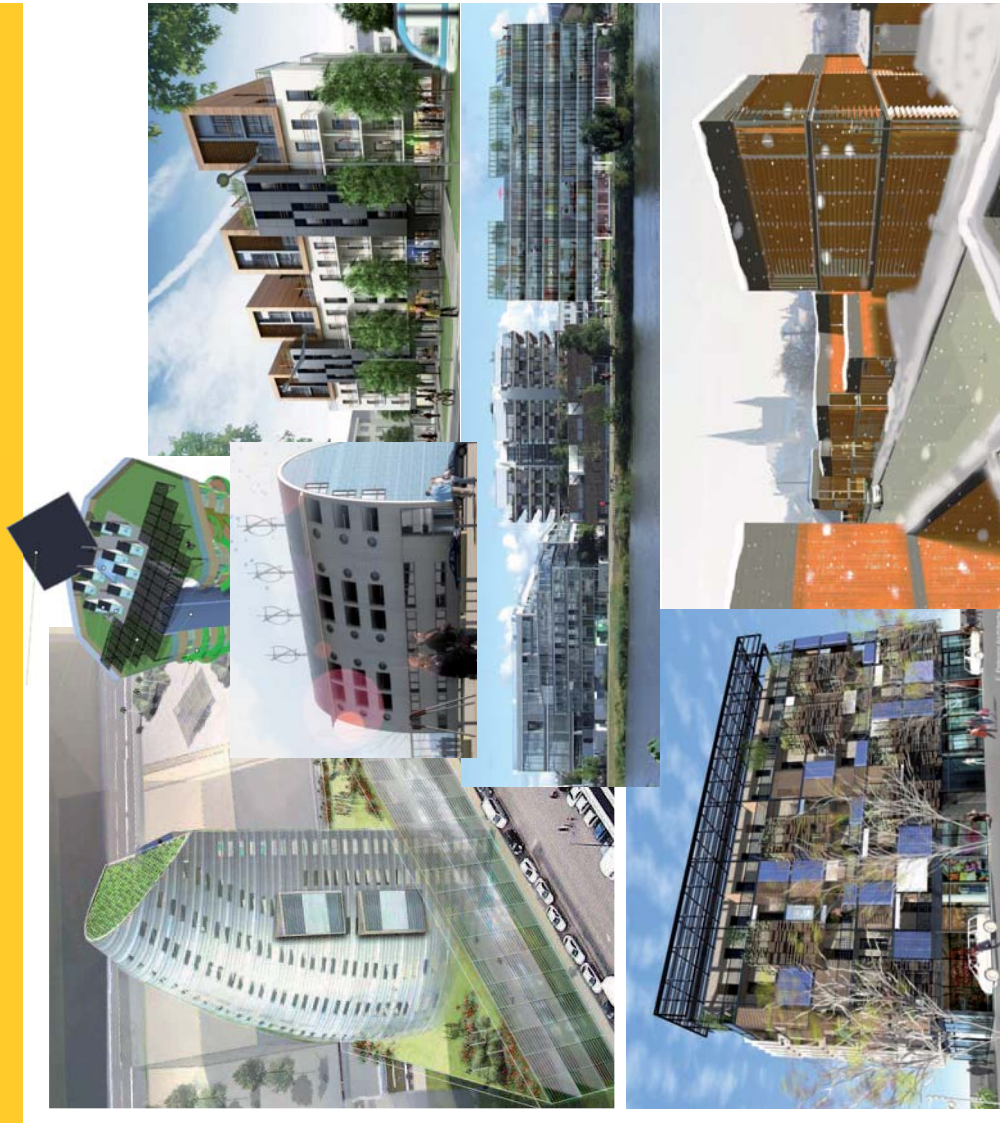
'Un habitat pluriel associant densité et mixité, à partir d'éléments modulaires dérivés de la terre cuite ou crue pour le transfert de calories et du rayonnement'.

BBEFM : aaPGR architectes, N. Chauvineau Ing., WATTS.

'Le concept est un bâtiment évolutif dont l'amélioration continue est programmée'.

ECOLOCATIF EN BOIS : ARCHIC architectes, LIGNATEC-KLH, CNDB, STEUERWALD, Ecobanques.

'Immeuble à loyer décent, économe en énergie et construit en bois'.



**Une performance multicritère
à relativiser en fonction du contexte**

La comparaison entre projets est délicate dans la mesure où chaque équipe s'est construit son propre contexte et ses propres scénarios d'usage. Si la performance est jugée en fonction d'un contexte et

de ressources, elle ne peut dépendre du seul maître d'ouvrage. L'analyse est multicritères : consommation d'énergie, confort, coût global, énergie grise, ACV, production d'énergie. Quelques valeurs sont présentées

ici pour donner un ordre de grandeur. Elles dépendent des hypothèses prises. Dans la perspective d'une réalisation elles peuvent servir de référent à un échange entre maîtrise d'ouvrage et équipe de conception.



Projet	Expression de la performance	Postes de consommation et production locale
Bâtiment en R+7 de 12,5 m d'épaisseur de 3 à 5 niveaux de logements de type T3 ou T4 traversants de 70 à 90 m ² hab. SHON=1,6 SHAB façade nord vitrée. Réalisé pour le nord ouest	Consommation-production PV locale = 19kWh/m ² SHON/an Coût : 1713 euros HT/m ² SHAB Appréciation du confort d'été sur la température d'air avec un seuil à 29°C.	Chauffage, ECS, auxiliaire, ventilation, éclairage Production locale de 12 kWh/m ² /an par panneaux photovoltaïques
Mini tour de 77 logements de 70 m ² de moyenne Fonctionne bien pour les zones H1 et H2	Consommation-production PV locale = 19 kWh/m ² /an 2400 euros HT/m ² SHAB Seuil de 28°C pour la TIC	Chauffage, ECS, ventilateurs, pompes, éclairage Production PV=12,9
Bâtiment compact en R+6 avec des bureaux au nord et 16 logements en duplex au sud Zone climatique H1a	Consommation-production PV locale = 20 kWh/m ² SHON/an 2007 coûts de construction définis dans l'Arrêté du 20 décembre +de 22% 24°C pour la TIC (la RT2005) en logement, 30°C en tertiaire	Chauffage, ECS, ventilation, auxiliaire, éclairage pour les commerces (600 m ²), les bureaux (2000 m ²), les logements (1400 m ²) Production PV équivalente à 20 kWh/m ² SHON/an
Bâtiment en R+7 de 12,5 m d'épaisseur de 3 à 5 niveaux de logements de type T3 ou T4 traversants de 70 à 90 m ² habitables Région parisienne	Consommation de 0 à 7 kWh/m ² SHON/an 1584 euros HT/m ² SHON hors parking	Chauffage, ECS, éclairage, auxiliaires Production PV de 60 kWh/m ² SHON/an

Architecture

Renouveler les images architecturales

Réduire les émissions de gaz à effet de serre

Formes architecturales et potentiel du Développement Durable. La diversité de projets part d'une nouvelle synthèse des contraintes qui portent sur les économies d'énergie, la densité, la compacité, l'orientation, la complexité fonctionnelle, sans remettre en cause la notion de confort. Le rapport structure/enveloppe s'en trouve modifié. Les systèmes passifs tendent vers une indépendance de l'une, garante de l'inertie du bâtiment, vis-à-vis de l'autre assurant son isolation. Ainsi les typologies et les formes architecturales sont modifiées sans que la morphologie urbaine n'en soit affectée: continuité urbaine, multiplicité des activités et proximité des transports en commun.

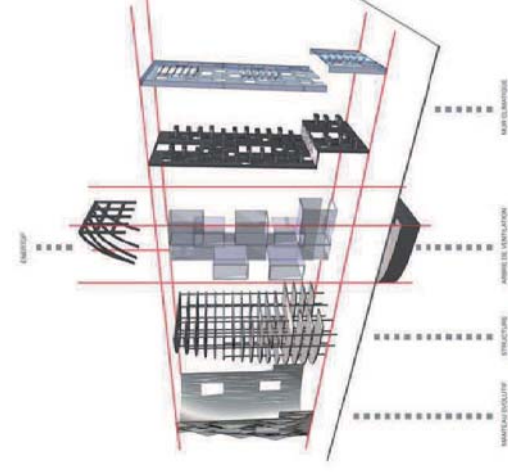
Renouveler la conception de l'habitat en optimisant la solution technique. Les dispositifs architecturaux et techniques d'économie d'énergie, actifs ou passifs, sont au cœur des préoccupations des concepteurs qui travaillent en équipes pluridisciplinaires : Jardin d'hiver, véranda solaire, cellier technique, 'pièce en plus', patio, plan libre, addition de modules, double orientation, superposition des fonctions et équipements renouvelent les dispositions et les fonctions des pièces de l'habitat qui semblent devoir s'adapter aux besoins suivant les saisons et la volonté des occupants.

Actualiser les modes de construction. Prendre en compte le cycle de vie des matériaux et des techniques d'un bâtiment pour en réduire l'impact CO2 réinterroge la production industrielle du secteur bâtiment, les procédures de chantier, la qualité de la mise en œuvre et la pérennité des ouvrages en évaluant l'exploitation. La diversité des projets réévalue les matériaux vis-à-vis de leurs performances : béton pour l'inertie thermique, composants bois pour l'isolation, les briques crues ou cuites, les structures métal pour les additions. Les innovations futures sont intégrées dès la conception. L'évaluation des recherches passe par la flexibilité des solutions et la complexité des paramètres intégrés.

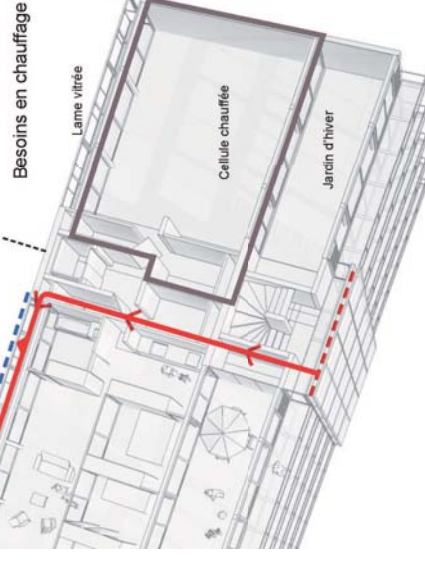
Une démarche commune : la sobriété énergétique. Dans la perspective de réduire les émissions de gaz à effet de serre, les équipes ont imaginé des solutions très différentes. En revanche, elles ont toutes adopté le principe de la sobriété énergétique. L'association de professionnels d'horizons diverses, a été un élément essentiel pour une approche pluridisciplinaire équilibrée de la conception pour viser un haut niveau de confort pour un coût global maîtrisé.

Des solutions intégrées au bâti. Chaque composant du bâtiment contribue à la performance énergétique. Les solutions pensées à l'échelle du bâtiment, ont permis de conserver une grande diversité face à la nécessité d'avoir un bâtiment fortement isolé et très étanche à l'air. Ainsi, une équipe a exploré une solution de façade nord vitrée dont les pertes de chaleur sont partiellement compensées par la récupération de calories dans un mur trombe au sud. La hauteur de la Minitour permet un système de renouvellement d'air adaptable aux besoins : pour l'hygiène, la récupération de chaleur passe par les serres en hiver, pour le rafraîchissement en été, les serres ont de larges ouvertures motorisées. Ces deux exemples illustrent comment l'agencement, la structure, l'enveloppe et la forme jouent un rôle dans la performance énergétique.

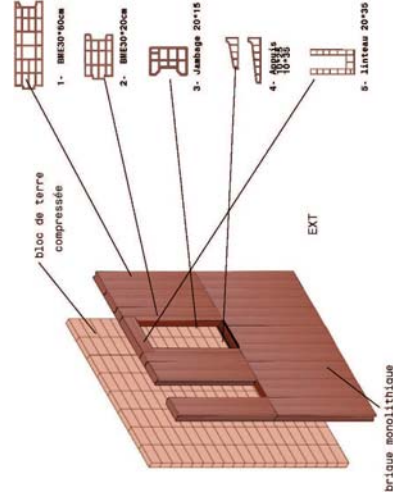
Des choix constructifs différents. Les matériaux sélectionnés en fonction de leurs caractéristiques physiques répondent à des exigences précises. La brique, le bois, le béton ou le métal sont associés pour répondre aux exigences du bâtiment : la brique crue a été travaillée pour maintenir un taux d'humidité dans les espaces en fonction de l'usage et du confort requis ; les pertes de chaleur d'une façade, compensées par les apports d'une autre, permettent de vitrer la façade nord ; la brique monolithique, les loggias en saillie ou le mur capteur dont les ouvertures et les protections solaires s'adaptent suivant les saisons, contribuent à la cohérence de chaque projet pour répondre à l'exigence de la sobriété énergétique et du confort.



Transfert d'air
Transfert d'air chaud depuis le mur trombe Sud vers la lame vitrée Nord
Débit: 240m³/h - Gaine Ø 200mm



Besoins en chauffage



- 1- BRICQ'BOIS
- 2- BRICQ'BOIS
- 3- Lissage 20*15
- 4- Appli 18*35
- 5- Linteau 20*35

Architecture

Diversifier les images architecturales

Réévaluer les contraintes

Diversité des formes architecturales :

Tour, immeuble villa, maisons en nappe
Les contraintes de densité et de compacité propres aux systèmes passifs ne remettent pas en question la diversité des typologies architecturales qui s'associent dans une ville dense où des services variés et des modes de circulations douces sont possibles : proximité et continuité en sont les clefs. Les tours, villages verticaux, des immeubles compacts intégrant des 'jardins' et des duplex et des maisons mitoyennes en nappes continues, apportent des qualités de vie semblables à celle de la maison individuelle dans des ambiances et qualités urbaines différentes. Les opérations intègrent des activités autres que le logement par superposition de commerces ou de bureaux dans les étages inférieurs et le rez-de-chaussée. Les transferts de calories sont alors possibles suivant l'occupation dans la journée.

Synthèse des contraintes pour renouveler les critères de qualité.

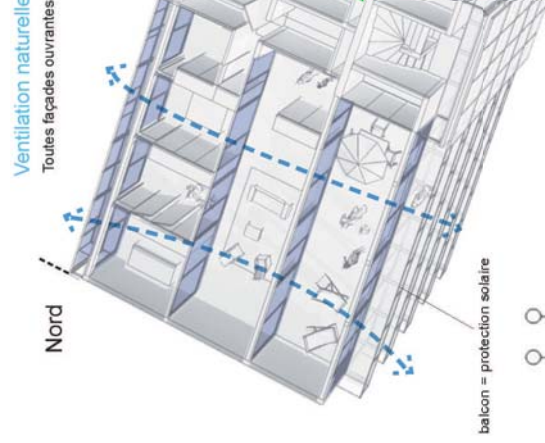
Un cycle de vie vertueux est un processus complexe qui associe pérennité, réversibilité et évolutions dans le temps, de la production des matériaux à la démolition/recyclage du bâti en passant par la construction et la maintenance. Le concept évaluant la brique crue ou cuite a finement étudié l'une et de l'autre dans les éléments de la construction à partir d'une optimisation du confort intérieur et de la pérennité tout en explorant le potentiel formel et la couleur. La cohérence de la synthèse des contraintes amène à interroger simultanément les choix structurels, l'enveloppe, l'isolation, l'étanchéité à l'air, à l'eau, le confort thermique, acoustique ou visuel, la sécurité incendie, l'hygiène et la qualité de l'air et le potentiel de l'énergie grise. Les points singuliers, en particulier les liaisons entre parois, impactent les détails de construction. La question de l'étanchéité en industrialisant des composants, s'exprime par une exigence de qualité de la mise en œuvre et du contrôle. L'enveloppe devient l'enjeu majeur des choix architecturaux et techniques, renouvelant les images et les process.

Densité et isolation une redistribution des contraintes.

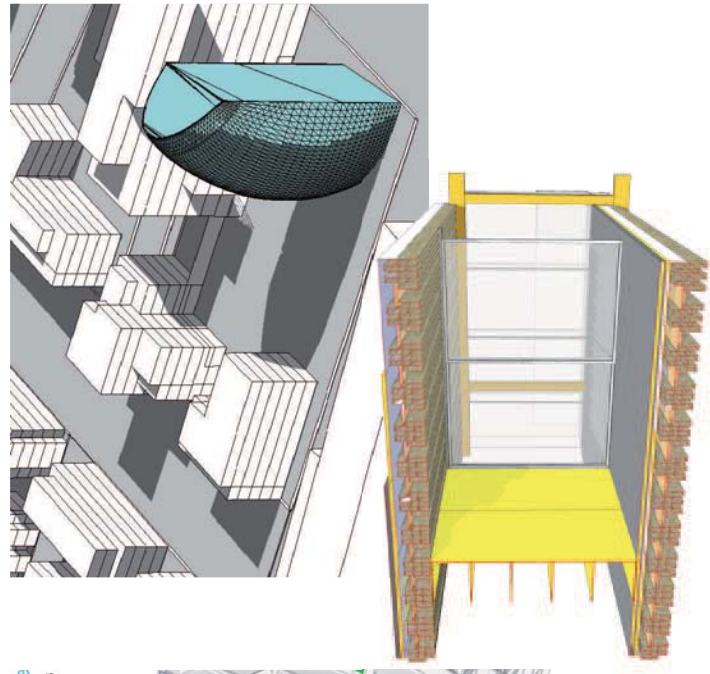
La conjonction d'un niveau d'isolation élevé et de la densité urbaine met l'accent, sur les interactions climatiques avec les bâtiments du voisinage et sur le confort d'été. Dans la logique de sobriété énergétique, les enveloppes sont conçues de manière à limiter les pertes de chaleur. Une très forte isolation et une bonne étanchéité à l'air sont les caractéristiques qui ressortent de chaque concept. Les consommations de chauffage sont fortement réduites. La récupération des apports solaires contribue à réduire des besoins de chaleur résiduels. Dans des zones urbaines denses, le bâtiment à haute performance énergétique doit veiller à limiter l'ombre portée sur les autres bâtiments qui ne sont pas au même niveau de performance, au risque de générer un bilan négatif pour une échelle spatiale plus grande. Une forme arrondie de tour a été imaginée dans le souci de limiter cet impact. La question du confort d'été redessine l'agencement des espaces. Les espaces ouverts dans les logements traversant d'une façade à l'autre, ont été travaillés de manière à faciliter l'évacuation de la chaleur pour garantir le confort thermique d'été. Le duplex avec une double hauteur de tirage thermique augmente les débits d'air.

Association des matériaux pour répondre aux contraintes.

Les solutions envisagées associent des matériaux en fonction de leurs caractéristiques et mettent en œuvre des techniques constructives diverses. L'association du bois pour la structure, qui présente un bon bilan carbone et une faible conductivité thermique, et du béton pour le plancher, qui possède une forte capacité de stockage de chaleur, est proposée de manière à réduire les ponts thermiques et augmenter l'inertie du bâtiment. En vue de réduire les pertes de chaleur et les pathologies sur les points sensibles de l'enveloppe, que sont les jonctions entre les parois, les concepts envisagent le recours aux rupteurs de ponts thermiques, à la structure bois, à l'isolation par l'extérieur ou répartie, la façade désolidarisée des planchers en mode de construction poteaux-poutres.

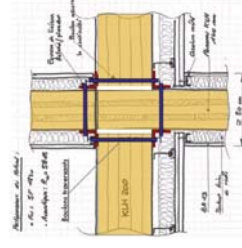


Ventilation naturelle
Toutes façades ouvrantes



Plancher Intermédiaire entre logements

$$\Psi = 0,182 \text{ W/m.K}$$



complexe isolant + chape
dalle BA de compression
potreau bois
menuserie ext.
chape ciment
rupteur
structure bois
plancher

Usages

Conception adaptée à l'évolution des usages

Conception facteur d'économie d'énergie

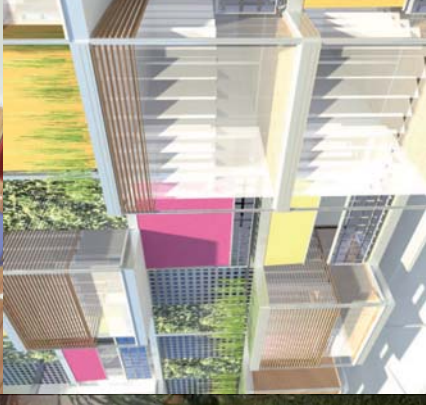
Mixité sociale. C'est un enjeu pour la ville de demain. La flexibilité des statuts, location ou accession, est posée dans toutes les problématiques des projets participant à l'expérimentation. Ils proposent des logements de taille variable pour répondre aux besoins des familles, des jeunes salariés ou des personnes âgées respectant ainsi un principe de mixité intergénérationnelle. Les espaces communs (halls, circulations, serres collectives, jardins, toits-terrasses) sont dessinés pour renforcer le lien social et intergénérationnel. La mixité fonctionnelle est prévue par superposition des fonctions, adossement des bureaux au nord et des logements au sud ou répartition dans l'îlot.

Espaces supplémentaires : jardin d'hiver, pièce sans fonction, serre... Les 'espaces tampons', dispositifs 'passifs', deviennent des pièces du logement qui participent activement de la vie des habitants: jardins d'hiver et vérandas solaires deviennent espaces de jeux, de repos ou de séjour en période estivale et en mi-saison. Ces espaces, en limite intérieur / extérieur, rapprochent le logement collectif des qualités de l'individuel. L'évolution de la famille et des activités non programmables sont prévues. La 'pièce en plus' permet d'accueillir un parent, un jeune ou des activités diverses (gym, bricolage, art...).

Réversibilité et plan libre : Transfert de l'immobilier vers le mobilier. La recherche d'une ventilation traversante pour le confort d'été et l'aération des logements a induit une véritable liberté d'appropriation des logements. Les modules ou les plateaux libres permettent tout type de cloisonnement, une organisation flexible des appartements et un réaménagement possible dans le futur. Certains projets vont plus loin en utilisant des cloisons mobiles qui intègrent des rangements et permettent une reconfiguration du logement au gré des saisons et des activités des occupants. Le mobilier de cuisine s'intègre à celui du séjour rejetant tous les éléments techniques vers un cellier fermé.

Espaces supplémentaires pour récupérer la chaleur et protéger du froid. Les réflexions sur l'évolution des foyers et sur les usages ont conduits les équipes lauréates à concevoir des espaces supplémentaires à usage libre. Cette évolution est une opportunité pour la sobriété énergétique. La serre, la loggia fermée, l'espace tampon solarisé sont présents individuellement ou collectivement dans tous les projets pour permettre de récupérer les apports solaires et contribuer au chauffage de l'ambiance. La présence d'ouvrants et de protections solaires permet de réguler l'ambiance thermique en période de forte chaleur. Inversement, circulations ou locaux de stockage, pour lesquels les exigences de confort sont plus souples, sont disposés au nord de manière à réduire les pertes de chaleur des espaces à occupation longue.

Espaces ouverts ou confinés : Confort d'été et besoins de chaleur en hiver. Selon les projets, l'agencement intérieur des logements a conduit à deux types de configurations aux conséquences sur les besoins énergétiques des bâtiments : D'une part, des plateaux libres qui présentent l'avantage de faciliter l'évacuation de la chaleur pour le confort d'été et un meilleur éclairage naturel. En revanche, le volume à chauffer est plus grand et le principe de ventilation par différence de pression pour l'hygiène est plus difficile à assurer ; D'autre part, des modules engendrant des pièces fermées, sur une trame qui autorise la reproduction. L'espace associé à une activité et à un niveau de confort, est clairement délimité réduisant ainsi le volume à chauffer et définissant le niveau de renouvellement de l'air. En revanche, le rafraîchissement en été, par ventilation traversante, est plus difficile à assurer et l'éclairage naturel dépend de la position dans la trame. Il ressort de ces recherches, une imbrication forte entre architecture et besoins d'énergie tant du point de vue quantitatif que qualitatif dont de nombreuses implications restent à explorer. Optimiser ventilation, chauffage, rafraîchissement et éclairage naturel conditionne la cohérence des concepts.



Usages

Evolution des usages dans la diversité

Impact de l'occupant sur la consommation

Renouveler l'offre par la différence et la qualité du collectif. Traditionnellement, l'habitat individuel s'apprécie parce qu'il assure intimité et liberté d'appropriation, mais il est pénalisant financièrement par le coût des déplacements vers les activités collectives (écoles, emplois, commerces, équipements, transports...). Les concepts tendent à renouveler l'offre de logements collectifs, pour les rendre plus attractifs en partant de leurs relations de proximité avec l'offre urbaine, et en reprenant des qualités de l'habitat individuel : intimité, espaces extérieurs et flexibilité.

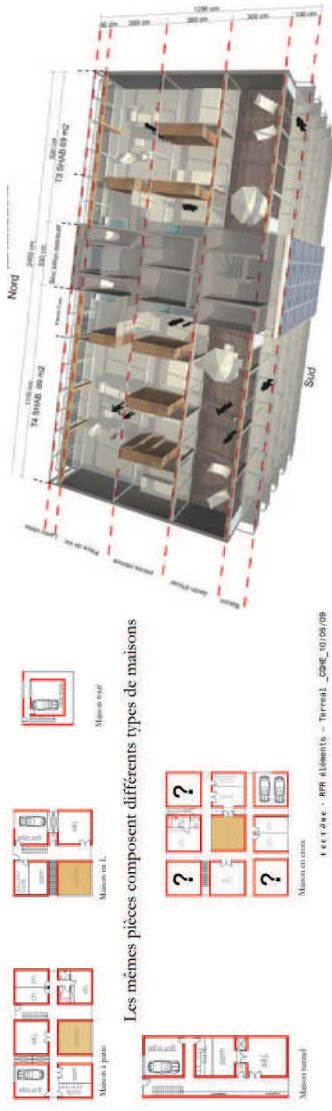
Equiper suivant la demande : Accepter l'intervention des occupants. La flexibilité et l'adaptabilité font l'objet d'une recherche systématique qui rend originaux les bâtiments concepts de cette expérimentation. Si les logements neufs correspondent aux besoins des habitants, de futurs changements sont possibles sans interventions lourdes. Les futures interventions sont anticipées et facilitées par les systèmes constructifs : la rénovation de l'enveloppe (désolidarisée structurellement du gros œuvre), l'installation de nouveaux dispositifs techniques d'énergies renouvelables (pré-installation des fixations, des réseaux électriques, dimensionnement adéquat des locaux techniques), la recomposition du logement individuel pour répondre à de nouveaux besoins de la famille (cloisonnement indépendant de la structure ou même cloisons mobiles). Anticiper les interventions, c'est aussi équilibrer automatismes et actions de l'occupant. L'information des occupants est souhaitable car elle lui permet d'optimiser ses dépenses et d'adapter ses comportements. L'optimisation en termes d'économies d'énergie ne pourra se gérer au seul niveau du bâtiment. L'échelle de l'ilot est indispensable à une bonne visibilité des dépenses énergétiques. Certains concepts étudiés portent un réel potentiel à devenir des bâtiments à énergie positive alors que d'autres ne permettront qu'une optimisation. La mixité des activités est un potentiel qui peut entrer en synergie si la raisonnablement est celui de l'ilot urbain.

Prendre en compte le foisonnement. Le cahier des charges des concepts exigent des enveloppes qu'elles soient très étanches à l'air et fortement isolées. La faiblesse des pertes de chaleur associée à des systèmes de récupération rend les besoins d'énergie très sensibles à la chaleur dissipée dans les logements due à l'activité humaine. Le dimensionnement des équipements et la performance des logements ont été estimés en phase de conception sur des scénarios conventionnels. Les équipes ont bien cernés l'enjeu et le comportement a été essentiel dans la conception avec la notion d'évolutivité et la répartition des espaces. Mais comment peut-on anticiper au mieux le comportement de l'occupant et son foisonnement dans un immeuble collectif ? Est-il possible d'impliquer plus en amont l'utilisateur final dans sa façon d'habiter ? En corollaire, dans quelles mesures l'architecture a-t-elle un impact sur le comportement ?

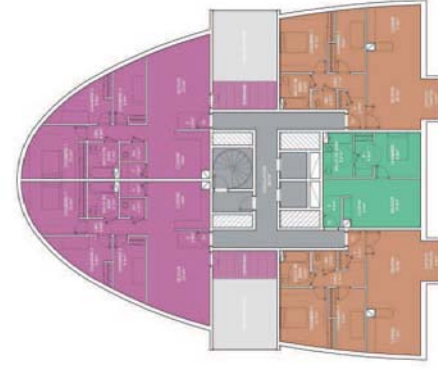
Aider l'occupant à gérer son ambiance. Pour l'anticipation, une première réponse vient des automatismes et de la simulation numérique. Les transferts de chaleur ne se voient pas, l'occupant n'est pas en mesure d'anticiper les réactions de l'enveloppe aux sollicitations thermiques extérieures et intérieures. Des automatismes, sur les protections solaires ou l'ouverture des baies, peuvent l'accompagner pour prévenir les situations inconfortables, par exemple en confort d'été, et l'aider à optimiser le fonctionnement de son logement. Par ailleurs, la demande de confort thermique doit être confrontée aux autres exigences de confort, visuel ou acoustique, de manière à ne pas déprécier le confort global. La simulation numérique présente un intérêt particulier pour paramétrer les automatismes et mesurer l'impact sur les autres exigences et les conséquences énergétiques. Elle a été largement utilisée pour le dimensionnement des concepts et pour prévoir la performance des bâtiments. Elle reste cependant fortement dépendante d'hypothèses comportementales qui devront être rediscutées dans le cadre d'une réalisation concrète avec le maître d'ouvrage.



concept
le plan neutre



Les mêmes pièces composent différents types de maisons



Insertion urbaine

Insertion urbaine des bâtiments BBC

Mixité d'usage & complémentarité énergétique

Mixité fonctionnelle. L'appel d'offres portait sur l'intégration de commerces, de tertiaire et de logements. La plupart des projets lauréats se veulent une nouvelle offre dans la ville existante, en proposant des commerces, de services de proximité, et des bureaux en liaison avec des logements suivant des modes d'association différents. La mixité fonctionnelle permet l'insertion des projets dans la ville et dans la vie de quartier. La base des minitours par exemple, suit le parcellaire et assure la continuité de l'espace urbain et de ses activités. La super structure de logements émergeant de la densité peut être orientée en fonction des contraintes solaires et profiter des apports calorifiques de dispositifs capteurs d'énergie renouvelables. Des installations communes autorisent des transferts de calories.

Densité & compacité. Les bâtiments optimisés du point de vue énergétiques mettent en évidence les coûts de transport des habitants et celui des infrastructures (création et maintenance de réseaux d'électricité, de gaz, d'eau et de canalisation, réseaux routiers). En pourcentage équivalent pour des bâtiments faiblement isolés, ces dépenses énergétiques constituent le 2ème levier des économies d'énergies primaires. Le bâti et l'organisation urbaine deviennent des enjeux à mener en parallèle. La ville dense préserve aussi la terre fertile. La densité urbaine (épaisseur, mitoyenneté, hauteur) est un facteur important d'économies d'énergie induites. Les projets d'immeubles compacts ont moins de surfaces de façade à isoler et moins de dispositifs thermiques (mutualisés) ce qui réduit les coûts de la construction et les consommations. Les propositions justifient des immeubles compacts, épais, mitoyens et en hauteur raisonnables.

Continuité urbaine. Les tours comme les immeubles concepts en particulier, intègrent une réflexion sur la continuité urbaine : rue, îlot, quartier et territoire. Différents dispositifs formels proposent la mitoyenneté entre immeubles ou un socle qui s'adapte aux contraintes du quartier en termes de hauteur et de programme. L'option 'nappé' à R+2 suit une densité de faubourg.

Aménagement de l'espace en fonction des besoins. Les bureaux ont une occupation courte et demande un éclairage homogène. Les logements ont une occupation longue et diversifiée dans la semaine. Dans l'un des concepts, les espaces sont disposés en fonction de leurs besoins énergétiques fortement dépendants de leur usage : Un éclairage important et homogène combiné à une durée d'occupation faible a conduit à orienter au nord les bureaux vitrés. Ils protègent les logements orientés au sud, qui du fait de leur durée d'occupation importante, présentent plus de besoins en chauffage. A travers cet exemple, il ressort qu'il est possible de conserver des façades nord vitrées sans réduire la performance énergétique.

Compacité et optimum énergétique. Pertes de chaleur et éclairage artificiel constituent l'enjeu d'une optimisation. Les nouveaux standards d'isolation réduisent les consommations pour le chauffage. La compacité des bâtiments réduit encore cette consommation parfois dans des proportions importantes. En revanche, la compacité réduit l'accès à l'éclairage naturel. En fonction de l'usage et de l'énergie, la consommation liée à l'éclairage peut devenir prédominante suivant l'indicateur de performance utilisé. L'approche pluridisciplinaire et la simulation numérique ont été des éléments clés pour trouver de bon compromis.

Transférer la chaleur dissipée en fonction des besoins et des périodes. La mixité d'usage permet aux logements de récupérer la nuit la chaleur dissipée dans les bureaux dans la journée. La mise en pratique de tels systèmes posent de nombreuses questions techniques interdisciplinaires et nécessitent de connaître les usages et les besoins. A partir de quelle quantité de bureaux et de logements, la mise en œuvre d'un système de récupération est-il envisageable ? Cette approche relève d'une échelle urbaine plus large que celle du bâtiment et nécessite de conduire l'analyse énergétique en explorant les liens et incidences entre ressources et besoins.



Typo/morphologies

De nouvelles typologies

Performance énergétique à l'échelle urbaine

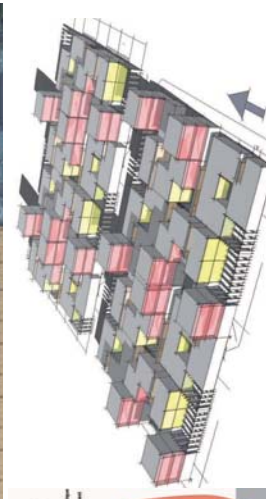
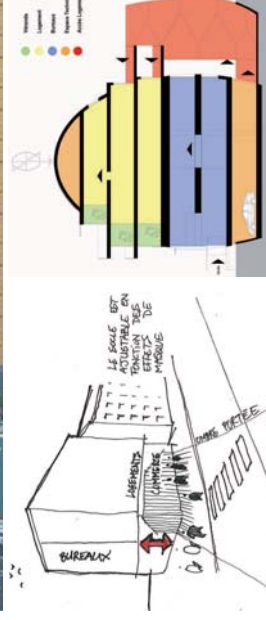
Parcellaire & implantation. Les projets ont été conçus sans contraintes spécifiques. L'implantation, les équipes ont cherché les conditions idéales d'implantation, d'orientation, de prospect et de masque urbain tout en raisonnant sur les ajustements en situations urbaines différenciées. Ils offrent une recherche méthodique sur de nouvelles distributions des logements et des bureaux, des modalités de répétition des concepts, des relations de prospects, des solutions pour optimiser l'orientation NS. Le marché du foncier reste une interrogation que seul le terrain précisera.

Au delà du bâtiment : quartier, ville. La réflexion a dépassé le logement pour raisonner sur la morphologie urbaine: îlot, quartier, ville. De la forme définie par un diagramme de l'ombre portée sur le voisinage, à la totale transparence et l'ouverture des logements sur la ville, une nouvelle identité formelle caractérise chaque proposition dans des situations urbaines diverses. L'optimisation a mis en évidence la difficulté à raisonner sur le bâti seul, la question de la mutualisation des services et des transports est récurrente : Quels raccordements aux réseaux, modes de mobilités, modes de consommation...? Ces projets dessinent la ville de demain insérée dans un territoire respectueux d'un rapport ville/campagne équilibré.

De nouvelles typo-morphologies. A travers cette recherche, se pose la question des éco-quartiers : nouveaux développements ou régénération de la ville existante à travers de nouvelles centralités et restructurations des îlots existants. L'existant doit être évalué pour son potentiel de réhabilitation en vue d'économies d'énergie substantielles et d'une réelle mise à niveau de l'espace du logement. L'expérimentation typologique s'inscrit dans une nouvelle logique d'implantation à la fois respectueuse de l'espace urbain existant mais aussi plus ouverte sur la lumière et la 'nature'. De nouveaux quartiers naîtront de l'articulation d'un stock existant respectueux de l'environnement et de nouvelles opérations productrices d'énergies renouvelables, dont le bilan sera à énergie positive.

Analyse énergétique / échelles. A l'échelle du bâtiment : identifier les besoins. A l'échelle urbaine : identifier les ressources. Dans le cadre de la performance énergétique, les projets CQHE ont fait le choix de limiter le recours à l'énergie primaire pour assurer le fonctionnement du bâtiment. L'analyse énergétique est faite à partir de la question du besoin. Si on veut tendre vers l'optimum énergétique, la démarche doit être complétée par une analyse des ressources énergétiques. La conception bioclimatique, qui analyse les ressources climatiques locales, s'applique à une échelle qui n'est pas limitée au bâtiment. Une analyse similaire pourrait être conduite à l'échelle urbaine pour analyser les ressources énergétiques disponibles. Cependant lorsque la densité augmente les besoins augmentent et la ressource climatique diminue. Aussi l'analyse devrait-elle porter sur l'activité et les infrastructures urbaines pour évaluer leur potentiel en termes de ressources énergétiques et les possibilités de mutualisation.

Comment appréhender le rapport besoins / ressources. Une partie de la solution se situe à une échelle plus large que celle du bâtiment. La performance est une notion relative qui dépend du potentiel de départ et du niveau atteint finalement. D'un point de vue énergétique, le potentiel dépend de la ressource, et le niveau atteint dépend des besoins. Pour répondre au besoin d'énergie, on observe une transformation de la ressource. La performance relative du niveau de détérioration de cette transformation. La question de l'énergie positive nécessite d'évaluer également si le bâtiment contribue à alimenter la ressource énergétique. Dans cette perspective, le maître d'ouvrage n'a pas toute la solution et son effort va avant tout porter sur la sobriété énergétique et une qualité d'ensemble pour le fonctionnement. D'autres solutions énergétiques cherchant la mutualisation sont à envisager à une échelle plus grande qui reste à délimiter en fonction de la situation. Les collectivités locales sont partie prenante de cette démarche dans un souci d'équité de la distribution au niveau du prix.





Mini tour à très haute qualité environnementale et très basse consommation pour reconcilier le citoyen et l'habitat collectif (Tikopia)

Points forts

Le projet s'appuie sur une forme très caractéristique, des études de dimensionnement et d'estimation des consommations très poussées.

La réflexion très large permet d'aborder un grand nombre de questions qui rendent très concret le concept :

- la qualité d'usage
- la thermique (hiver et été)
- l'hygiène
- la sécurité incendie
- la structure.

Les options urbaines allient intelligence du contexte et innovation. Le socle à l'échelle de la ville s'adapte aux contraintes locales et offre une diversité de programmes. Le tour de logements s'oriente systématiquement vers le sud pour optimiser les équipements passifs ou produisant de l'énergie renouvelable.

Mixité sociale et diversification fonctionnelle sont au cœur du concept pour s'intégrer dans la ville durable. L'adaptabilité programmatique en changeant l'enveloppe ou le cloisonnement est intégrée en conception.



Fonctionnement général

Le projet est une mini-tour de 10 à 16 niveaux, composée d'un mur 'capteur' au sud, d'un mur manteau en demi-cercle couvrant les autres façades.

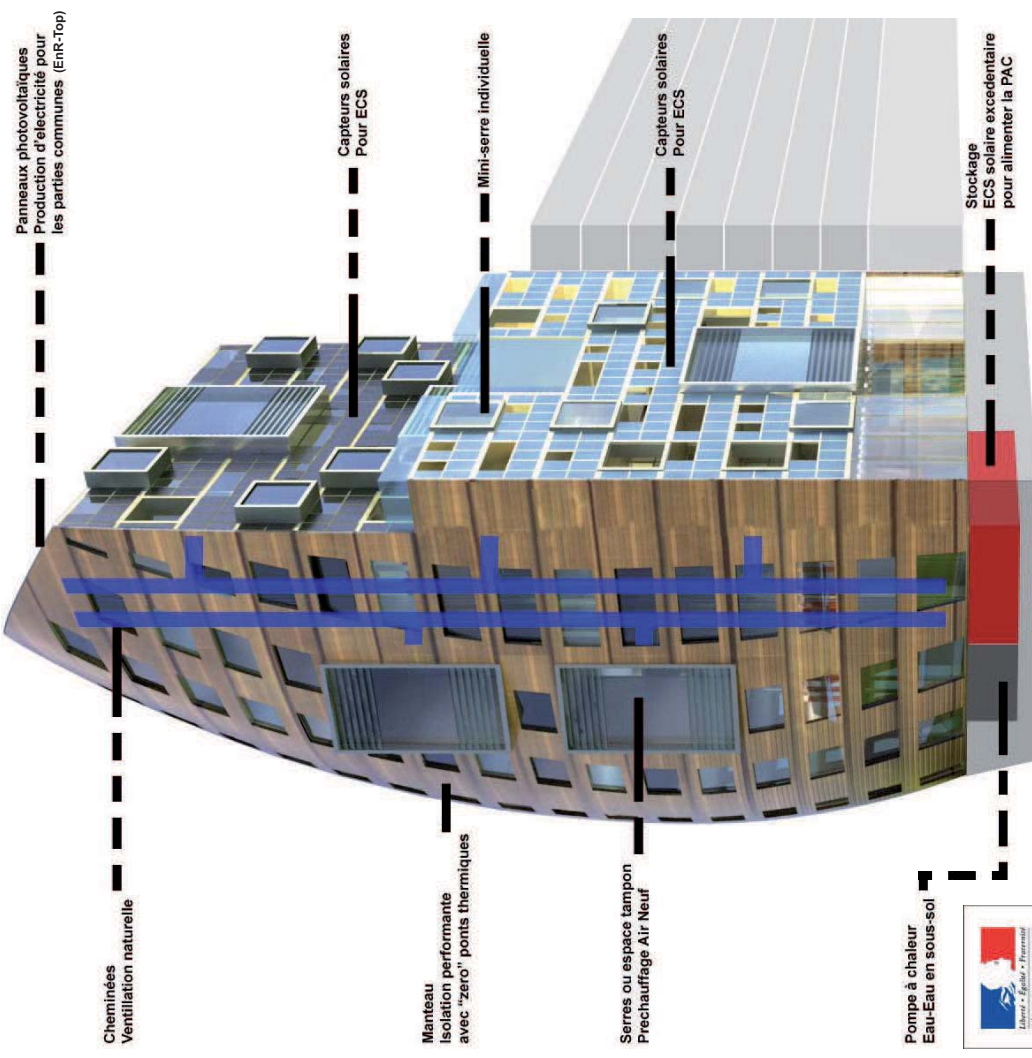
Le principe énergétique repose sur une isolation très renforcée, la récupération des apports solaires par des espaces tampons, une orientation sud et la recherche de l'inertie saisonnière à l'aide d'un volume de stockage d'eau.

L'immeuble présente un hall commun. Un noyau central comprend 1 escalier et 2 ascenseurs. Dans une configuration de base le projet offre :

- 2 niveaux de bureaux : 740 m² avec accès séparé
- 13 niveaux de 4 à 5 logements (66) : 4 360 m² (10T1, 18T2, 21T3, 14T4, 3T5)
- une hauteur entre dalles entre 2,80 et 3,00 m
- des espaces tampons accessibles pour les habitants
- sans stationnement automobile (centre ville, transports en commun) mais envisageable.

La performance obtenue est une consommation optimisée bien en dessous du niveau BBC (65 kWhep/m²/an) pour: le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la ventilation et l'éclairage. En énergie finale, elle est comprise entre 10 et 29 kWh/m²/an, en énergie primaire entre 19 et 39 kWhep/m²/an.

Le projet est centré sur le dimensionnement optimum des procédés passifs pour la ventilation, le confort thermique (été et hiver) et l'eau chaude sanitaire à l'échelle d'un grand bâtiment collectif. Il s'agit respectivement de la ventilation hygro-réglable assistée, du stockage inter saisonnier et de la surventilation naturelle par un système de cheminées.





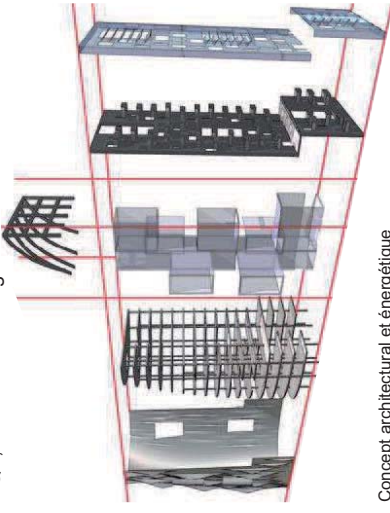
EQUIPE & DEMARCHE DE CONCEPTION

PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION ET DE DÉVELOPPEMENT

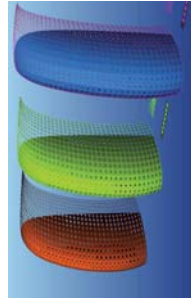
Une équipe concourante

Le concept habitat est l'œuvre d'une équipe à la culture diversifiée et aux compétences complémentaires ayant pour objectif commun le Développement Durable :

- **Architecture Studio**, concept général, graphisme, développement formel
- **QUILLE**, structure, thermique, économie
- **ALTO Ingénierie**, simulations, calculs thermiques
- **ECO CITÉS**, optimisation bioclimatique, énergie HQE, bien être des usagers.



Concept architectural et énergétique



Les expériences communes ont forgé un esprit d'équipe solide. Les compétences acquises sur le terrain ont permis de tester les techniques utilisées pour le projet. L'équipe a su gérer l'évolution d'un concept innovant. Les outils utilisés par l'équipe sont les logiciels Virtual environment, Rhinoceros, Paracloud, Ecotect, Translo.

Enjeux de demain : hauteur et densité

Cette forme d'habitat dense et en hauteur, permet de réduire les consommations d'énergie en fonctionnant et en matériaux à la construction pour minimiser l'impact sur l'environnement.

- **Sa compacité** minimise les échanges thermiques.
- **'Le manteau'**, enveloppe à isolation hyper-performante, apporte un confort climatique et visuel.
- **'Le mur climatique'** en façade sud est équipé de 'serres' (apport passif d'énergie solaire) et de capteurs solaires (production d'énergie renouvelable).
- **'L'arbre de ventilation'** avec ses volumes 'tampons' préchauffe l'air neuf entrant dans les logements.
- **La toiture 'EnR-top'** est conçue pour accueillir des capteurs solaires thermiques ou photovoltaïques, des équipements de ventilation, PAC...

Ville, mixité sociale, transports

Dans une logique de développement durable les déplacements sont réduits tout en stimulant l'économie locale et le lien social. Le bâtiment s'adapte à la ville existante à une double échelle : celle du socle en relation aux gabarits urbains accueillant commerces et bureaux, et celle de la tour de logements qui déploie sa façade énergétique orientée plein sud pour être plus performante.

A côté de la polyvalence des fonctions du socle, le concept propose une mixité sociale complète. La variété des typologies s'intègre dans la conception générale.

Construire en hauteur permet de libérer de l'espace au sol, de respecter les bâtiments environnants, d'éviter des vis-à-vis, de créer un espace extérieur convivial (place ou jardin) au centre du quartier.

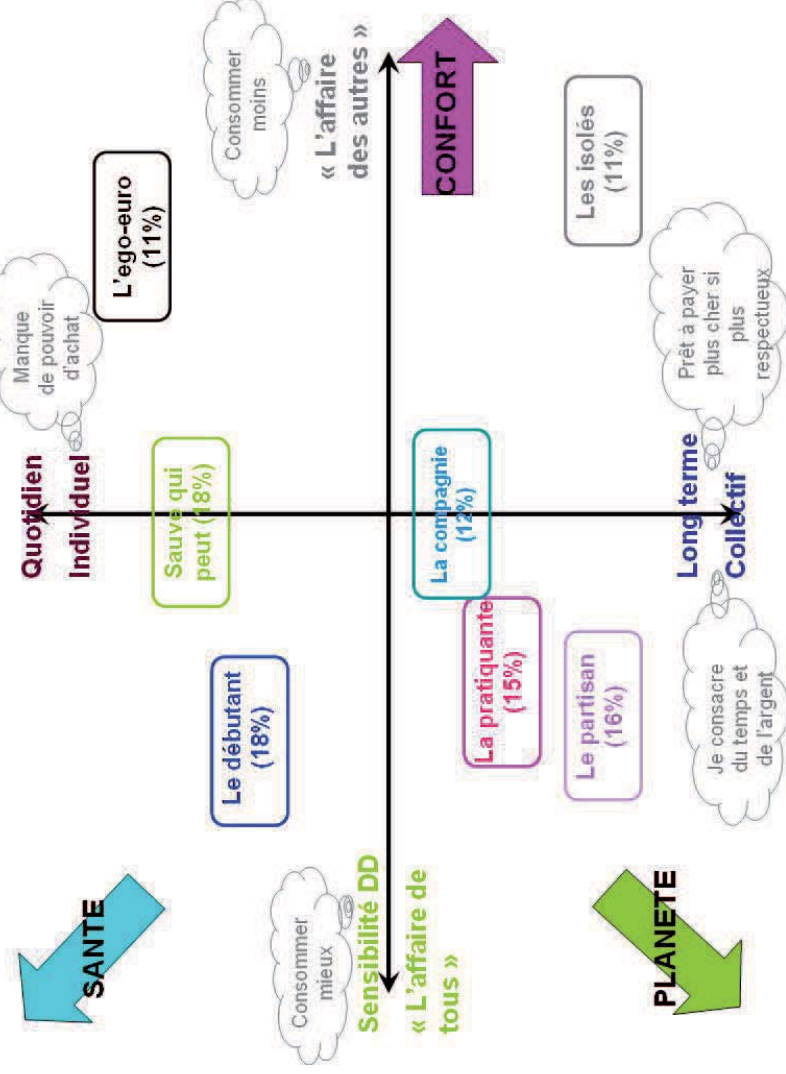
Le projet trouvera naturellement sa place près des axes de transport en commun, des équipements scolaires, des services et des commerces.

Dans un îlot ou un quartier, le projet peut être répertorié comme bâtiment à énergie positive et participer aux objectifs globaux du Grenelle de l'environnement.

Adaptabilité et évolution

Le bâtiment est conçu autour de quelques concepts thermiques simples. En dehors de ces principes, la conception générale est libre et ne doit aucunement relever du modèle. Le projet est **adaptable au milieu urbain** (ZAC ou tissu ancien, orientation).

L'adaptabilité aux évolutions futures en termes de programmation, de normes et de technologies, d'extensions qualitatives, est portée par le projet du fait de sa conception même : structure poteaux-dalles permettant toute transformation du cloisonnement, façade entièrement démontable sans changer la structure.



Synthèse des types de consommateurs de produits écologiques



Plantes dépolluantes

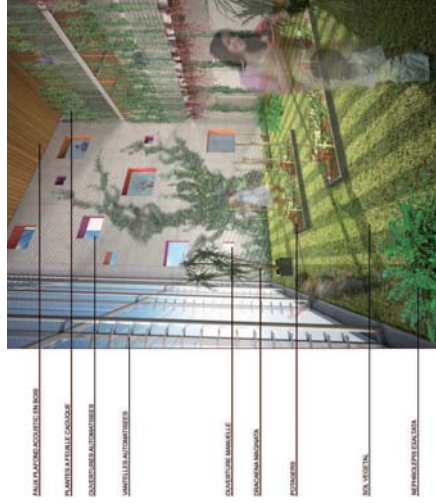
USAGE ET QUALITÉS ENVIRONNEMENTALES

Performance thermique et technologie

Le projet constitue un système de type '3 en 1' qui intègre le chauffage, la ventilation hygiénique et le confort thermique d'été (sur-ventilation). Ce système, plus performant et plus économe en énergie qu'une ventilation double flux, est aussi plus simple à mettre en place : il permet la suppression du chauffage (radiateurs) à l'intérieur des logements, les gaines verticales (cheminées) sont invisibles pour les habitants.

L'usage est simple par commande de thermostat. Les autres systèmes ne posent aucun problème d'usage car ils sont extérieurs au logement (sous-sol, EnR-Top, façade).

L'approche énergie du concept habitat est à la fois 'naturelle' (système principalement passif permettant d'atteindre le niveau BBC) et 'technique' (solutions thermiques simples augmentant la performance jusqu'au niveau visé).

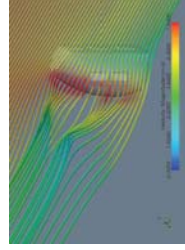


Serre plantée, lieu de détente accessible aux habitants

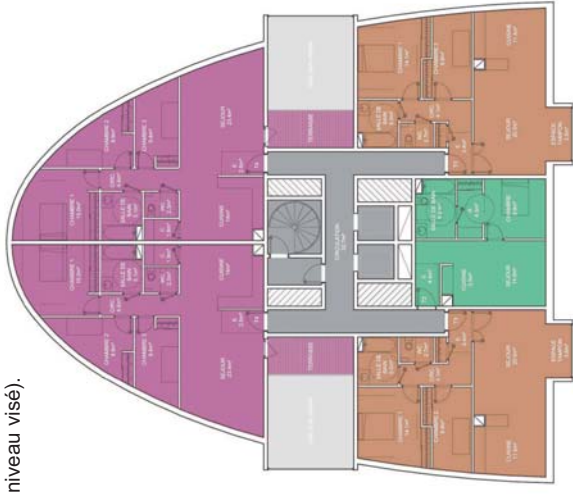
Serres et volumes tampons

Les serres individuelles et les volumes tampons contribuent de manière perceptible à la performance thermique. Ils permettent également d'apporter une quantité de lumière naturelle conséquente aux pièces situées au cœur du bâtiment. Accessibles aux habitants et plantées, les serres deviennent des lieux de détente et de convivialité et confèrent au projet l'ambiance de 'village vertical'.

La végétation dans les espaces communs peut jouer un rôle important dans l'amélioration de la qualité de l'air (phyto-épurant, plantes dépolluantes).



Vents



Plan d'étage

VILLE ET APPROCHE ARCHITECTURALE

Limiter les consommations

Optimisation du solaire passif par l'orientation et par la répartition des vitrages (surface vitrée importante au sud et faible au nord) et par les performances élevées de l'enveloppe.

- Optimisation des déperditions liées à l'air hygiénique par le préchauffage dans l'espace tampon.
- Limitation des consommations de ventilation par un réseau aéraulique basse pression et une ventilation hygiénique semi-naturelle.
- Système 'solaire thermique' avec stockage inter-saisonnier pour satisfaire les besoins d'eau chaude sanitaire et de chauffage.
- Utilisation d'éclairage naturel permettant de limiter l'éclairage artificiel.

Enveloppe

L'enveloppe est de type manteau en bardage de bois réifié sur ossature en bois et béton (poteaux) fixée aux planchers. L'ossature principale est constituée de poteaux en béton qui présentent la courbure de la façade et sur lesquels s'appuient les planchers. La peau extérieure en planches de bois est fixée sur une ossature secondaire. L'étanchéité à l'air est assurée par une membrane imperméable à l'air et perméable à l'humidité. L'attention doit être attirée sur la nécessité de procéder à la définition de détails architecturaux spécifiques pour faciliter l'exécution. La qualité de l'enveloppe est l'une des clés de la performance thermique au même titre que l'efficacité des systèmes de chauffage ou de ventilation.



Mini-tour

La forme compacte, dense et en hauteur permet un meilleur rendement 'enveloppe / surface chauffée' ce qui contribue à limiter les déperditions thermiques par m² de surface chauffée. La forme arrondie permet de limiter la pression du vent sur la façade et les déperditions thermiques par perméabilité à l'air.



Insertion urbaine

L'étude et des simulations ont révélé l'implantation optimale. En orientant la façade plane au sud, le bâtiment bénéficie à la fois d'apports solaires passifs (inertie du mur béton, fenêtres bien dimensionnées) et aussi cette façade peut servir de support optimal de systèmes de production d'énergie solaire, thermique ou photovoltaïque. La forme courbe et affinée en hauteur permet de réduire l'impact sur le quartier immédiat en diminuant l'ombre portée sur les bâtiments du voisinage.



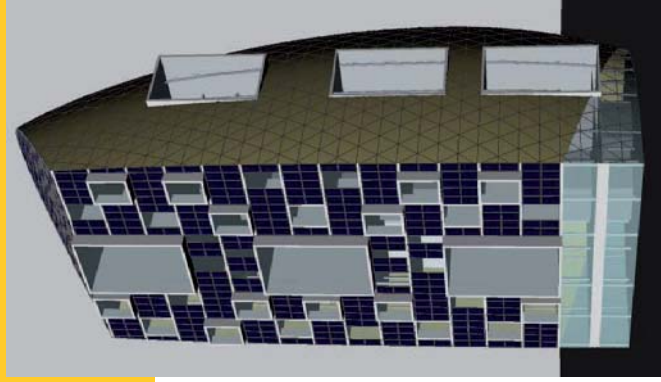
Etudes des ombres portées et de l'ensolleillement

FONCTIONNEMENT TECHNIQUE DU BÂTIMENT

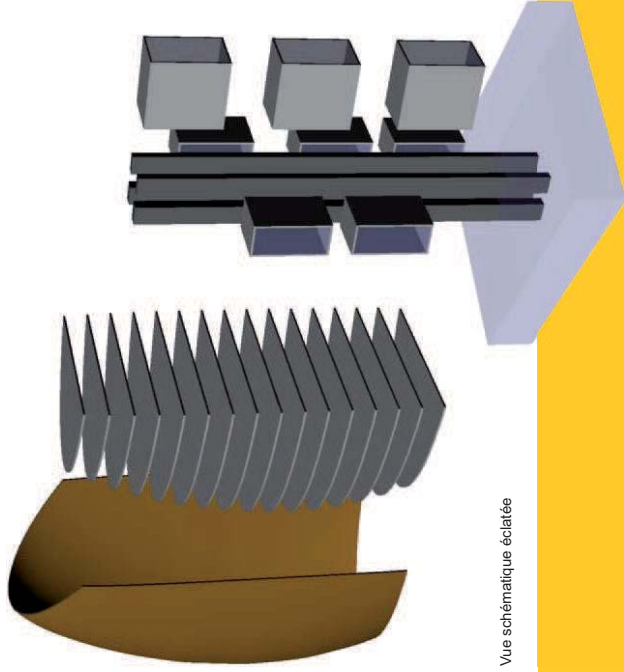
Fonctionnement thermique

La stratégie est d'assurer à la fois le confort thermique d'été, la limitation extrême des déperditions (parois et renouvellement d'air) et un taux de couverture élevé en énergie renouvelable :

- arbre de ventilation comprenant volumes tampons (serres permettant un préchauffage de l'air neuf) et gaines verticales de ventilation (cheminées), assurant une ventilation naturelle assistée
- mur climatique et EnR-Top captant l'énergie solaire (capteurs thermiques avec tubes sous vide)
- stockage inter-saisonnier - citernes d'eau pour garder la chaleur (en sous-sol ou sur le sommet de la mini-tour) qui est utilisée pour la production d'eau chaude sanitaire et de complément de chauffage
- pompe à chaleur haute température air/eau installée dans l'EnR-Top ou en sous-sol
- optimisation énergétique des surfaces vitrées
- production photovoltaïque complémentaire pouvant compenser des consommations électriques communes.



Principe du mur climatique façade sud



Vue schématique éclatée

PERFORMANCES ÉNERGETIQUES

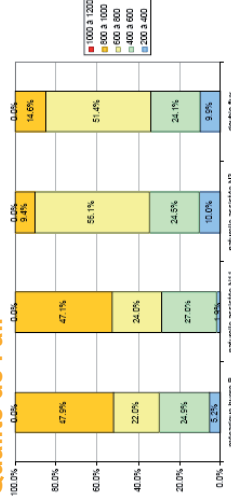
Production d'énergie solaire thermique



Six solutions techniques d'énergies renouvelables :

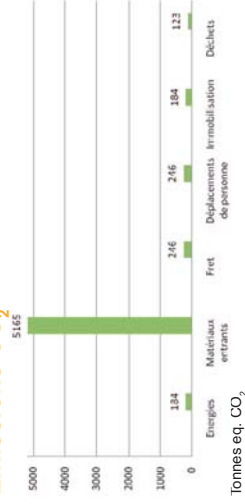
- 1 : 4m² captif/log + 100m³ stock + chaudière condensation
- 2 : 4m² captif/log + 100m³ stock + PAC HT air/eau
- 3 : 4m² captif/log + 100m³ stock + PAC HT géothermique
- 4 : 4m² captif/log + 100m³ stock + PAC HT gaz
- 5 : 5m² captif/log + 150m³ stock + PAC HT sur stock + complet élec
- 6 : 8m² captif/log + 500m³ stock + PAC HT sur stock + complet élec

Qualité de l'air



Concentration CO₂ / T3 comparaison entre 4 modes de ventilation

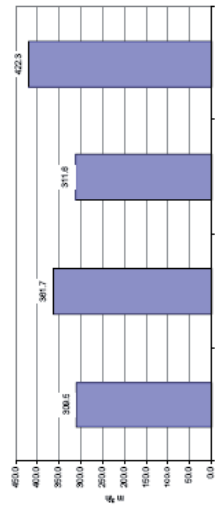
Emissions CO₂



Chauffage - ventilation

Le projet étudie 6 scénarios de dispositifs thermiques solaires (chauffage et ECS) et 4 modes de ventilation avec un objectif de consommation de 15kWh ef/m²/an. Ainsi, l'installation optimale serait équipée de :

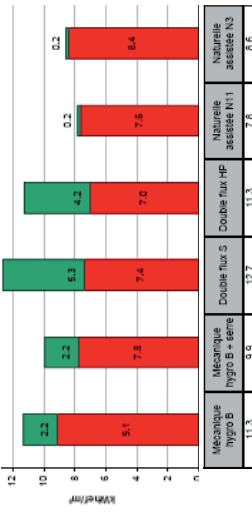
- 256m² de capteurs (tubes sous vide), 4m²/logement
- 75 à 100 m³ de stockage, 0,3 m³/logement
- pompe à chaleur
- ventilation naturelle assistée.



Débats : comparaison entre 4 modes de ventilation



Principes de ventilation et encombrement des conduits



Consommations d'énergie primaire (chauffage et ventilation)



Innovation Maîtrisée Pour l'Architecture Climatique, la Thermique & l'Environnement **IMPACTE**

Points forts

Le projet s'appuie sur des strates verticales qui permettent de capter les énergies renouvelables et d'opérer des transferts calorifiques suivant l'usage et la fonction dans le bâtiment.

Les points forts du projet sont :

- bâtiment à haute qualité environnementale et à très basse consommation
- compacité et densité
- projet adaptable en différentes situations urbaines
- projet favorisant une mixité fonctionnelle (logements, bureaux et commerces)
- projet favorisant une mixité sociale et intergénérationnelle (typologies variées de logements)
- typologie de logement renouvelée (duplex et vérandas) se rapprochant de la maison individuelle
- bâtiment adaptable et évolutif (flexibilité et transférabilité des logements)
- réhabilitation facilitée par l'indépendance structurelle entre enveloppe et gros œuvre
- accessibilité PMR intégrée à tous les programmes.

Fonctionnement général

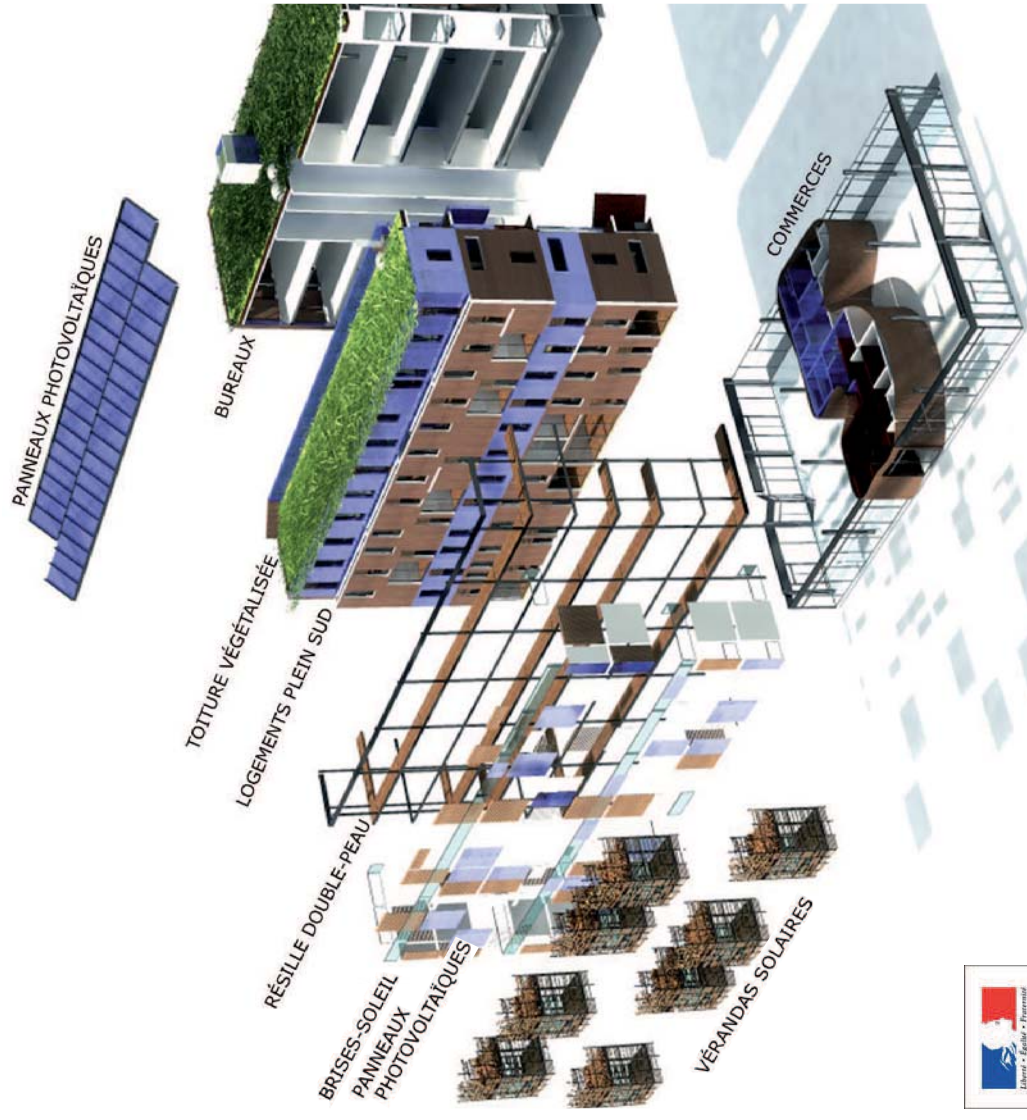
Le concept IMPACTE est un bâtiment compact de 7 niveaux. Le système constructif est à structure poteaux-poutres ou poteaux-dalles.

Un plateau profond accueille des bureaux au nord et des logements au sud, sans liaison fonctionnelle entre les deux. Les transferts calorifiques entre les fonctions sont valorisés. Le concept IMPACTE est évolutif dans le temps et dans ses fonctions.

Un socle commun contient des activités, des commerces en rez-de-chaussée, et des parkings au sous-sol. Une 'résille', façade captatrice au sud (productrice - panneaux photovoltaïques) est dynamique, occultable, variable et habitable.

Les formes et les surfaces des logements favorisent la mixité par des typologies variées de logements et par des pièces en plus aux affectations variées (studio, bureau d'appoint). Avec la typologie en duplex et les terrasses ou loggias dans la 'résille', le logement IMPACTE se rapproche de la maison individuelle.

La compacité, le stockage journalier et inter-saisonnier d'énergie rendent IMPACTE rentable et économe en énergie : 40 kWh/an/m², soit une économie de 80% en passif. En ajoutant un équipement de production d'énergie photovoltaïque, l'économie passe à 90%, soit 20 kWh/an/m². En terme d'économie et d'émissions de Gaz à Effet de Serre, IMPACTE se situe en classe A. Le bâtiment IMPACTE est évolutif dans le temps et dans ses fonctions. Sa compacité permet de réduire de près de 60% les consommations de chauffage et/ou de 25% la consommation des cinq usages conventionnels.



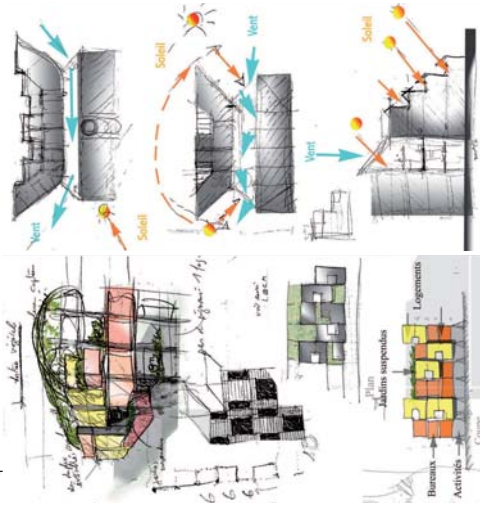
EQUIPE & DEMARCHE DE CONCEPTION

Une équipe concurrente

- L'équipe est composée de :
- François PÉLEGRIN, architecte dplg, urbaniste DUP
 - Elisabeth PELEGRIN-GENEL, architecte dplg, psychologue du travail
 - André POUGET, POUGET consultants thermiciens
 - BET CETBA Ingénierie
 - Philippe BOURGUIGNON, économiste
 - Gérard FLEURY, Antoine THUILLIER, TBC généraliste d'innovation.

IMPACTE est l'œuvre d'une équipe pluridisciplinaire aux compétences complémentaires. L'équipe a démarré cette recherche par des séminaires de créativité. Ils ont permis de mettre en commun des idées, des concepts et des innovations. Ils ont donné une dynamique au groupe et ont nourri en continuité la réflexion. L'équipe a bénéficié du contenu des séminaires de créativité dans un mouvement permanent d'aller et retour. L'approche Développement Durable a servi de guide.

Croquis d'étude



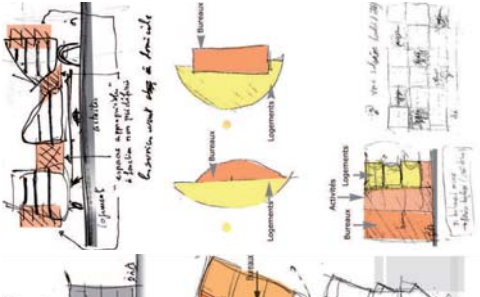
Enjeux de demain, compacité, densité

Un consensus se dégage pour limiter l'étalement urbain et promouvoir une densité acceptable et agréable. La compacité du bâtiment et sa profondeur sont modulés en fonction du contexte urbain pour favoriser la continuité urbaine, la mixité des fonctions en privilégiant la lumière naturelle. IMPACTE répond aux attentes des habitants par une diversité de l'offre de logements.

Ville, mixité, transports

La mixité des activités, commerces-bureaux-logements, est à la base du concept IMPACTE. Les différentes typologies de logements prennent en compte la mixité et l'évolution sociales : familles recomposées ou monoparentales, vieillissement de la population, évolution du travail. Inscrite dans la continuité urbaine, l'option - bureaux au nord / logements au sud - offre une densité suffisante pour favoriser l'usage et le développement de transports en commun.

Croquis d'étude FORME COMPACTE + ENVELOPPE

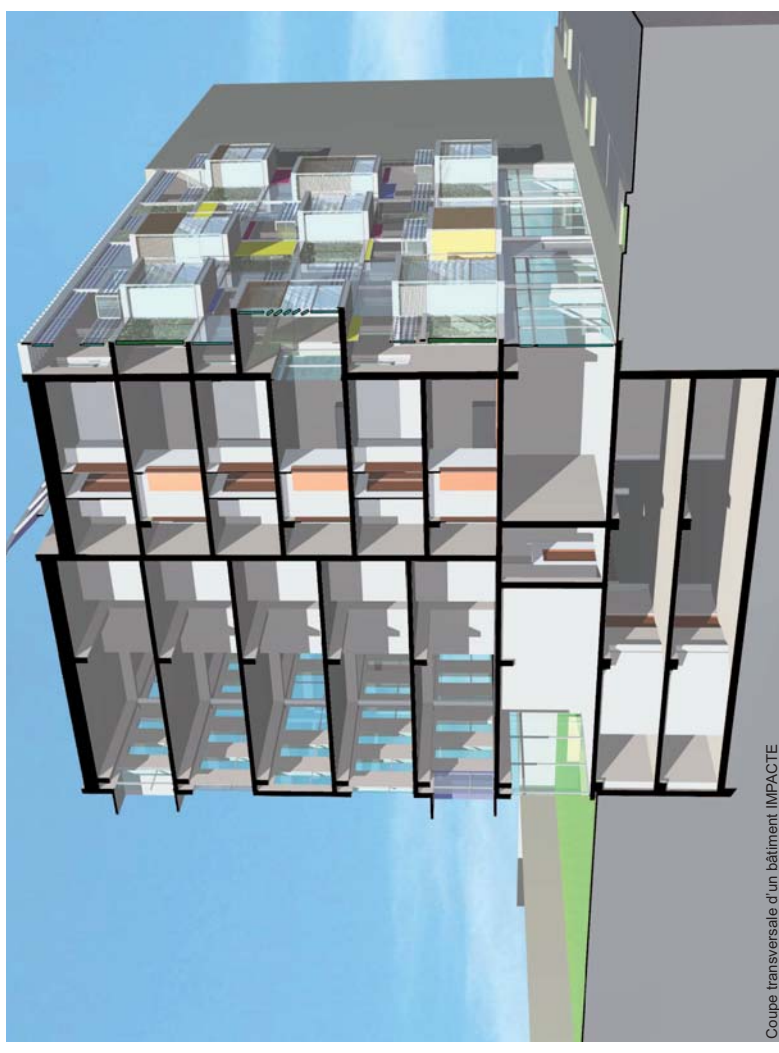


PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION ET DE DÉVELOPPEMENT

Adaptabilité et évolution

Le concept IMPACTE est adaptable en différentes situations urbaines. L'épaisseur, la hauteur, la largeur et la disposition fonctionnelle peuvent être modifiées. Par sa structure souple et peu contraignante, un bâtiment peut être modifié pour répondre aux attentes des habitants. La flexibilité des espaces pour les changements d'usage dans le temps : des chambres d'enfants se transforment en chambres plus

autonomes pour des adolescents ou de jeunes adultes. L'accueil d'une tierce personne est possible (personne âgée dont il faut prendre soin ou étudiants en charge du baby-sitting). Les plateaux libres sont adaptés à la fonction bureaux. La dissociation structurelle de la façade-résille par rapport au gros œuvre permet l'évolution : remplacer ou réhabiliter l'enveloppe tous les 10 à 30 ans.



Coupe transversale d'un bâtiment IMPACTE



Le parti thermique du projet IMPACTE



Croquis d'étude de l'orientation

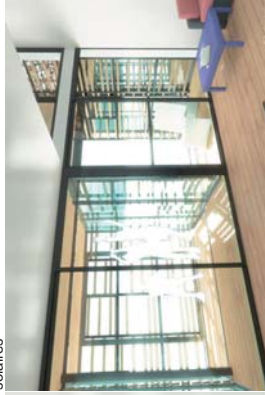
USAGE ET QUALITÉS ENVIRONNEMENTALES



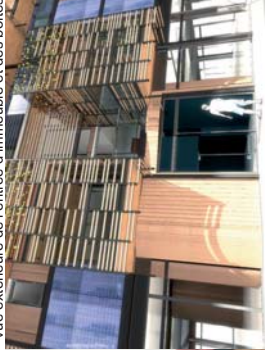
Usage, serres et espaces tampons

Serres, espaces tampons, terrasses, 'vérandas solaires' accrochés dans la 'résille' sont aussi des espaces habitables. Les résidents utilisent ces espaces en fonction de l'heure de la journée et de la saison. Il s'agit bien de volumes chauffés exclusivement de façon passive, sans énergie conventionnelle autre que le soleil. L'habitant 'transhume' facilement de son appartement à sa véranda selon la course du soleil et la saison au gré de ses activités. En mi-saison, il est des moments où la séparation entre volume chauffé et véranda disparaît totalement pour dégager un grand volume ouvert. En période estivale, la peau extérieure de la véranda

Vues intérieures vers les boîtes - vérandas solaires



Vue extérieure de l'entrée d'immeuble et des boîtes



VILLE ET APPROCHE ARCHITECTURALE

Mitoyenneté et continuité urbaine

Dans le cadre de l'insertion dans le paysage urbain, la mitoyenneté des pignons avec des bâtiments chauffés est intéressante énergétiquement : réductions des consommations de chauffage jusqu'à 47%.

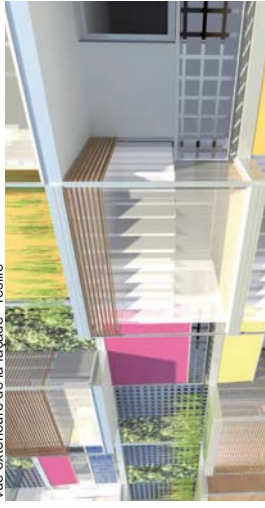
Un soin est apporté au 'socle', du rez-de-chaussée aux entresols, pour enrichir les activités de la rue et du quartier. Ses services de proximité et ses commerces répondent à un objectif de mixité fonctionnelle.

Enveloppe

Le concept IMPACTE intègre une résille multicouches qui permet d'y accrocher les éléments nécessaires à la production électrique mais aussi à d'autres fonctions comme par exemple : écrans acoustiques, pare soleils, protections garde-corps, etc. La façade-résille constitue la couche de séparation et de filtration entre l'extérieur et l'intérieur. Ces fonctions de protection sont optimisées en fonction des autres exigences : lumière naturelle à l'intérieur, ventilation, étanchéité à l'air et à l'eau, relations visuelles avec l'extérieur, isolation thermique et acoustique, captation solaire.

Les 'peaux' successives de l'immeuble s'adaptent pour réduire les déperditions de chaleur en saison froide, pour garantir le confort en période estivale et pour capter l'énergie solaire de façon passive (architecture bioclimatique, gains directs) ou active (capteurs thermiques (ECS) et photovoltaïques (production d'électricité)).

Vue extérieure de la façade - résille



Compacité

Logement	Bureaux	Commerç	Projet	Economie
Longueur	25.5 m	25.5 m	25.5 m	
Largeur	7.0 m	9.0 m	16.0 m	
Hauteur	16.5 m	3.0 m	19.5 m	
S'utile	1071 m ²	1377 m ²	408 m ²	2856 m ²
Vh	2945 m ³	3787 m ³	1224 m ³	7956 m ³
Périmètre	65 ml	69 ml	83 ml	
S façade	1073 m ²	1139 m ²	249 m ²	1619 m ²
S plancher	179 m ²	230 m ²	408 m ²	408 m ²
S toiture	179 m ²	230 m ²	408 m ²	408 m ²
S ext.	1430 m ²	1598 m ²	1065 m ²	2435 m ²
Coef. formé	0.49	0.42	0.87	0.31



Plan d'un étage, typologie de logements 'simplex'.

Insertion urbaine

Au-delà de la recherche d'une certaine densité, l'équipe a exploré l'articulation entre différentes échelles, l'idée de créer des parcours habitables, d'emboîtement des espaces de plus en plus petits, car on n'habite pas seulement son logement, mais aussi un quartier.

Insertion d'un bâtiment IMPACTE dans la ville



FONCTIONNEMENT TECHNIQUE DU BÂTIMENT

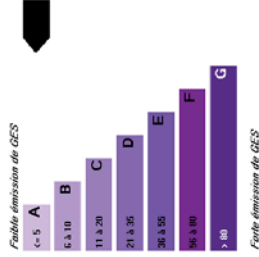
Fonctionnement thermique

Du pont de vue énergétique, le concept IMPACTE se fonde sur des principes physiques de base pour assurer des ambiances confortables avec un bilan énergétique optimisé. L'objectif en terme de performance est pragmatique, il vise des bâtiments à énergie positive via une façade 'intelligente' : sur l'année, le bâtiment peut produire autant d'énergie qu'il en consomme.

- Compacité et coefficient de forme : un bâtiment compact a moins de développé de façades, il est donc moins déperditif et très économe en énergie. Il optimise économiquement la structure et a un très faible impact environnemental puisqu'il occupe peu de terrain et consomme moins de matière. Le coût de l'enveloppe dépend des finitions et de l'adaptation au contexte.
- Apports thermiques dus à la mixité des usages : le bâtiment multi-fonctions permet une optimisation des échanges thermiques car les besoins sont différents dans le tertiaire, le commerce ou l'habitat. Les transferts thermiques permettent de réaliser des économies d'investissement et d'exploitation.
- Capteurs habitables : les 'boîtes' permettent de capter une énergie gratuite maximum in situ via le rayonnement solaire. Ces dispositifs capteurs sont aussi des espaces habitables, des 'vérandas solaires' utilisables en fonction de l'heure de la journée ou de la saison.
- Façade-résille au sud : couche de séparation et de filtration entre l'extérieur et l'intérieur, entre la nature et les locaux habitables.

Emissions CO₂

En termes d'émissions de Gaz à Effet de Serre, la construction d'un bâtiment IMPACTE 40 se situe en classe A (très faibles émissions).

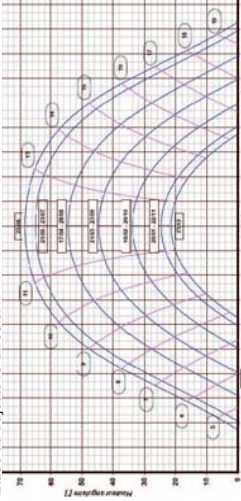


Emissions de Gaz à Effet de Serre



Schéma éclaté d'un bâtiment IMPACTE

Étude du trajectoire du soleil :



Composition de l'enveloppe :

Isolation de l'enveloppe	Épaisseur - Nature	Observation	R	U
Mur Extérieur (1)	15 cm de laine de verre	Rompissage de l'ossature	4.70	0.11
Mur Extérieur (2)	10 cm de laine de bois	Complètement intérieur	2.35	0.15
Murs intérieurs	20 cm de polystyrène	Isolant extérieur sous enduit	0.25	0.29
Plancher bas	10 cm de polystyrène	Isolant sous chape	3.10	0.13
Terrasses	15 cm de fibreverthane	Rapporté en sous-face	4.45	0.15
Ménisures extérieures	15 cm de fibreverthane	Rapporté en sous-face	6.80	0.52
Menuisures	PVC triple vitrage	Façade ouest et commerce	/	1.40
Traitement des ponts thermiques	OSB laine bois dissolvant des ponts	Balcons dissolvant de la structure	/	/
Perméabilité à l'air	14 = 1 m ³ /m ²	Valeur Effortage	/	/

Besoins annuels d'énergie :

Énergie	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Énergie primaire	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Énergie finale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Énergie utile	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

PERFORMANCES ÉNERGETIQUES

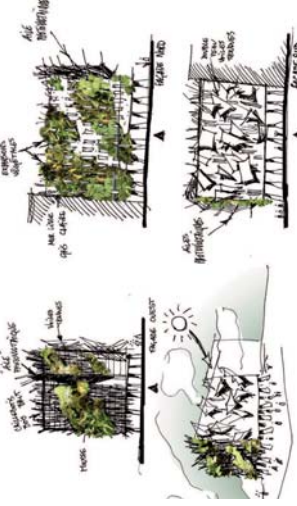
Production d'énergie thermodynamique

Des calories sont récupérées sur l'extraction de la ventilation simple flux des logements et sur les descentes d'eaux usées. Les systèmes thermodynamiques par pompes à chaleur assurent une partie de la production d'eau chaude sanitaire.

On considère que ce système permet de diviser par 3 les consommations d'ECS par rapport à un système de production 'ordinaire' par effet joule direct.

Eclairage

La lumière naturelle est privilégiée. L'éclairage électrique sera régulé, avec gradateurs, interrupteurs et détecteurs de présence. Un éclairage très performant aux Diodes Electro Luminescentes, avec des puissances inférieures à 8 W/m², est envisagé pour le tertiaire.



Panneaux solaires et végétation : façades (ci-dessus) et toit (ci-dessous)



Chauffage - ventilation

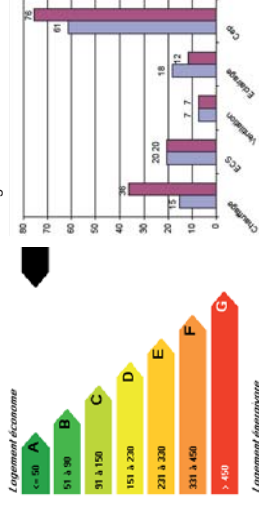
Poste	Matériel
Chauffage	Pompe à chaleur géothermique sur parking Plancher chauffant basse température
Rafraîchissement	Freecooling sur parking
Production d'ECS	Récupération frigorifique après production d'ECS Pompe à chaleur sur air extrait Pompe à chaleur sur les eaux usées
Eclairage	LED: P < 8 W/m ² Canons à lumière pour éclairage naturel en tout point
Ventilation	Logement : VMC simple flux Hygro b micro watt Tertiaire : VMC double flux avec échangeur haute performance

Un système thermodynamique fonctionne sur la récupération des calories de l'air du garage (tempéré tout au long de l'année) et des capteurs géothermiques intégrés aux fondations : pieux ou radier. La chaleur sera diffusée par un plancher chauffant basse température à tous les niveaux.

- La ventilation est à moteurs basse consommation :
- logements : simple flux hygro réglable de type 'b'
- bureaux : double flux avec récupération d'énergie, réglée en fonction de l'occupation.

Paramètre	IMPACTE 20	IMPACTE 40
Cep (kWh/m ² soic/an)	20	40
Production Thermovoltaïque (kWh/m ² soic/an)	20	0
Surcoût / RT2005	44 %	22 %
Économie d'énergie / RT2005	90 %	80 %
Temps de retour / RT2005	18 ans	17 ans
Surcoût / BBC 2005	22 %	0 %
Économie d'énergie / BBC 2005	79 %	38 %

Économies grâce à la mixité fonctionnelle





EFFIBAT®

VERS UN BÂTIMENT EFFICIENT

Points forts

- Densité et continuité urbaine.
- Conception générique adaptable à différents contextes urbains et suburbains.
- Mixité des activités (habitat, tertiaire, commerces).
- Mixité sociale et intergénérationnelle.
- Performances BBC, haut niveau de performance énergétique (50 kWh/m²/an).
- Coûts d'exploitation réduits par les faibles consommations énergétiques.
- Structure poteaux-dalles permettant de nombreuses configurations ainsi que des transformations futures.
- Faible 'trace carbone' permettant une notable diminution des impacts environnementaux (-50% RT2005)
- Coût de construction 1400 à 1600 € HT/m², inférieur au prix de construction en RT2005.

Fonctionnement général

EFFIBAT est un concept de bâtiment à performances BBC et à très bonnes performances économiques (1400 à 1600 € HT/m²). Le concept est destiné aux centres-villes et aux zones suburbaines.

Un bâtiment EFFIBAT est compact, épais, à typologie spécifique à patios, et comporte 1 à 2 niveaux de parkings souterrains, un rez-de-chaussée de commerces ou activités de proximité, un étage de bureaux et de trois à six étages de logements.

Le système constructif est de type 'poteaux-dalles' avec contreventement latéral par les cages d'escalier. Une trame de poteaux de 3 m x 6 m porte de grands plateaux libres sans poutre et permet des déclinaisons variées des programmées par le jeu des cloisons. Cette structure peut contenir des logements de taille différente (T1 à T5 et duplex T4 à T6), des plateaux libres ou cloisonnés de bureaux et de commerces ainsi que des places ou 'box' de parkings.

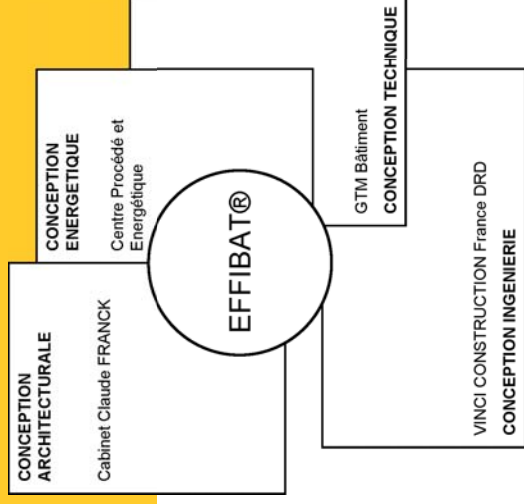
L'enveloppe d'un bâtiment EFFIBAT a une isolation par l'extérieur très performante, sans ponts thermiques. Des équipements performants (ventilation naturelle et à échangeurs double flux, éclairage basse consommation, équipements sanitaires à faible débit) réduisent les besoins énergétiques. Une grande partie est apportée par panneaux solaires thermiques et photovoltaïques, pompes à chaleur, chaudières à gaz et à condensation.

EFFIBAT répond aux nouveaux modes de vie (cuisine technique et espace multimédia dans les logements), et aux enjeux de demain - économie, écologie, densité. Le concept favorise la mixité fonctionnelle, sociale et intergénérationnelle.



Déclinaison du concept EFFIBAT® pour la gamme des produits MODUL'HAB, Bureau 112 architectes

EQUIPE & DEMARCHE DE CONCEPTION



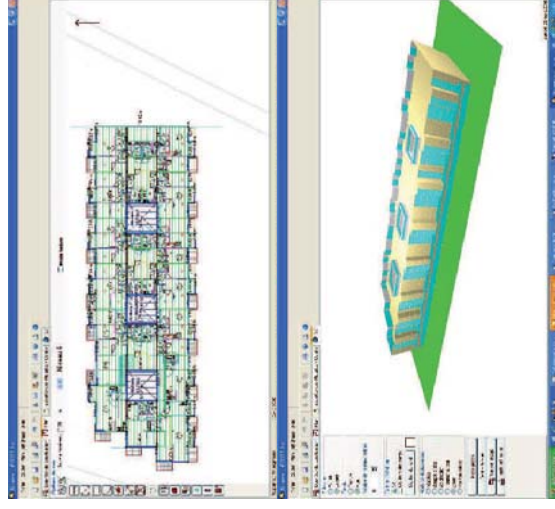
Convergence Reflexion Pluridisciplinaire

EFFIBAT® est l'œuvre d'une équipe pluridisciplinaire aux compétences complémentaires.

- Conception architecturale : Claude FRANCK
- Energétique : Centre Procédé et Energétique
- Technique : GTM Bâtiment
- Ingénierie : VINCI CONSTRUCTION France DRD

EFFIBAT constitue l'aboutissement de plusieurs démarches entreprises depuis une quinzaine d'années par les membres de l'équipe :

- méthodologie de conception générique déclinable dans le contexte propre à chaque opération,
- procédé constructif 'Habitat Colonne' permettant un plan libre sur la base de plateaux à points ponctuels,
- méthode de simulation dynamique pour aborder les évaluations énergétiques,
- optimisation du processus de conception en privilégiant une capacité réflexive sur l'acte architectural.



Efficience

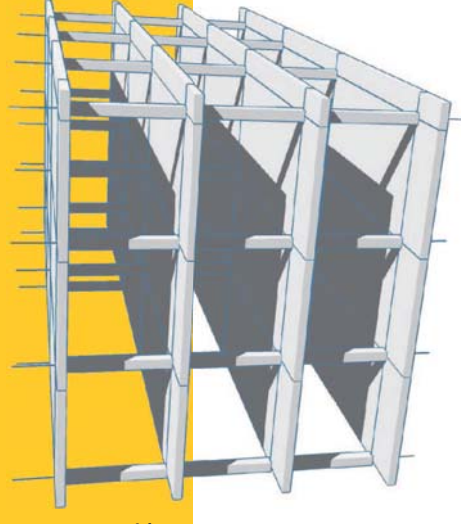
EFFIBAT est associé à l'idée d'efficience, l'apport de plus de valeur pour une minimisation des impacts.

Efficience = Valeurs / Impacts

L'efficience est résultat de quatre principes.

- Mixité des activités (commerce, tertiaire, résidentiel) pour densifier l'ilot et lutter contre l'étalement urbain.
- Compacité pour répondre à un haut niveau de performance énergétique (50 kWh/m²/an) et optimisation du ratio de façade pour une économie du projet construit.
- Adaptation à différents contextes urbains suivant les mêmes solutions techniques de base (effet de série).
- Efficacité énergétique assurant une garantie des coûts d'exploitation pour l'habitant suivant ses usages. Il s'agit d'offrir des conditions de vie enrichies et variées au niveau du quartier (diversité des activités) mais aussi un confort amélioré (suppression des parois froides l'hiver, rafraîchissement par ventilation nocturne naturelle l'été). Les charges d'exploitation (économie d'énergie) constituent un objectif prioritaire.

Au plan économique, l'objectif est de bénéficier d'un effet de série pour abaisser les coûts techniques (économie de matériaux) tout en optimisant les rendements de conception (ratio surface hors œuvre/surface utile) pour rendre le produit compétitif et de qualité.



SYSTEME CONSTRUCTIF, STRUCTURE, ENVELOPPE

Structure

La structure ©HABITAT COLONNE est définie comme la superposition de plateaux libres soutenus par une trame régulière de poteaux (6m x 3m). Les stabilités transversale et longitudinale sont assurées par les cages d'escalier et par des palées de stabilité. Ce choix technique comme celui de l'épaisseur permettent une réelle superposition des activités sans contraintes complexes : commerces, bureaux, logements, parkings.

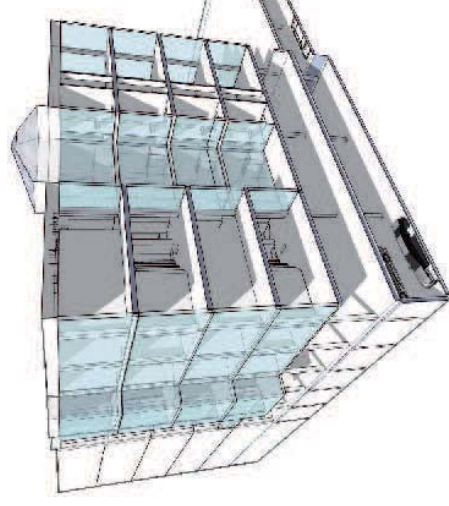
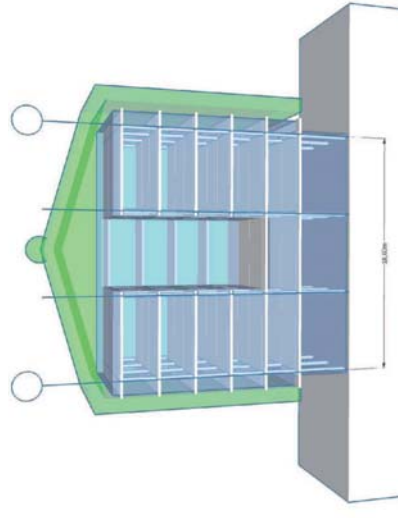
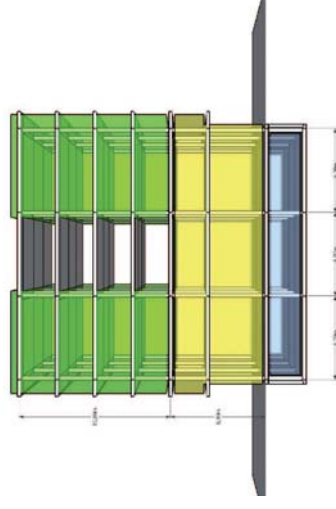
Enveloppe

L'enveloppe est un manteau industrialisé associant :

- des composants extérieurs assurant une continuité de l'isolation thermique, éliminant les ponts linéiques,
- un doublage intérieur calibré en fonction du contexte climatique, permettant un parachevement des parties intérieures.

Un large choix de matériaux d'origine minérale ou végétale sur la face extérieure est possible.

Grâce à la compacité du bâtiment il est possible de définir une enveloppe globale du bâtiment en complète continuité qui garantit un niveau de performance élevé.



NOUVEAUX STYLES DE VIE
CONCEPTION INNOVANTE



Typologie modulable des logements : T5, T4+T1, T3+T2 ou T3+T1+T1

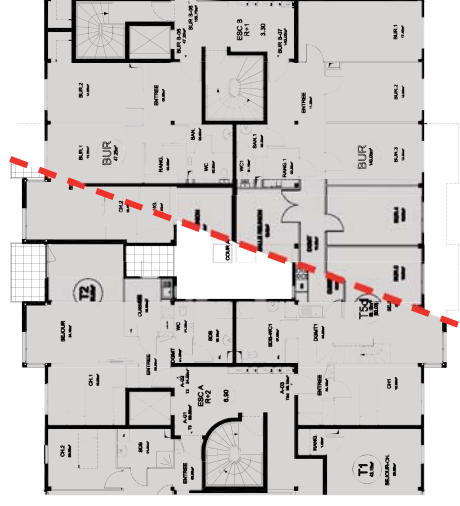
RETOUR VERS LE CENTRE-VILLE

Nouveaux styles de vie

L'intégration dans les logements de nouvelles fonctions prend en compte les nouveaux styles de vie et les avancées technologiques :

- 'cuisine technique' : local annexe de la cuisine dédié à l'électroménager et à la technique (machines à laver et à sécher le linge, congélateur, ballon ECS)
- 'espace média' : accueillant l'ordinateur, le boîtier ADSL, la chaîne Hi-Fi, le rechargeur de piles, etc.,
- espace du logement facile à transformer : surfaces modifiables, possibilité d'aménager ou de meubler différemment les pièces plutôt que de re-cloisonner. Le cloisonnement est d'autant plus libre avec EFFIBAT que la structure est ponctuelle et peu encombrante.
- Le patio est conçu pour que les vis-à-vis ne concernent que des pièces de même nature ou dans le même logement. Sa profondeur de 6 mètres est similaire à une rue de centre-ville ce qui est acceptable en terme de vis à vis et permet la ventilation traversante.

Plan de principe - logements autour du patio sur un étage de bureaux



Mixité sociale et intergénérationnelle

Accueillir des familles, pouvoir offrir, en ville, une 'maison avec son jardin'. EFFIBAT permet de réaliser des duplex T4 à T6, avec de grandes terrasses-jardins, dont la typologie s'apparente aux pavillons. D'autre part, les familles recomposées ou monoparentales se multiplient, ce qui favorise la demande de logements de taille moyenne : T3 correspondent au nombre de personnes du foyer, ils préservent la vie de l'adulte et celle des enfants, et coïncident avec le pouvoir d'achat des habitants.

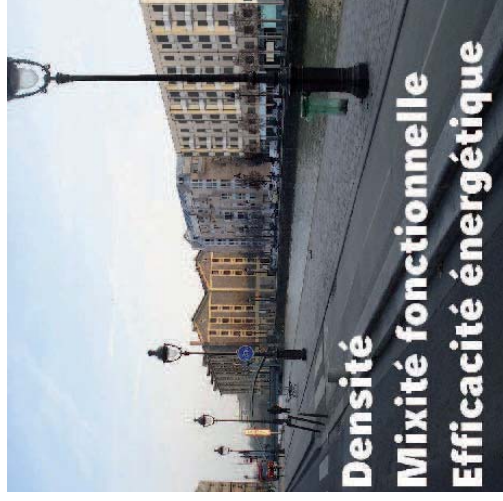
Accueillir des retraités ou de jeunes salariés, c'est leur offrir des logements optimisés (T2, T1), bien placés en ville, proches de leurs enfants ou de leurs parents. La proximité de personnes âgées et de familles monoparentales peut fournir des synergies entre les demandes de garderie et la volonté de l'aïeule d'être encore utile, ou d'avoir quelques ressources complémentaires. La mixité générationnelle renforce le lien social.

Insertion urbaine

Un immeuble EFFIBAT est adapté au retour vers le centre-ville. La tension qui existe sur le marché du foncier de centre-ville a fait grimper les prix et nécessite de densifier les opérations pour les optimiser. Pour répondre à cette problématique, EFFIBAT est un bâtiment épais, dont la particularité est d'accueillir un large patio qui assure une ventilation traversante des logements. EFFIBAT est conçu pour être un immeuble à taille variable, idéalement R+4 et plus. La structure porteuse est simple, peu présente et peut accueillir différents types de programmations : habitat, stationnement de véhicules, locaux d'activités et commerces.

En milieu suburbain, le caractère résidentiel vise à diversifier l'îlot en intégrant commerces, bureaux ou services de proximité ce qui favorise emploi et usages. L'organisation des espaces, les terrasses et les duplex autorisent un traitement diversifié des façades suivant le contexte local et les matériaux choisis.

Insertion urbaine



Architectures multiples

La conception structurelle 'poteaux et poutres noyées' permet de s'affranchir facilement des structures de façades. La façade est autonome. Elle est conçue avec isolation par l'extérieur et de multiples possibilités de finitions extérieures sans impact majeur sur la conception intérieure des logements : bois, enduit, métal...

Le faible impact de la structure verticale permet une grande liberté architecturale (choix des matériaux et des compositions), une adaptabilité aux nécessités et contraintes locales (règlements, vents et pluies dominants, mémoire du lieu, covisibilités, pérennité...). Elle permet aussi d'envisager assez simplement de futures restructurations de l'immeuble ou des évolutions.

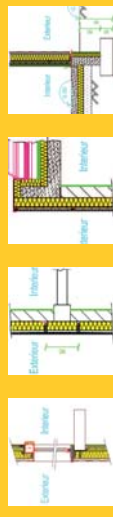
La standardisation des dimensions de la trame rend intégrables de nombreuses fonctions.

La liberté en façade permet de multiples approches techniques : de la mise en œuvre foraine au préfabriqué en atelier, voire des options industrialisées.

Insertion suburbaine



PERFORMANCES BBC



Etudes des détails de l'enveloppe, continuité de l'isolation

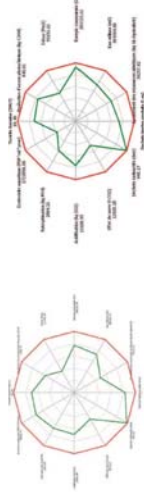
Principales caractéristiques techniques

- Façades manteau : 16 cm d'isolant + plaque BA 13 intérieure.
- Plancher bas : 20 cm béton + 10 cm de polystyrène expansé en sous face du plancher.
- Toiture terrasse : 20 cm béton + 10 cm de polyuréthane en isolation sur la dalle.
- Cloisons légères entre les atriums et les logements : 10 cm de laine de verre entre deux BA 13.
- Double vitrage basse émissivité et lame d'argon (Ubate = 1,3 W/m²/K), menuiserie PVC.
- Etanchéité à l'air réduisant les infiltrations à 0,1 volume par heure (0,6 m³/h/m² sous 4 Pa).
- Ponts thermiques égaux à 160 W/K par niveau (isolation par l'extérieur, isolation des murs et refends sur une hauteur d'un mètre en dessous du sol, acrotères isolés, fenêtres dans le plan de l'isolant).
- Chauffage à air (génération par PAC, chaudière gaz condensation, chauffe-eau bois ou chauffage urbain).
- Modules photovoltaïques en toiture selon la surface disponible en intégration et l'exposition au soleil.
- Éclairage à basse consommation électrique : bureaux (10 kWh/m²/an, soit 26 kWh ep/m²/an), et logements (3 kWh/m²/an soit 8 kWh ep/m²/an).
- Eau chaude sanitaire : des équipements sanitaires à faible débit permettent de réduire la consommation d'eau chaude de 30%, et un système solaire thermique (0,5 m² de capteurs et 50 litres de stockage par personne) fournit 50% de l'énergie nécessaire. La consommation est alors de 11 kWh/m²/an dans les logements et 2 kWh/m²/an dans les bureaux.
- Ventilation double flux avec échangeur d'efficacité 70% (sauf dans les commerces). En considérant le renouvellement d'air hygiénique et les infiltrations d'air, la consommation d'énergie est 3 kWh ep/m²/an dans les bureaux et 6 kWh ep/m²/an dans les logements.
- Sont nécessaires une pompe pour distribuer la chaleur produite par une PAC et une chaudière ou une sous-station de chauffage urbain pour alimenter les batteries chaudes d'un chauffage à air, induisant une consommation supposée de l'ordre de 4 kWh ep/m²/an.

PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES

Impact environnemental, émissions CO₂

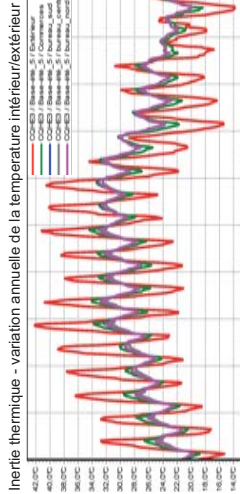
EFFIBAT est un immeuble à faible 'trace carbone' permettant une notable diminution des impacts environnementaux. Les émissions de gaz à effet de serre sont réduites de moitié par rapport au standard RT 2005.



Chauffage Gaz ou chauffage urbain : l'impact environnemental EFFIBAT

Énergie solaire et inertie thermique

Le toit-terrasse permet l'installation d'un système ECS solaire ou de panneaux photovoltaïques produisant l'électricité consommée dans les parties communes (éclairage, ventilation, ascenseur...).



Inertie thermique - Variation annuelle de la température intérieure/extérieure



Panneaux solaires installés sur les toits et sur les garde-corps des balcons

Equipements

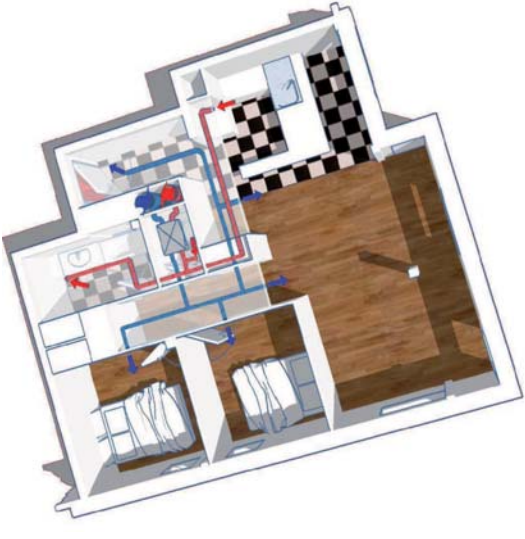
Le bâtiment combine deux principes constructifs simples et robustes : le double flux et la ventilation nocturne naturelle en été.

Compte tenu des très faibles besoins en chauffage chaque appartement est équipé d'un échangeur (double flux) avec batteries chaudes d'appoint.

La production de chaleur peut provenir de chauffage urbain, pompe à chaleur collective, chaudière gaz à condensation ou chaudière bois.

Le patio autorise la création d'un flux d'air qui balaye les logements en période estivale.

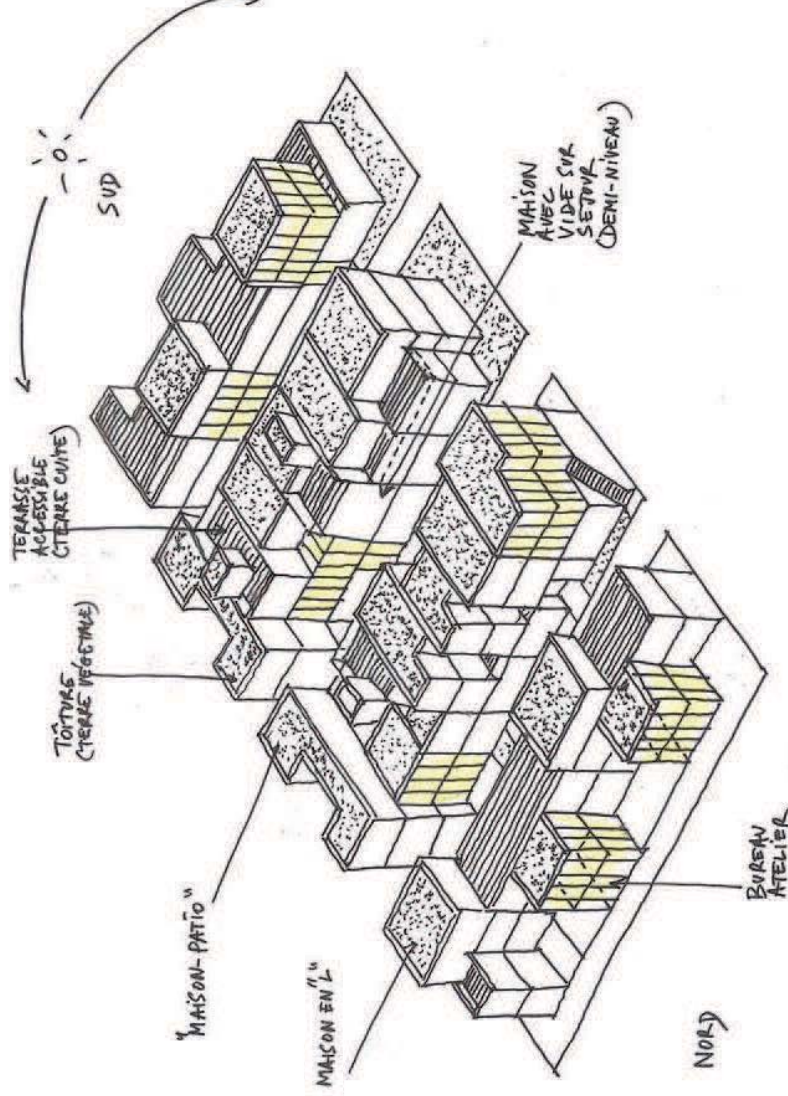
Ventilation interne d'un logement - échangeur double flux





Bâtiment-concept

Habitat pluriel, terre et temporalités



Maison tunnel, maison à patio, maison en L, maison tour, maison en croix

Fonctionnement général

Le bâtiment-concept décline le scénario d'un habitat pluriel associant dans un objectif de mixité et de densité relative, des dispositifs de transferts de calories et de rayonnement des parois et enveloppes à éléments modulaires dérivés de la terre cuite et de la terre compressée. Le projet se présente comme une nappe de logements individuels denses entre lesquels s'insèrent des volumes dédiés à l'activité, au tertiaire ou à 'la pièce en plus' prolongeant l'habitat. Cette combinatoire de volumes chauffés de manière différentielle est associée à la composition de l'enveloppe en briques moulées de hauteur d'étage et à celle des cloisons en terre crue compressée qui participent à la performance thermique et énergétique de l'ensemble. La cible de performance énergétique visée est de type Effinergie pour un niveau de densité équivalent à 100 logements à l'hectare.

La maison comme ensemble est décomposée en 'pièces et éléments' qui constituent le 'plan neutre'. Les pièces de la maison sont ramenées à une unité : un volume, une surface, un module, un climat. Le module 5,70m x 5,70m est à la base d'un plan 'neutre', flexible, extensible à l'infini. Les mêmes pièces composent différentes typologies de maisons : maison à patio, maison en L, maison tour, maison tunnel, maison en croix. A l'échelle de l'îlot et du quartier, ce plan neutre permet une évolution (extension ou recomposition) tout en gardant des qualités thermiques qu'il est possible d'optimiser.

Points forts

- Modularité et flexibilité tant au niveau logement qu'à l'échelle urbaine.
- Priorité donnée aux systèmes énergétiques passifs.
- La qualité intrinsèque du bâti permet de générer une économie de besoins énergétiques.
- Les principes constructifs : brique de hauteur d'étage, brique 'mono mur', briques de terre crue.
- La capacité de stockage hygrométrique de la terre permet de réduire les pics d'humidité et les débits d'extraction d'air dans le logement.
- Les capacités d'accumulation thermique des matériaux terre cuite et terre crue permettent le stockage et les transferts de chaleur entre l'habitat et les locaux d'activités occupés dans des temps successifs.





EQUIPE & DEMARCHE DE CONCEPTION

Une équipe concourante

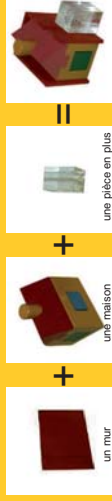
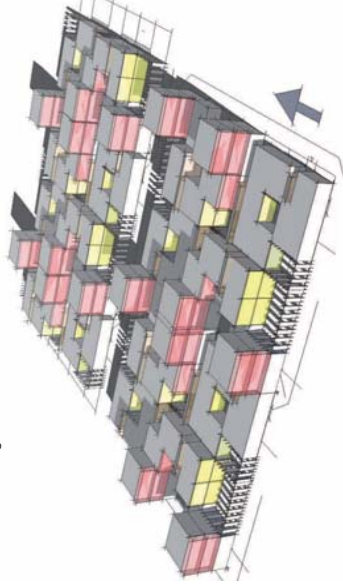
- TECTÔNE : Sabri BENDIMERAD et Pascal CHOM-BART DE LAUWE
- RFR éléments : Benjamin CIMERMAN, Maxime CARRE, Pierre JAGER
- TERREAL : Isabelle DORGERET

Terre, temporalités, habitat pluriel, 'pièce en plus', maille élémentaire, plan neutre, évolutivité sont les mots clés du concept. L'approche systémique concilie toutes les échelles de l'habitat (du domestique à l'échelle du territoire). L'efficacité énergétique dépend du confort et du ressenti des habitants. La dimension tactile et la conception passive sont les priorités de la démarche.

Adaptabilité et évolution

A l'échelle de l'îlot et du quartier, le plan neutre permet une évolution (extension ou recomposition) tout en gardant des qualités thermiques. La récupération directe passive de l'énergie solaire associée à une bonne isolation extérieure du bâti constitue la méthode la plus efficace et la moins coûteuse pour réaliser des logements à basse consommation d'énergie. Compacité du bâti et ouverture sur l'extérieur pour capter la lumière naturelle, récupération solaire, habitabilité et densité sont optimisées pour toutes les typologies.

Assemblage urbain



La maison comme ensemble est décomposée en 'pièces et éléments'

Le plan neutre, un dispositif à réactiver

Repartir de la pièce pour concevoir l'habitat de demain dense et économe en énergie est une nécessité autant qu'un résultat. Ceci suppose un cadre de production et génère une méthode d'assemblage et de déclinaison du 'plan'.

Les architectes qui ont exploré les potentialités du 'plan neutre' l'ont logiquement associé à un principe constructif modulaire. Le concept se caractérise par un travail de réassemblage du plan de la maison à partir de la 'pièce' comme matrice de l'espace domestique, maille élémentaire d'un ensemble plus vaste. Le 'plan neutre' fait partie de l'héritage moderne en tant que modèle d'investigation du logement. Il permet une grande variabilité des partitions de l'espace domestique, des recombinaisons multiples, une certaine latitude pour la réaffectation des usages ainsi que l'individualisation des pièces. Il a aussi pour avantage d'intégrer de fait une évolutivité limitée de la maison puisque chaque pièce du logis peut au gré d'une réorganisation à venir, se transformer en 'une pièce en plus' comme emblème de l'habitat individuel. L'évolution des modes de vie, le vieillissement de la population, la complexification de l'organisation familiale et des situations générationnelles, le rapport à la mobilité des habitants rendent nécessaire l'évolutivité de l'espace domestique.

Extensibilité de l'assemblage urbain



TERRE & RESULTATS THERMIQUES

Simulation thermique

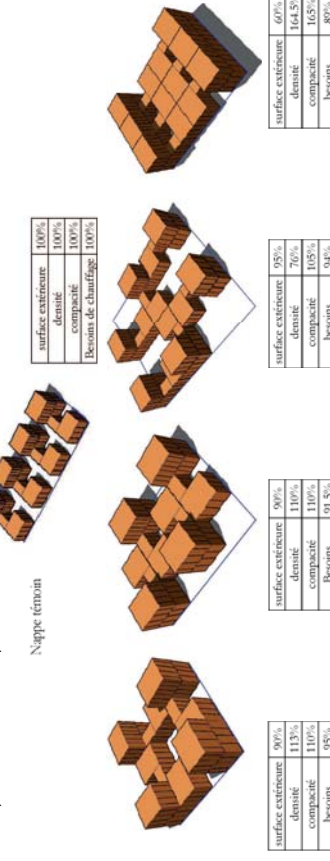
La simulation thermique à différentes échelles a permis d'évaluer la performance et d'alimenter les choix de conception :

- Echelle de la paroi : transmission de chaleur à travers une brique selon sa géométrie et la nature de ses composants, simulation des transferts hygrométriques.
- Echelle du bâtiment : simulations thermiques dynamiques de logements à plusieurs pièces, transferts thermiques par les parois entre logements et activités.
- Echelle urbaine : forme de l'îlot par rapport aux masses solaires, orientations pour l'optimisation des apports solaires, comparaison en bilan énergétique des mitoyennetés.

La simulation thermique permet de comparer et d'optimiser des options architecturales et constructives. Les termes de la comparaison sont la densité (rapport de la surface bâtie à celle de la parcelle) et la compacité (rapport de la surface habitable à celle des parois en contact avec l'extérieur, y compris toit et dallage). Les besoins énergétiques sont évalués avec un logiciel de simulation thermique dynamique Bsim.

Les résultats indiquent une variation des besoins de chauffage de 6% entre les cas extrêmes (95%-89%), une différence de surface extérieure proche de 40% pour le 4ème assemblage par rapport au témoin.

Simulations thermiques en fonction des implantations



USAGE ET QUALITÉS ENVIRONNEMENTALES

Confort climatique adaptatif

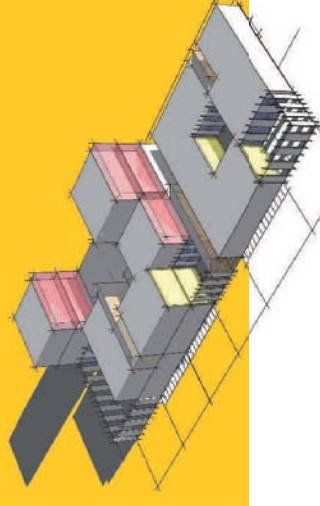
Le 'bâtiment-concept' se donne des seuils de confort en hiver différents des pratiques habituelles : température de confort à 20°C pour les pièces de vie, salon, séjour, mais dans d'autres pièces comme les circulations, la température fluctue avec les apports solaires passifs et bénéficie du rayonnement des masses thermiques des parois. Redonner à l'habitant des sensations de variations de climat intérieur dans un 'parcours' lui permet de s'adapter à des usages différents, à des activités physiques et à des niveaux d'habillements différents. Le paradigme d'un intérieur où le corps humain perçoit des stimuli sensoriels thermiques et lumineux, sujets à variation selon le climat extérieur (température, ensoleillement, vent) donne du sens à un bâtiment environnemental et ouvre de nouvelles pistes d'économies d'énergie.

Le projet intègre des mécanismes passifs à la qualité des dispositifs architecturaux et urbains. Un habitat solaire passif est peu assujéti à des performances de détail de bâti (étanchéité à l'air, continuité de l'isolant) et à des systèmes mécaniques (rendements réels, régulation réelle en fonctionnement). Les besoins énergétiques recherchés découlant de ces principes de conception et de cette approche du confort sont raisonnablement réduits.

Perspective intérieure vers le patio



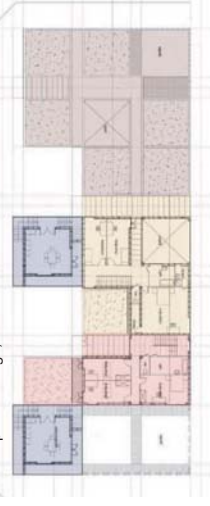
Perspective intérieure vers le patio



Coupe longitudinale, îlot de 5 maisons individuelles



Plan du premier étage, îlot de 5 maisons individuelles



Plan du rez-de-chaussée, îlot de 5 maisons individuelles



VILLE ET APPROCHE ARCHITECTURALE

Insertion urbaine et densité relative

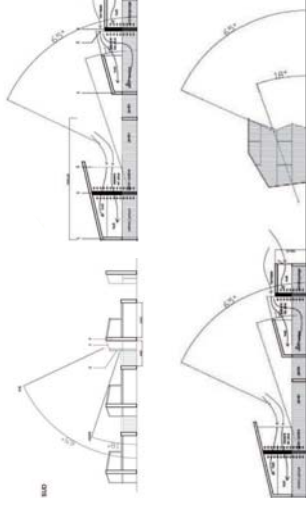
À l'échelle urbaine, le 'bâtiment-concept' est inclus dans un quartier de type lotissement suburbain, tracé suivant une trame régulière rectiligne basée sur la 'maille élémentaire', pièce ou module de l'unité de vie. Les possibilités d'assemblage sont nombreuses et complexes : superpositions, dos à dos, simples et double contiguïtés. Trois typologies ont été explorées :

- maison en 'tunnel' avec trame étroite (4,5m) et profonde (>10m) : linéaire de façade peu important par rapport à la surface au sol et mitoyennetés répétitives,
- maison épaisse (18m) à patio, partiellement extensible à R+1 : contiguïtés plus ouvertes,
- plan 'neutre' basé sur une pièce de 5,4m x 5,4 conçue comme une maille élémentaire.

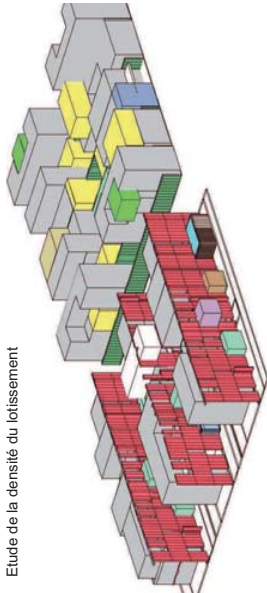
Le projet intègre une réflexion sur la densité qui permet de limiter les masques d'un bâtiment sur l'autre. L'îlot offre des orientations Sud pour chaque pièce de vie des logements. Les maisons de ville comportent de nombreuses mitoyennetés qui économisent une partie des déperditions thermiques.

Le bâtiment concept permet plusieurs typologies de maisons et différentes possibilités d'assemblage. Les densités envisagées sont de l'ordre de 100 logements/hectare ce qui correspond à la densité d'autres projets de lotissements de l'époque moderne.

Etudes de l'ensoleillement au sein de l'îlot



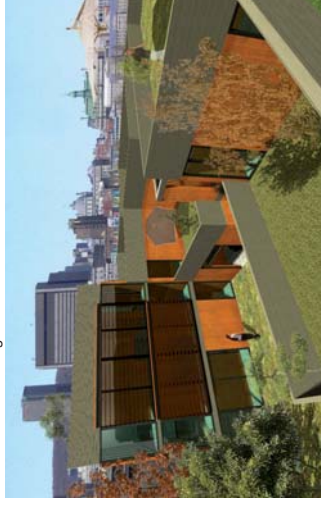
Etude de la densité du lotissement



Insertion suburbaine



Insertion urbaine et végétation en coeur d'îlot





FONCTIONNEMENT TECHNIQUE DU BÂTIMENT

Enveloppe : terre cuite

L'objectif du concept à la fois de diminuer les déperditions (résistance thermique) et d'améliorer le confort d'été (inertie thermique).

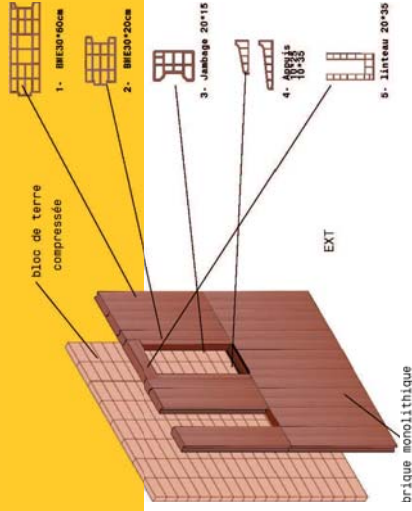
Le meilleur compromis entre thermique d'hiver et d'été est celui de la brique monolithique isolée (BMI) à laquelle on ajoute une paroi constituée de Briques de Terre Compressée (BTC). La résistance thermique est privilégiée pour les parois ne bénéficiant pas d'apports solaires. Les choix constructifs sont étudiés en termes d'énergie de fabrication des composés de parois opaques ; la terre crue est très intéressante sur ce plan.

Une solution à plus long terme sera une brique 'multi-alvéolée' ou brique remplie d'un isolant moins énergivore : argile expansée, laine de bois. Cette solution nécessite une phase de développement plus longue.

En résumé, l'enveloppe envisagée est la suivante :

- Nord : BMI de hauteur d'étage, composées dans leur épaisseur d'un parement extérieur brique de terre cuite 10cm + polystyrène extrudé 5 à 10cm + brique en terre cuite 15cm + brique en terre crue 5cm.
- Sud : 3 systèmes pour la récupération des apports solaires : larges baies vitrées, murs capteurs et serres
- Toiture : isolation laine minérale 12cm.
- Mur de refend intérieur en terre cuite avec remplissage isolant + parement terre crue 5cm de chaque côté.

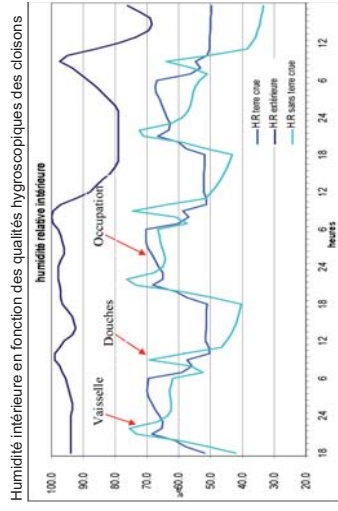
NATURE	PERFORMANCE	COMPOSITION
	Mur extérieur (BMI) U= 0,23 W/m².K	Terre cuite int. (15cm) + isolant polystyrène (10cm) + terre cuite ext. (5cm) A = 0,032 W/m².K
	Mur intérieur Cloison	5 cm de terre crue
	Plancher bas	Béton (10cm) + isolant laine de verre (10cm) A = 0,032 W/m².K
	Toiture	Béton (10cm) + Panneau semi-rigide à dérivator en laine de verre (12 cm) A = 0,032 W/m².K
	Fenêtre	DV traité mécanisme bois R=0,6 TL= 25%



Cloisons hygroscopiques : terre crue

Les briques comprimées en terre crue dont sont composées les cloisons et l'épaisseur intérieure de l'enveloppe sont capables d'absorber la vapeur d'eau. La paroi perméable à l'humidité permet d'évacuer la vapeur d'eau sans avoir recours à la ventilation. En associant les caractéristiques hygroscopiques de la terre crue à une ventilation hygroscopique, l'air est renouvelé où et quand il le faut, assurant confort et hygiène pour les occupants. Le système comporte des bouches d'extraction et des entrées d'air asservies à l'humidité du logement. Le système adapte en permanence les débits d'air aux besoins réels de chaque pièce.

En diminuant les pics d'humidité, on diminue les besoins de ventilation et les consommations de chauffage à cause des déperditions par renouvellement d'air.



PERFORMANCES ÉNERGETIQUES

Systèmes énergétiques passifs

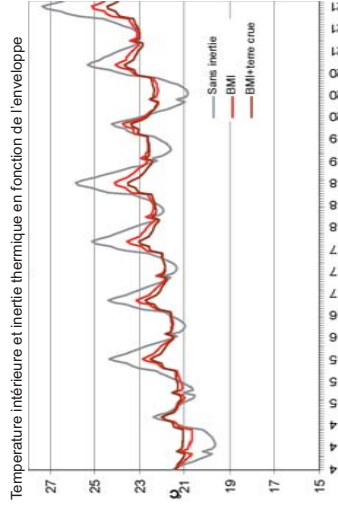
Trois systèmes énergétiques passifs de parois climatiques permettent de récupérer les apports solaires :

- **Gains directs par les vitrages.** L'énergie solaire entrant dans le local à travers la baie est absorbée par les parois et les objets intérieurs, et local a tendance à s'échauffer. L'été, une protection extérieure (store screen) couvrira la façade et coupera le rayonnement solaire.

- **Mur capteur.** Le rayonnement solaire est valorisé par effet de serre, en disposant un vitrage devant un mur. L'énergie solaire est transmise par conduction à travers le mur, avec un déphasage de 8 heures qui permet de chauffer la pièce au moment où il n'y a plus de soleil. En raison des pertes du mur capteur durant la nuit, il faut mettre en œuvre un double vitrage. En été, des ouvrants haut et bas permettent à l'air de circuler et un rideau recouvre le vitrage pour éviter la surchauffe.

- **Serre habitable accolée à une maçonnerie.** Les apports solaires et les déperditions à travers le vitrage sont équilibrés. En journée, le shed surélevé permet de récupérer une partie des apports en évitant les masses. Ce principe permet d'éviter de chauffer les parties communes et de leur apporter la lumière naturelle suffisante pour se passer d'éclairage artificiel pendant la journée.

- Le plancher lourd (béton ou terre crue) est directe-



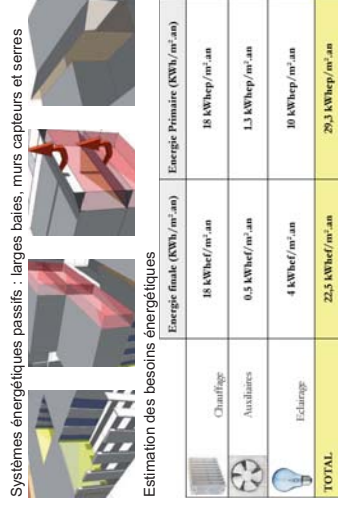
Etude de l'ensoleillement, ombres portées, 21 décembre

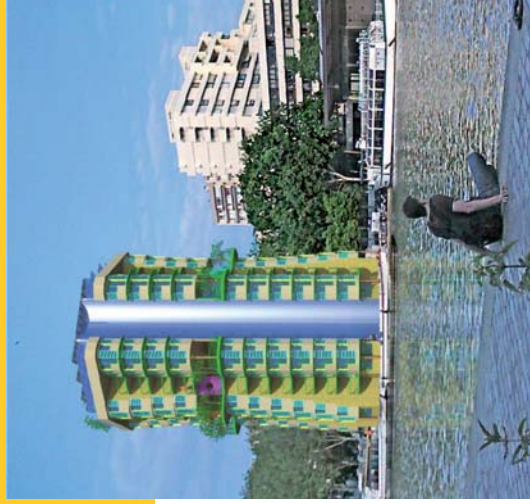
ment impacté par le rayonnement qui traverse le vitrage. On évitera donc tout revêtement (moquette, faux plancher...) empêchant cette récupération. Les pièces à vivre sont donc chauffées pendant la journée grâce aux apports solaires directs puis enfin de journée, grâce à l'inertie de la dalle.

Les simulations sur l'implantation et sur l'ensoleillement permettent de choisir une exposition aux rayonnements solaires sans subir d'ombrage du bâtiment voisin, même pendant l'hiver. Une architecture adaptée permet de limiter les besoins d'éclairage et de chauffage, tout en limitant les apports d'été.

Systèmes énergétiques actifs

- **Ventilation** : simple flux hygroscopique, entrée d'air neuf par l'espace en plus. Le choix et le réglage des bouches hygroscopiques pourra être affiné afin d'optimiser les débits en fonction des propriétés de la terre crue vérifiées in situ (potentiel d'étalement des débits).
- **Chauffage** : production à préciser, à priori distribution hydraulique et émission par rayonnement. Le mode de production peut être modifiable en fonction du contexte d'approvisionnement énergétique (bois, solaire actif, gaz, électricité...).





Les formes de la nature ont inspiré l'architecture de cet édifice

ECOLOCATIF en BOIS

Autonomie solidaire

Une équipe concourante

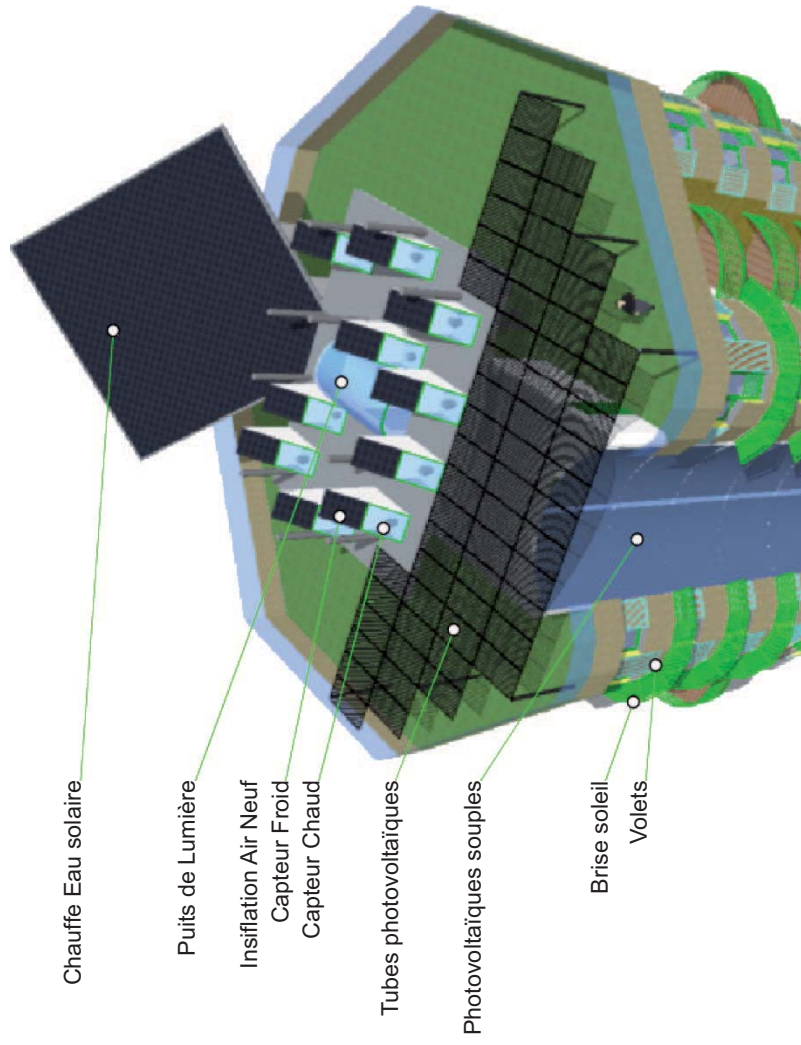
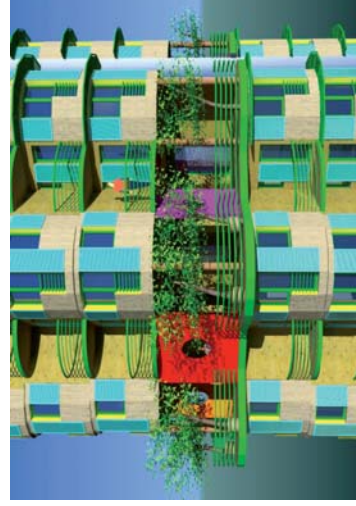
- Archic - Architecture (contact : archic@batimax.fr)
- Lignatec-KLH - Industrie du Bois
- Costic - BET Thermique
- Steuerwald - BET Structure
- Écobanques - Économiste
- CNDB - Partenaire

CONCEPT : Autonomie solidaire

Le concept post-copernicien d'autonomie solidaire, mis en œuvre dans cette architecture décrit une situation individuelle dans un espace-temps partagé. Ce modèle révoque celui de la croissance et du centralisme. Il est plutôt fluide et saisonnier, local et interactif. Tout écosystème est autonome et solidaire.

Points forts

- Architecture de forme compacte.
- Très haute isolation thermique.
- Chauffage et climatisation par échangeur thermodynamique individuel.
- ECS solaire + chaudière d'appoint (gaz).
- Production d'électricité photovoltaïque.
- Bilan carbone : l'immeuble stocke 1100 t de CO₂ !



Fonctionnement général

Ce projet est l'aboutissement de la recherche CQHE : Concept-Qualité-Habitat-Énergie, initiée par le Ministère de l'Écologie en 2008. C'est un immeuble d'habitation à loyer décent, économique en énergie, construit en bois. Il bénéficie du label 'Réalisation expérimentale', des aides qui l'accompagnent, et de procédures simplifiées pour la maîtrise d'ouvrage publique (article 75). L'immeuble n'est pas localisé pour le moment, il est conçu pour s'adapter simplement aux conditions environnementales, climatiques, géologiques et urbaines. L'objet du projet est une tour en bois de 12 étages. Composée de studios d'environ 25 m², elle est destinée à des personnes vivant seules, jeunes ou âgées. Le septième étage est une terrasse permettant une vie associative au sein de l'immeuble. Le rez-de-chaussée est composé, en plus d'un hall et d'un espace d'accueil, de buanderies et de garages à vélo. La toiture offre aux occupants un second étage terrasse mais permet aussi de produire de l'énergie sous forme électrique (panneaux photovoltaïques) et thermique (panneaux solaires pour la production d'eau chaude sanitaire). Les règles de sécurité incendie propres à un immeuble d'habitation de douze étages, ont été respectées (cloisonnement, stabilité au feu, extraction).

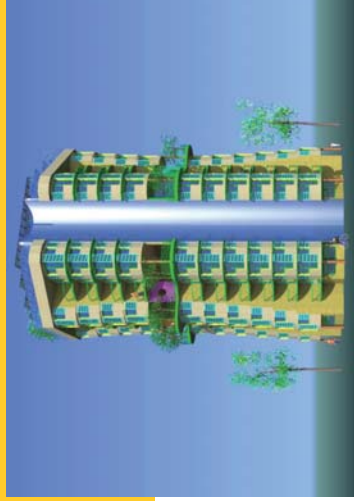
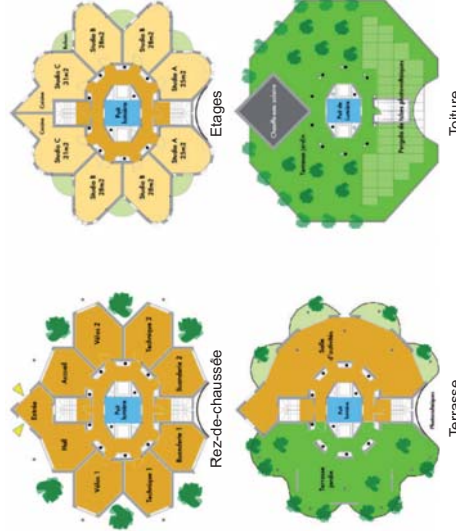
EQUIPE & DEMARCHE DE CONCEPTION

Insertion urbaine

L'architecture organique et les technologies durables qui ont été expérimentées peuvent s'appliquer à différentes situations. Les fondations sont fonction du lieu, la puissance du chauffage et du rafraîchissement est modulable. Cet immeuble isolé se place sur un terrain dégagé, mais peut prendre une autre forme pour s'insérer, avec les mêmes dispositifs, dans un tissu urbain.

Habiter autrement

Dans cet immeuble, les locataires logent dans des studios de 25 à 31m². Ils partagent buanderie, garage à vélos, terrasse, salle d'activités et toiture jardin. La colocation est pratiquée dans les villes par des étudiants, des célibataires, des jeunes et des personnes âgées. L'habitation est vécue de façon personnelle et partagée. On se retrouve l'été sous la pergola du jardin en toiture, un ping-pong sur la terrasse, une expo dans la salle d'activités, quelques fêtes aussi. Au centre, un puits de lumière réunit visuellement les étages en éclairant les couloirs. On y transite par des ascenseurs vitrés.



Construire en bois

Cet édifice en bois est une construction sèche, non maçonnie. Les murs et les dalles sont en bois massif lamellé collé. Les façades courbes sont préfabriquées en ossature bois, et posées entières sur le chantier. Ce processus de construction est rapide du fait de la meilleure précision, il ne nécessite pas de temps de séchage et assemble des parties entières (murs, dalles, façades). Les balcons sont en acier galvanisé. L'immeuble en bois fait 12 niveaux. Cette hauteur est possible grâce à de nouveaux procédés et matériaux de construction : les murs et dalles en bois massif lamellé-collé ont des propriétés structurelles capables de cette performance. Un édifice de cette technologie résiste à un tremblement de terre de magnitude 7 (Kobé).

Les chantiers en bois sont plus courts, la préfabrication peut se faire par des machines à commandes numériques, ceci implique une économie du coût de construction. La filière bois - construction, réseau interactif d'entreprises décentralisées, dispose d'un niveau de formation et de communication élevé, de technologies récentes et répond aux critères de l'économie durable.

Enveloppe et consommation

Enveloppe	
Structure	Bâlis et murs massifs en lamellé collé bois (conductivité = 0,11 W/m ² .K ⁻¹)
Isolation	Laine de roche (épaisseur sur murs 14 cm)
Façades	Double vitrage isolant (Uvet 3,0 W/m ² .K ⁻¹)
Bilan	Enveloppe très isolante à inertie très légère
Consommation	
Besoins	335 kWh/an soit environ 12 kWh/m ² .an
Chauffage	Consommation : 83 kWh/an soit environ 10 €/an (énergie électrique)
Besoins	868 kWh/an
ECS	Consommation : 1 230 kWh/an
Surfaces habitables	250 m ²
Photovoltaïque	Production : 35 000 kWh/an

FONCTIONNEMENT TECHNIQUE DU BÂTIMENT



Éléments de construction en bois et assemblages

Energie à 0,00 euros

Ce bâtiment dépense autant d'énergie qu'il en produit. Sa forme est compacte. L'isolation thermique est très élevée, et les parois en bois ont peu d'inertie. L'immeuble conserve la température et nécessite très peu de consommation. L'énergie solaire est captée et utilisée. L'eau de pluie est collectée pour les terrasses-jardins.

Energie solaire thermique : ECS

Le chauffage de l'eau sanitaire est fourni principalement par un chauffe-eau solaire collectif en toiture. Il est complété par une chaudière au gaz en appoint.

Electricité solaire photovoltaïque

Pour alimenter l'immeuble en électricité, deux types de capteurs photovoltaïques ont été sélectionnés. Des capteurs souples NANOSOLAR s'adaptent à la forme des façades, fabriqués en rouleau continu avec des nanoparticules. Des tubes SOLYNDRA espacés, posés à plat en pergola au-dessus de la partie sud de la toiture jardin, offrent un maximum d'orientation et peu de prise au vent. Surface totale des photovoltaïques : 356 m². La production électrique est vendue au réseau (pas de stockage). Selon le prix de rachat de l'électricité produite qui peut varier de 30 c€/kWh à 55 c€/kWh, les gains économiques par le photovoltaïque vont, à l'échelle d'un studio, de 87 à 111 €/an. Le temps de retour sur investissement PV varie entre 12 et 16 ans.

Chauffage - ventilation

Un faible apport thermique est suffisant pour cet habitat hyper isolé, et le débit d'air chaud ou frais nécessaire est sensiblement égal à celui du renouvellement de l'air neuf, la chaleur ou la fraîcheur est distribuée individuellement dans les conduites de l'air neuf. Un dispositif à double flux (type Températion-ALDES) renouvelle l'air de chaque logement tout en le chauffant ou en le rafraîchissant, et récupère les calories de l'air extrait pour réchauffer l'air neuf. Ce système restitue trois fois plus d'énergie utile que d'énergie consommée. L'installation est simple et la maintenance aisée. La régulation est individuelle.

Coûts du bâtiment

Le bâtiment Ecocollatif en bois a une surface hors œuvre nette de 3500 m², distribuée comme suit :

- 12 étages : hauteur 35 m
- 30 studios de 25 à 31 m²
- rez-de-chaussée 310 m²
- terrasse jardin 170 m²
- salle d'activités 140 m²
- toiture jardin 470 m²
- SHON = 3500 m².

Le coût total du bâtiment s'élève à 5 702 918 € HT soit 1630 € HT / m².

	Montant HT
STRUCTURE BOIS	1 654 942 €
MACONNERIE	250 218 €
ÉTANCHÉITE COUVERTURE	73 405 €
PLÂTRERIE ISOLATION	649 085 €
MENUISERIE EXTERIEURE	664 445 €
MENUISERIE INTERIEURE	288 805 €
ÉLECTRICITE	470 927 €
PLOMBERIE	454 152 €
GÉNIE CLIMATIQUE	216 809 €
ASCENSEURS	97 042 €
SOUS SOUPLES	179 392 €
BARDAGE	527 007 €
PEINTURE	176 483 €
Total HT :	702 917 €
Prix m ² HT	1 630 €
SHON	3 500 m ²

Bilan économique

Bilan énergétique de l'immeuble	kWh/m ² .an	Label
1 - Avec climatisation	43	BBC Effortage
2 - Climatisation naturelle	33	BBC Effortage
Bilan économique par studio		
1 - Avec climatisation	171	
2 - Climatisation naturelle	01	
* Calcul réalisé sur la base d'une vente de l'électricité au réseau EDF.		
Photovoltaïques : Production électrique 35 000 kWh/an		
● Bilan carbone : Cet immeuble stocke 1100 tonnes de CO ₂ !		

Consommation d'énergie



Optimisation de la façade Nord

Recherche urbaine et technique sur l'immeuble de logement collectif durable : reconsidération des paramètres de confort

Point de vue sur la ville : 'Lost in translation' de Sophia Coppola, 2004.

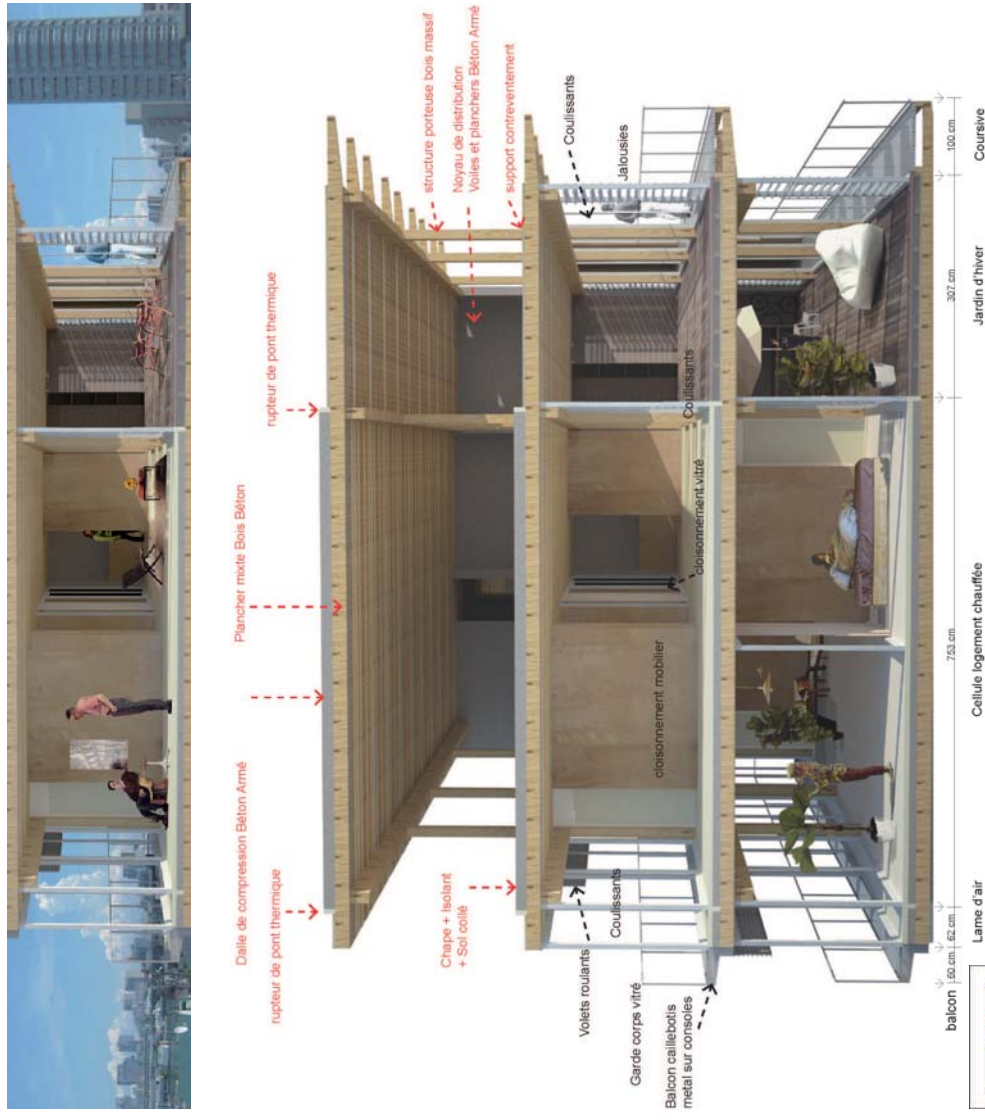
Points forts

- Mots clefs : adaptabilité aux conditions urbaines, neutralisation de la paroi froide à priori nord, confort d'usage, circulation de l'air NS, confort d'hiver et confort d'été et performances énergétiques, durabilité = évolutivité, durabilité = modularité et concept bois-béton.
- Problématique d'efficacité énergétique partant du confort de l'utilisateur : espace flexible, adaptabilité dans le temps, thermique et lumière.
- Concept multipliant la possibilité d'insertion urbaine.
- Structure béton-bois innovante et performante : plancher poutres bois en support d'une dalle de compression, isolant et chape béton.
- Approche de la performance énergétique basée sur un principe de transfert des calories N/S.
- Accent mis sur la réversibilité des fonctions dans le temps, la mixité des activités et des typologies.
- La durabilité a pour objectif le confort des utilisateurs, ainsi l'appropriation des plateaux traversant vise un 'espace idéal' pour chacun : dispositifs mobiles par une combinaison de meubles-cloisons et de parois coulissantes vitrées ouvrant largement sur l'extérieur.

Fonctionnement général

Le 'building concept' n'est ni un objet technique, ni la recherche d'un niveau de performance donné, mais une problématique d'interaction entre une manière d'habiter contemporaine et un enjeu d'efficacité énergétique. La neutralisation du paramètre de la paroi froide à priori affecté à la façade nord, remet en cause la manière conventionnelle de penser la cellule logement, l'affectation et la réversibilité de l'immeuble comme la manière de faire la ville, dans la pluralité de ses situations. Le projet consiste en un bâtiment à 3 à 7 niveaux orienté nord-sud entre deux murs mitoyens. Le rez-de-chaussée abrite des commerces ou des services, les étages accueillent des logements ou des bureaux. Le plan est libre, il permet différentes configurations intérieures et une adaptabilité fonctionnelle pour le futur. Le concept associe une structure en béton armé pour la trame centrale de circulations, gaines et pièces humides, et un complexe innovant en bois-béton pour les dalles constituant des plateaux libres.

Des espaces tampons ('lames d'air') protègent les appartements en façade nord. Des 'jardins d'hiver' répartis sur toute la façade sud sont des pièces de vie en été et en mi-saison, elles participent à la thermique en hiver. Les façades sont entièrement vitrées au Nord et les pièces peuvent être traversantes. La proposition considère les paramètres de confort. Elle n'utilise pas le cadre et les composants proposés par la réglementation thermique actuelle pour atteindre le niveau attendu (BBC). Les objectifs passent d'abord par une évaluation de l'ordre du confort (thermique, lumière, espace, adaptabilité...). Une gestion dynamique de la thermique est mise en place et les équipements technologiques sont utilisés le moins possible.



**EQUIPE
DEMARCHE DE CONCEPTION**

Equipe

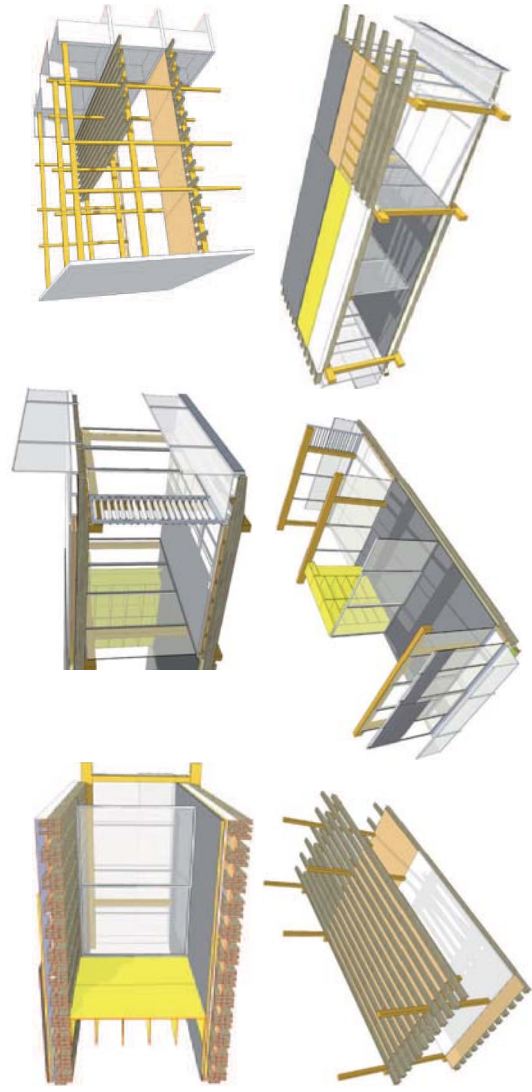
Le projet est l'œuvre d'une équipe concurrente de compétences complémentaires.

- AlterSmith architectes
- Cardonnel Ingénierie
- Batiserf
- R&D St Gobain Glass
- R&D Technal

Structure

Le noyau regroupant la circulation verticale, les murs mitoyens Est et Ouest, les pièces d'eau et les rangements est construit en voiles et planchers béton de 20 cm d'épaisseur supportant des surcharges jusqu'à 1000 kg/m² (stockage). Le plancher bois-béton, complexe mis au point par la société CBS-CBT, se compose

de lames de bois massif de 21x6 cm assemblées en quinconce. Cinq lames de bois fabriquent des poutres, assemblées entre elles par des panneaux de CTBH de 30 mm recevant une dalle de compression, une couche d'isolant et une chape béton. Ce dispositif permet d'accepter les surcharges d'exploitation.



Perspectives élatées du système constructif : planchers en complexe bois-béton sur système poteaux-poutres en bois

PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION ET DE DÉVELOPPEMENT

Adaptabilité et évolution

La durabilité d'un immeuble réside dans son niveau d'appropriation et dans sa faculté d'adaptation avec différentes formes d'habiter. La modularité est une façon de proposer à chacun son 'espace idéal', elle offre une adaptabilité d'occupation suivant les saisons, une manière de puiser toutes les ressources du logement tout au long de l'année. Le projet s'appuie sur deux dispositifs mobiles, une combinaison de meubles/cloisons segmentant transversalement le logement et une file de coulissants vitrés longitudinaux séparant la surface du logement en deux, tout en préservant des vues traversantes. Les pièces humides sont fixes et concentrées autour du noyau de circulation verticale. Les espaces de rangements sont de natures différenciées.

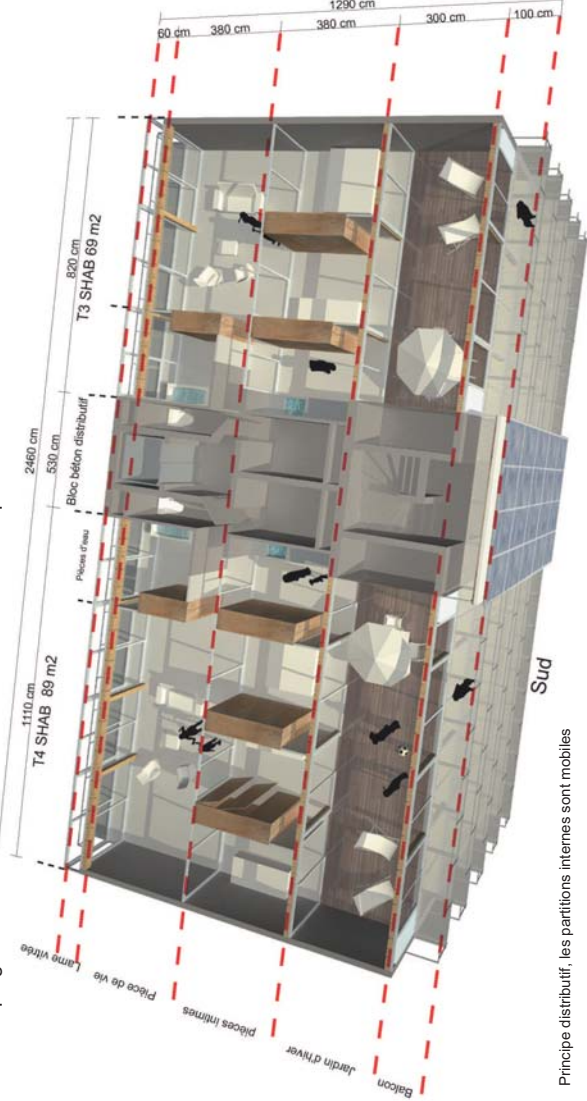
Au-delà de la modularité offrant une variété de typologies de logements, le projet intègre l'évolutivité vers d'autres programmes comme le tertiaire.

Durabilité = évolutivité

- circulations verticales centrales
- gaines palières dimensionnées pour permettre l'évolution des réseaux (notamment courants faibles)
- plateau pouvant accueillir tout type d'agencement, la file de coulissants offrant une division acoustique N/S
- distribution des courants forts et faibles par caniveau encasté permettant évolutivité et maintenance aisée
- cellier basculant en archivage
- sanitaires handicapables
- optimisation de la surface utile en ajoutant un double-vitrage sur la paroi sud : intégration du jardin d'hiver dans la zone chauffée

Durabilité = modularité

Pas de reconstruction mais transformation voire ajustement. Les caractéristiques inhérentes aux bureaux sont présentes.



Principe distributif, les partitions internes sont mobiles

USAGE ET QUALITÉS ENVIRONNEMENTALES

Cellule de logement

La partition du logement répond à des fonctionnalités liées aux modes de vie et à des paramètres de confort. Classiquement la gestion du confort est statique, les pièces de nuit sont placées au nord et fermées pour éviter les déperditions, les pièces de vie sont implantées au soleil et les vues sont privilégiées. Reconsidérer les paramètres de confort en utilisant une gestion dynamique impose d'inventer de nouveaux dispositifs thermiques. L'absence de lumière au nord peut être compensée par une grande surface vitrée (mur rideau nord) sur la ville à condition de neutraliser l'effet de froid. On peut y adosser toutes les pièces de vie. Le jardin d'hiver au sud, un espace tampon non chauffé, est le vecteur et une réserve de calories destinés à la gestion thermique de logement. Il sert de réserve pré-chauffée pour les entrées d'air neuf à diffuser dans le logement. Dès que la température est acceptable en mi-saison, c'est un espace de vie, une terrasse, un salon d'été, un jardin.

Ainsi, on peut envisager un assouplissement de la détermination des fonctions par des partitions ponctuelles et des temporalités d'utilisation variables. La configuration du logement peut être adaptée et reconfigurée à souhait, selon des temporalités diverses. Les cloisonnements sont mobiles, la structure permet de les positionner indifféremment dans la bande nord ou sud. Le dispositif dessine une nouvelle carte du logement où le positionnement de chaque pièce n'est plus assujéti à des contraintes mais à des choix de vie.

Exemple de plan d'étage - les partitions internes sont mobiles

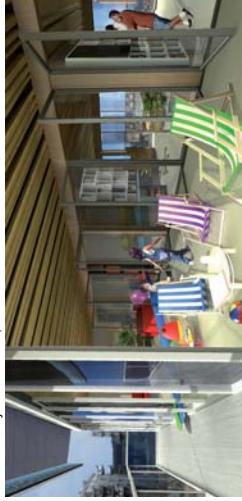


Bâtiment

Deux logements constituent un plateau de part et d'autre d'un noyau fixe intégrant escalier et ascenseur. Pour autoriser la modularité, les pièces d'eau sont accolées à ce noyau contribuant au contreventement de l'ensemble de la construction. La présente recherche est basée sur un empiètement de trois niveaux de logements sur un rez-de-chaussée disponible pour un programme de commerce ou d'activité tertiaire. La couverture est surmontée de serres offrant un espace de jardin commun aux occupants de l'immeuble. Ces espaces sont considérés comme fermés et non chauffés pour la simulation thermique dynamique.

Le schéma des logements permet de pouvoir installer un programme de bureaux dans ce dispositif. Des adaptations mineures, essentiellement en terme de ventilation seront à prévoir. Les surcharges admissibles sont adaptées aussi bien pour la partie bureaux que pour l'archivage à proximité du noyau. Les façades est et ouest sont des murs aveugles ce qui permet l'implantation en mitoyenneté dans un tissu urbain existant ainsi que la juxtaposition de plusieurs bâtiments-concept.

Vue vers le jardin d'hiver, lieu de vie en été et en mi-saison



VILLE ET APPROCHE ARCHITECTURALE

Habiter dans la matière de la ville

La condition urbaine s'articule sur les trois notions de densité, de mixité et de d'intensité. Ouvrir sur la ville, c'est l'accepter et accepter d'en faire partie. Ouvrir du sol au plafond, c'est permettre d'embrasser d'un seul mouvement de tête le ciel et le sol, le vertige et le rêve. Ouvrir un espace traversant de part en part, c'est permettre d'estimer les distances entre soi et la ville, de percevoir des profondeurs de champ, des distances. C'est aussi proposer de glisser de la notion de hiérarchie d'espaces préablement partitionnés (lumières-sombres, chaud-froid, intime-public...) à la possibilité d'appropriations temporaires, plus libres, plus flexibles, plus créatives. Plus que la question du confort, une nouvelle manière d'habiter devient possible.

Orientation et masque urbain

Les simulations de contraintes d'implantation, d'orientation et de masque urbain ont montré les limites de fonctionnement du système. Le gain du transfert Sud/Nord augmente dans les régions plus ensoleillées. Le concept fonctionne correctement pour une implantation en zone dégagée ou avec des masques ne dépassant pas 20° sur l'horizon. Pour des masques plus importants, le gain du transfert décroît. L'orientation différentielle du plein sud à ±30° peut augmenter les besoins de chauffage jusqu'à 5%. L'implantation en zone urbaine dense s'estime et peut être compensée par l'apport de bâtiments en position plus favorisée dans le quartier.

Implantation en zone paysagère, avec horizon sud dégagé pour éviter les 'masques' d'ombre sur la façade active



Adaptabilité aux situations urbaines : Densité - Périphérie - Paysage

Fabriquer la ville

Les différents paramètres de cette recherche se sont constitués en 'suspens' des contextes possibles d'implantation dans la ville. De manière non exhaustive, l'équipe envisage différentes typologies d'implantation de l'immeuble dans diverses situations urbaines type :

- zones attractives : cœur de ville ou zones paysagées,
- territoires en mutation,
- espaces de périphérie.

Dans un jeu de contreparties, la densité est 'soutenable' parce qu'un jeu d'alternités est possible dans des territoires vivants et investis. Envisager l'environnement direct, les contextes réglementaires, la densité, les différences nuisances, les ombres, mais aussi les caractéristiques propres aux différents sites (zones attractives, territoires en mutation, espaces périphériques...) fabrique des interactions de l'immeuble à la ville. La réversibilité des fonctions du plateau libre (logement/tertiaire/commerce) rend possible des formes mixtes de programmation ; la cellule logement se place dans une organisation plus globale de l'immeuble, fabriquée au plus près des contraintes ou des opportunités urbaines 'situées' (besoins, nuisances, règlements).

Le rez-de-chaussée ou les premiers niveaux peuvent par exemple se fabriquer comme un autre projet, parking, commerces, services, les premiers niveaux peuvent être alloués à du tertiaire, ou enfin, autre exemple, dans le cas d'une implantation en péri urbain, les ascenseurs peuvent être remplacés par des montées d'escaliers plus généreuses et plus ouvertes (R+2).

FONCTIONNEMENT TECHNIQUE DU BÂTIMENT

Nord Sud : Circulation d'air chaud

Pour atteindre les objectifs de confort posés à l'origine de l'étude et proposer une façade nord vitrée, l'enjeu est la neutralisation, ou la réduction des déperditions engendrées. Le principe proposé est le transfert direct d'air 'chaud' du sud vers le nord. L'énergie solaire, par effet de serre, est transformée en air chaud dans les 'murs-captateurs' devant les cages d'escalier. Ce potentiel calorifique immédiat est ensuite conduit dans une gaine isolée et alimente une lame d'air épaisse de 70 cm constituée de 2 parois vitrées. Cette lame d'air ventilée (l'air chaud est amené en partie haute, évacué en partie basse) joue le rôle d'une isolation dynamique. Le transfert est effectif lorsque l'effet de serre peut être produit, quand le soleil est présent. Il est stoppé la nuit. Un ventilateur alimenté par un panneau photovoltaïque déclenche le transfert. Il ne fonctionne que lorsque le soleil permet la production du peu d'électricité nécessaire à son fonctionnement.

Le principe d'un espace solarisé permet réglementairement d'utiliser l'air préchauffé pour alimenter l'air neuf à l'intérieur du logement. Le différentiel de température de l'air à chauffer pour atteindre un confort estimé à 19°C est alors diminué, comme la quantité d'énergie.

Parois vitrées

- Paroi extérieur d'hiver : menuiseries coulissantes, simple vitrage type STADIP 33.1 (St-Gobain) + bande verticale de jalousies. $U_w = 5,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, $Sw = 0,67$. Le simple vitrage est le plus apte à créer l'effet de serre nécessaire à chauffer l'espace en hiver et à mi-saison.
- Paroi sud jardin d'hiver/espaces chauffés : menuiseries coulissantes, double vitrage Planitherm Futur N, lame d'argon 16 mm. $U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$, $Sw = 0,33$.
- Parois nord pièce/lame d'air/ext : 2 ensembles menuisés avec ouvrants, châssis fixes et éléments pleins de type Soléal Fym, menuiseries double vitrage Planitherm Futur N, lame d'argon 16mm. $U_w = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$, $Sw = 0,34$. Un volet roulant ($R = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$) à l'extérieur réduit les déperditions la nuit.

Les parois à l'intérieur de l'espace chauffé ne participent pas à la thermique globale, mais ont des fonctions de cloisonnement et d'acoustique.

- La paroi longitudinale est à menuiseries coulissantes, simple vitrage type feuilleté 44.2 (St-Gobain).
- Les cloisons transversales intégrant des rangements, sont facilement déplaçables ou démontables et offrent de multiples schémas d'organisation et de modulation suivant les saisons, le groupe familial ou les envies.

PERFORMANCES ÉNERGETIQUES

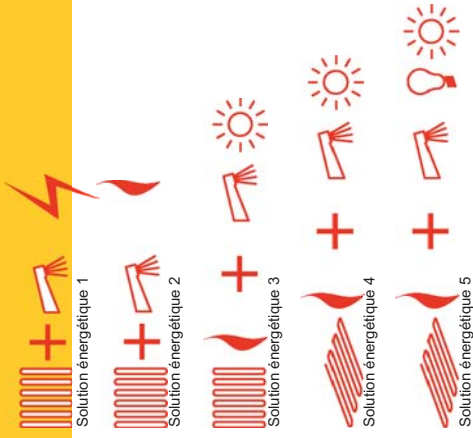
Performance énergétique

- La configuration de base, une lame d'air au nord constituée d'un double vitrage sur la peau intérieure et sur la peau extérieure. La performance énergétique des solutions est évaluée à l'aide du logiciel Pleiade-Comfie :
- 1 : solution de base tout électrique
 - 2 : chaudières individuelles gaz sur radiateurs
 - 3 : chaudières individuelles gaz sur radiateurs + système solaire thermique pour l'ECS
 - 4 : chaudières individuelles gaz sur plancher chauffant + système solaire thermique pour l'ECS
 - 5 : chaudière individuelles gaz sur plancher chauffant + système solaire thermique pour l'ECS + photovoltaïque 12kWhep/m².an

Les valeurs de Cep sont majorées pour le calcul effectif des valeurs de référence pour les niveaux de Label. Le rapport SHON/SHAB est limité à 1,20 pour le label BBC-Effergie. Le rapport SHON/SHAB du projet est de 1,60. Ces surfaces complémentaires ne peuvent être pris en compte entièrement. En tenant compte de cette SHON limitée, la valeur du Cep de la solution 2 (dispositif double DV nord) serait de 50,3 kWhep/m².an, est n'est donc pas 'éligible' au label BBC-Effergie, alors que la consommation 'réelle' est de 37,5. De même, les valeurs des Cep des solutions 2 et 3 (dispositif SV / DV nord) sont majorés pour atteindre 58,4 et 50,3.

Confort d'été

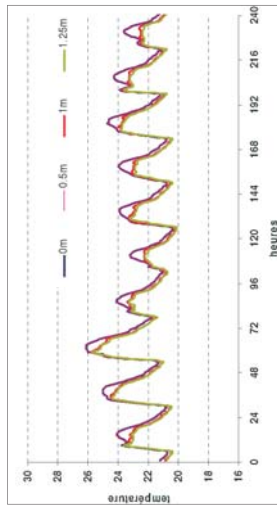
- **Protection solaire** : les grandes surfaces vitrées en paroi sud imposent de contrôler le confort d'été. La simulation thermique dynamique indique des températures acceptables pour une profondeur de course de 1 m. La température maximale simulée en juillet est de 26°C dans l'espace solarisé et à l'intérieur du logement.
- **Ventilation naturelle** : il est important, pour le confort d'été de pouvoir largement ventiler le logement. La ventilation en période diurne est possible par la simple ouverture des baies de part et d'autres du bâtiment. Les jalousies et les volets roulants à lamelles permettent une ventilation continue.



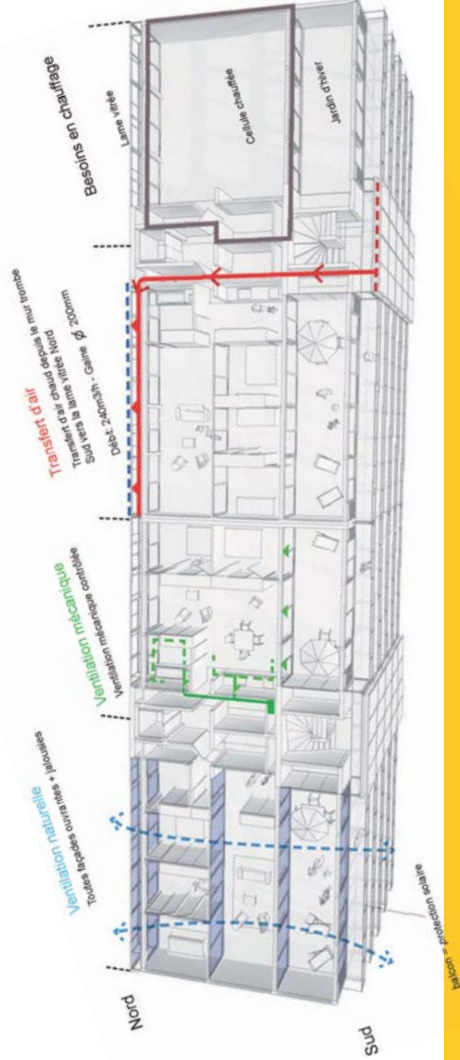
Dispositifs énergétiques

KWh/m ² .an	Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4	Solution 5
Chauff.	34,7	14,6	15,0	14,2	14,2
ECS	50,1	13,9	7,5	7,5	7,5
Eclairage	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Aux.	-	1,1	1,9	1,7	1,7
Ventil.	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
PV	-	-	-	-	-12,0
Cep	92,6	37,5	32,1	31,2	19,2
Niveau de Label	TYPE 2005	BBC-Effergie	BBC-Effergie	BBC-Effergie	Équivalent Énergie
Étiquette Énergie Climat	138 (C)	47 (A)	37 (A)	35 (A)	16 (A)
Étiquette Climat	5 (A)	11 (C)	8 (B)	8 (B)	8 (B)

Besoins d'énergie, zone H2b (RT 2005), orientation N-S, sans masque sud



Température du logement (10-20 juillet) en fonction de la largeur course





BBEFM

Bâtiment Bioclimatique Evolutif à Fonction Mixte

Points forts

Mots clés : compacité, récupération, évolutivité, cohabitation des fonctions et utilisation continue, optimisation, réduction des déperditions, veiller à l'inertie, viser les apports gratuits.

Un concept bioclimatique optimisé pour réduire les déperditions thermiques.

- La compacité passe par la réduction des surfaces de parois en contact avec l'extérieur.
- L'isolation va de pair avec une bonne inertie.
- Les ponts thermiques sont limités. Escalier et coursives sont extérieurs et désolidarisés de la structure.
- Les logements sont peu vitrés au nord.

Un concept bioclimatique étudié pour capter, stocker et distribuer les apports solaires en hiver et éviter les surchauffes estivales.

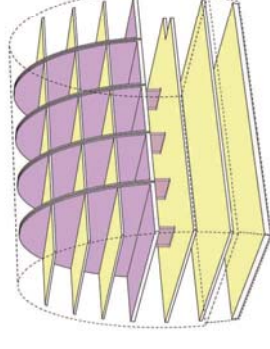
- Vérandas encastrées au sud.
- Triple vitrage peu émissif et menuiseries isolantes
- Protection solaire (balcon, casquette photovoltaïque et fermeture des fenêtres par des volets roulants).
- Un concept bioclimatique producteur d'énergie.
- Panneaux solaires thermiques en toiture.
- Module solaire photovoltaïque installé en toiture, en brise soleil et sur les garde-corps.
- Pompe à chaleur air/eau.
- Eoliennes en toiture.

Fonctionnement général

Le concept est un bâtiment évolutif dont l'amélioration continue est programmée et pour lequel les investissements peuvent être différés dans le temps. C'est un programme mixte, Habitat et Lieux de travail pour réduire les consommations énergétiques de l'ensemble sans recours à des techniques coûteuses.

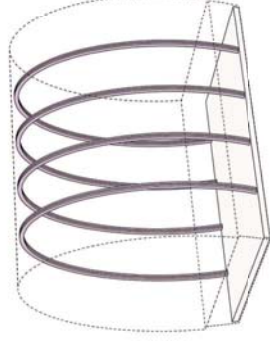
Conçu sur un axe Est Ouest avec serre climatique comme espace tampon pour tous les logements orientés au sud, le bâtiment de 6 niveaux et un sous-sol (espace tampon principalement désolidarisé du reste du bâtiment pour permettre une isolation continue de l'enveloppe) accueille deux étages de bureaux et quatre de logements. La trame de 5 m et les refends facilitent l'adaptation du bâtiment à la parcelle et aux voisins. Le bâtiment reprend en coupe une forme ovale compacte pour réduire les surfaces de déperdition. Pour optimiser cette démarche, l'escalier et les coursives sont à l'extérieur du volume chauffé et désolidarisés de la structure. Les espaces de vie sont intégrés dans une enveloppe hyper-isolée. L'inertie thermique de la structure favorise les échanges de chaleur et le confort d'été. La façade est rythmée par les balcons et casquettes de protection. Les brise-soleil renforcent l'horizontalité marquant les différents niveaux. Les balcons sont traités avec des garde-corps vitrés. Les panneaux solaires thermiques et photovoltaïques sont soit intégrés aux casquettes, soit aux garde-corps des balcons, soit à la toiture. Des éoliennes viendront compléter le dispositif de production d'énergies renouvelables, en toiture. Elles seront implantées en fonction de l'environnement du bâtiment en ville ou à la campagne.

Dalles + Refends



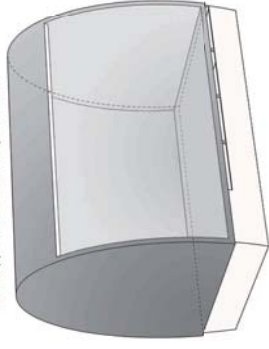
+

Arc - Porteurs structure enveloppe

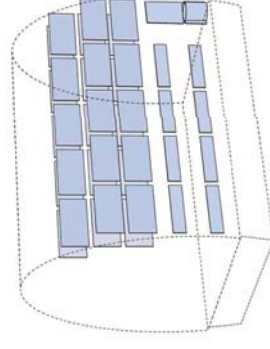


+

Enveloppe du bâtiment super isolée

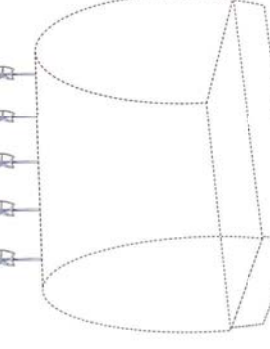


Au sud : Verandas pour les logements



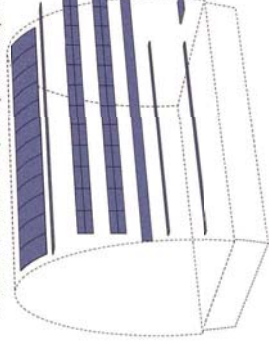
+

Eoliennes en toiture



+

Panneaux solaires thermiques et photovoltaïques



Ministère de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer



EQUIPE & DEMARCHE DE CONCEPTION

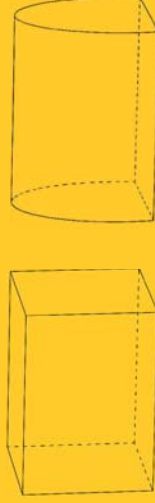
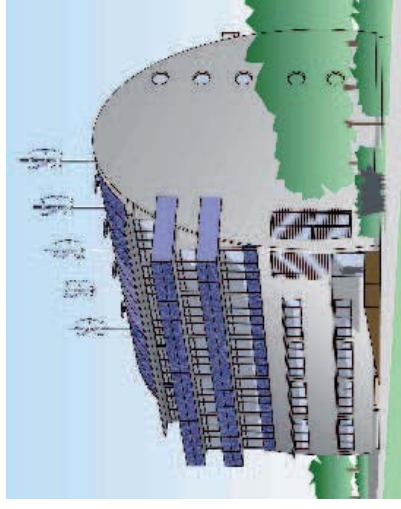
Une équipe concourante

- aaPGR architectes
- N. CHAUVINEAU : ingénieur énergies renouvelables
- WATTS : Economiste

Programme mixte

Le concept réunit dans le même bâtiment des logements et des bureaux. D'un point de vue énergétique cette cohabitation s'avère être un facteur important de réduction des consommations d'énergie. Les bureaux sont principalement occupés en journée et les logements la nuit. En plaçant deux étages de bureaux dans la partie inférieure du bâtiment, les déperditions de chaleur sont récupérées et réutilisées au profit des logements. Les calories récupérées par les logements sont véhiculées par un système de lames d'air (ventilation orientée). Inversement et de manière encore plus significative, les bureaux protégés des apports solaires et des surchauffes d'été, diminueront leur besoin en climatisation sans remettre en cause les conditions de travail. L'étude thermique dynamique a permis de prouver l'opportunité réelle de la cohabitation des fonctions.

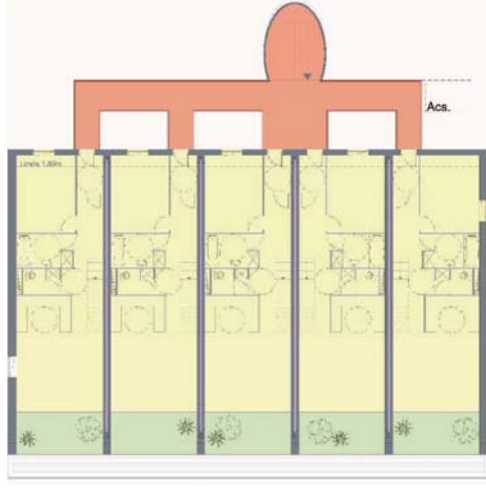
Vue vers la façade sud



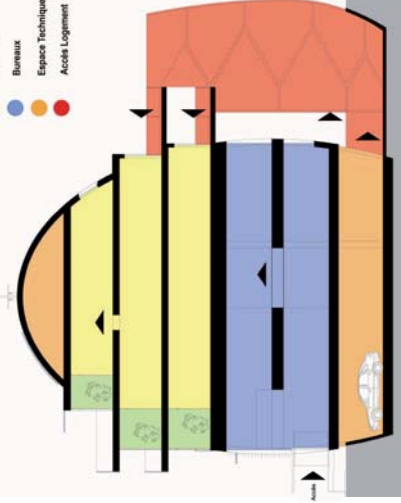
L'ovioïde a 16% de surface en moins par rapport à la forme rectangulaire

PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION ET DE DÉVELOPPEMENT

Plan d'un étage de logements



Coupe transversale

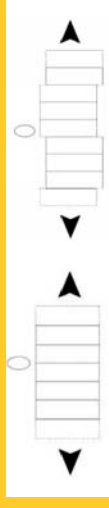
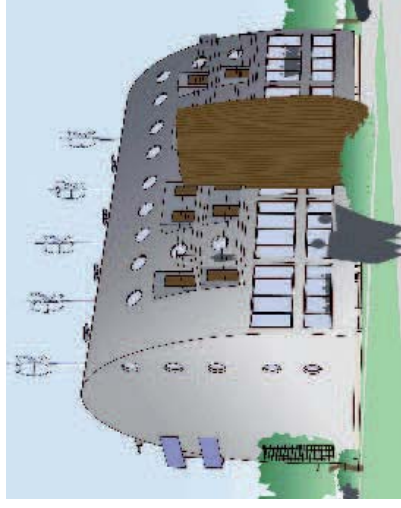


Bâtiment évolutif

Le bâtiment est évolutif sur un délai de 10 à 15 ans, il peut accueillir un système énergétique plus performant et plus écologique sans générer de surcoûts liés à la rénovation (préinstallation des fixations, des réseaux électriques et du raccordement ECS, dimensionnement adéquat des locaux techniques et des réserves). Ainsi, à la conception il a été prévu de :

- réserver des zones en toiture pour un futur système de capteur solaire (thermique ou photovoltaïque),
 - concevoir une toiture permettant d'implanter facilement des panneaux solaires,
 - construire un réseau d'eau chaude susceptible d'accueillir de nouveaux capteurs solaires,
 - installer les gaines qui permettront d'accroître simplement le système de production d'électricité photovoltaïque ou micro-éolien,
 - implanter une chaufferie suffisamment spacieuse pour que la production de chauffage puisse évoluer suivant le contexte énergétique du moment.
- Le bâtiment est capable de s'adapter et pourra évoluer facilement dans le temps au gré des budgets disponibles et des demandes de ses occupants.

Vue vers la façade nord



Possibilités d'agrandissement et/ou d'adaptation du bâtiment

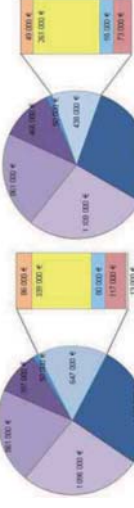
Budget 01 : investissement dans les 5 ans suivant la construction



Budget 02 : investissement entre 5 ans et 10 ans suivant la construction



Budget 03 : investissement après 10 ans suivant la construction



- Énergie
- Travaux
- Équipement
- Autres

Expertise financière

L'étude propose une comparaison entre les coûts de construction et de réhabilitation de deux types de conception du projet.

- L'un (A, passif) à forte inertie thermique, à isolation renforcée et à matériaux recyclables mais non conçu pour évoluer et sans équipements à énergie renouvelable.
 - L'autre (B, biodynamique) conçu avec des équipements performants et producteurs d'énergie peut évoluer sans intervention lourde.
- En conclusion, le bâtiment A est moins cher à la construction mais une fois mis en place des équipements de production d'énergie, le bâtiment B est plus économique.

FONCTIONNEMENT THERMIQUE

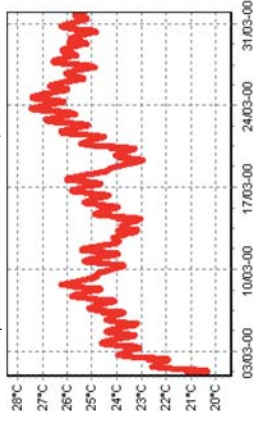
Transferts de chaleur

La mixité des fonctions dans un même bâtiment permet de récupérer la chaleur produite pendant la journée dans les bureaux en la stockant dans la structure constituée d'une dalle épaisse et de murs de refend pour la restituer au moment de l'utilisation des logements dans la soirée.

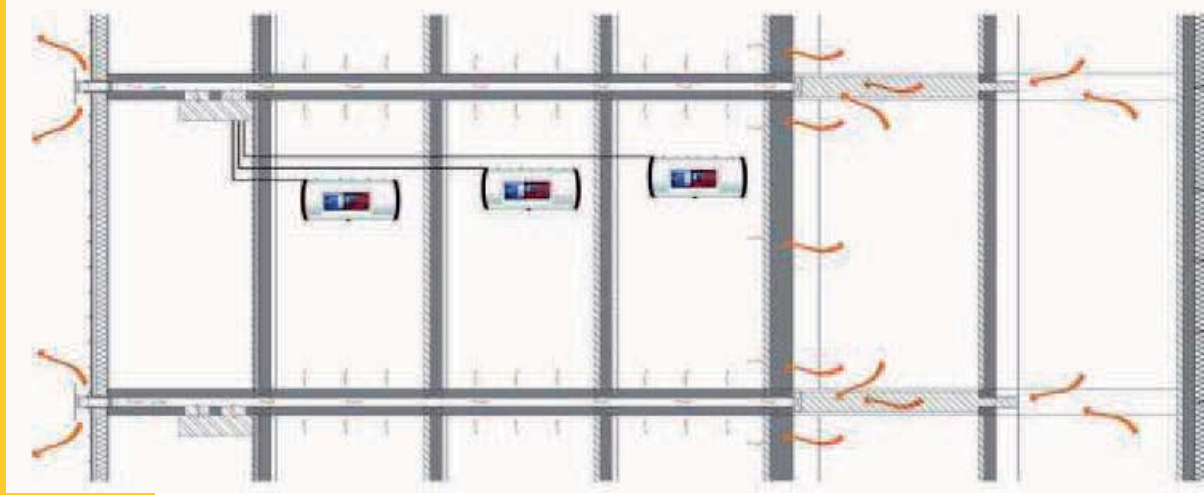
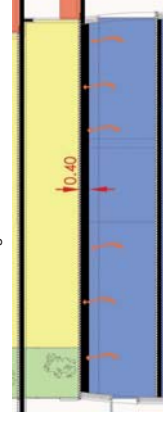
La dalle entre le dernier niveau de bureaux et le premier niveau de logements a une épaisseur de 40 cm de béton. De par son inertie importante, elle stocke la chaleur produite dans les bureaux qui est captée pour être distribuée dans les logements.

Les murs de refend sont constitués de deux voiles de béton de 15 cm séparés par une lame d'air ce qui permet de récupérer directement l'air chaud des bureaux pour chauffer les voiles de béton qui restituent la chaleur par rayonnement. L'air est évacué par des cheminées en partie supérieure et utilisé par des pompes à chaleur air/eau situées dans les combles pour produire de l'eau chaude sanitaire destinée aux logements.

Variation de la température dans les lames d'air, mois de mars 2000



Transfert de chaleur bureaux-logements à travers la dalle de forte inertie



ECLAIRAGE, MATERIAUX ET COMPACTITÉ

Eclairage naturel

L'optimisation de l'éclairage naturel est un point important compte tenu de la taille du bâtiment. Il permet d'améliorer le confort des futurs utilisateurs mais aussi de limiter les apports internes liés aux éclairages et fortement consommateurs de l'énergie de climatisation.

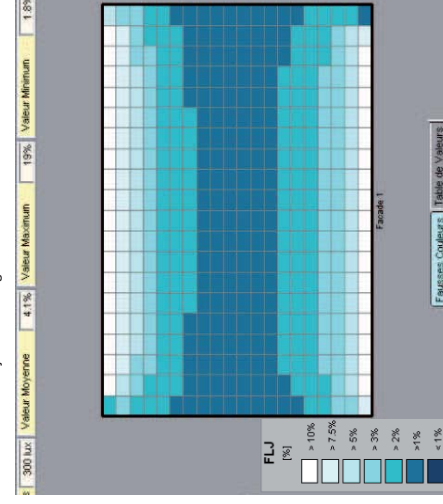
Facteur lumière du jour d'un étage de bureaux

C'est le pourcentage qui montre la luminosité présente à l'intérieur de la pièce par rapport à la lumière disponible à l'extérieur.

Autonomie en éclairage naturel

C'est la prise en compte de la couverture de l'éclairage à l'intérieur des pièces par la lumière naturelle. Le calcul d'autonomie naturelle consiste à trouver le pourcentage de temps et de surface pour lesquels un seuil d'éclairage d'origine naturel est atteint. C'est un indice synthétique pour évaluer les économies possibles par la gestion de l'éclairage artificiel.

Facteur lumière du jour d'un étage de bureaux



Matériaux & compacité

La façade est composée des matériaux suivants :

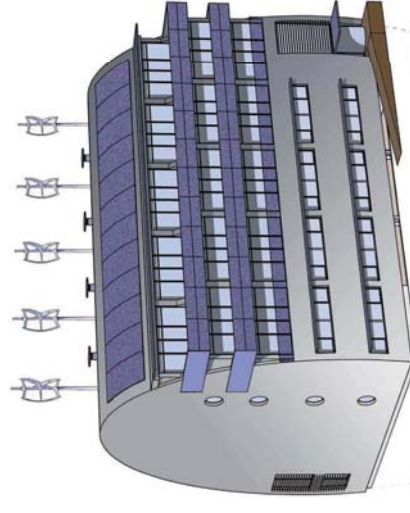
- le zinc pour le parement extérieur de l'enveloppe,
- un matériau transparent (verre ou résine) vient compléter les gardes corps,
- le bois sera utilisé pour créer l'escalier extérieur et la structure secondaire de l'enveloppe.

 A l'intérieur on trouvera :

- une isolation en ouate de cellulose,
- des cloisons et plafonds intérieurs en plâtre,
- du béton pour les arcs porteurs, les poteaux, les dalles et les murs de refends,
- du bois pour les menuiseries.

L'ensemble de ces matériaux ont été choisis en fonction de leurs caractéristiques physiques, leurs disponibilités et leurs facilités de mise en œuvre. Ils ont aussi une capacité à être recyclés. En sortant les circulations à l'extérieur de l'enveloppe, les espaces chauffés sont assemblés sous une enveloppe hyper isolée englobant l'inertie thermique nécessaire pour favoriser les échanges de chaleur et le confort d'été.

Un bâtiment très compact, avec des équipements producteurs d'énergie



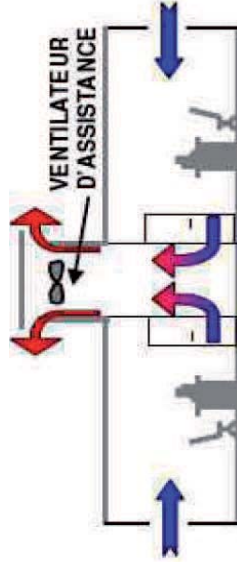
FONCTIONNEMENT TECHNIQUE DU BÂTIMENT

Ventilation et confort d'été

L'optimisation du confort d'été est inséparable de la conception bioclimatique :

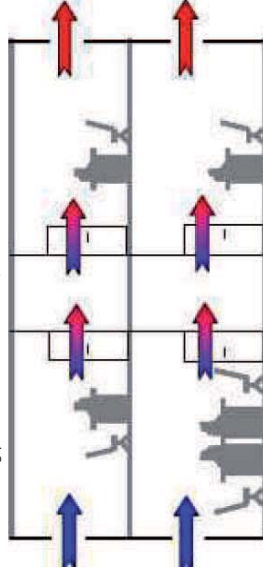
- Brise-soleil : les bates vitrées au sud seront équipés de brise-soleil qui permettent de contrôler les rayons solaires en été et laisser passer la lumière en hiver.
- Free-cooling : la ventilation traversante dans les bureaux à la double orientation permet de refroidir le bâtiment en utilisant l'air extérieur lorsque sa température est inférieure à la température intérieure.

- Ventilation hygiénique : la ventilation mécanique sera de type simple flux avec extraction centrale. Il s'agit d'introduire, via des entrées d'air, une quantité donnée d'air neuf dans les locaux et d'extraire ensuite mécaniquement l'air vicié. Situé dans les combles, cette ventilation aura un rôle d'assistance au free-cooling. L'extraction aura lieu à travers les doubles parois séparant les logements.



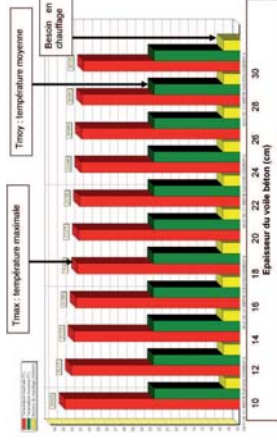
Free-cooling avec ventilateur d'assistance, logements

Free-cooling par ventilation traversante, bureaux

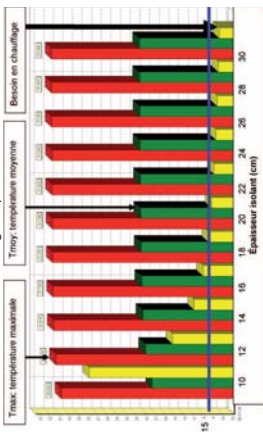


Résistance et inertie thermique

Principalement définie par l'épaisseur et les performances de l'isolant, la résistance thermique des parois est la base d'un bâtiment à basse consommation d'énergie. L'objectif de 15 kWh/m²/an d'énergie primaire pour le chauffage demande une l'épaisseur d'isolant de 20 cm. L'inertie thermique réduit la charge du chauffage. Elle permet de stocker la chaleur lorsqu'il fait chaud et de la restituer lorsque la température redescend. Un déphasage d'une douzaine d'heures permet de capter la chaleur en journée lorsque les logements sont vides et de la restituer en soirée au retour des occupants. Pour cela les refends intérieurs et les dalles sont constitués de béton (matériau à forte chaleur spécifique). Grâce à une répartition homogène de la masse, la chaleur stockée est redistribuée équitablement dans le logement. L'inertie permet entre autre de lisser les variations de température.



Température et besoins de chauffage / épaisseur isolant ou voile béton



PERFORMANCES ÉNERGETIQUES

Équipements et consommation

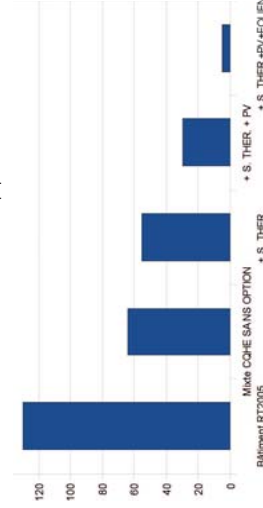
Le bâtiment A consomme deux fois moins d'énergie que ce que préconise la RT2005 ce qui correspond au niveau BBC en Ile de France soit 65 kWh/m²/an.

- Source de chaleur : bois énergie / réseau de chaleur.
- Bâtiment A (RT2005) : un bâtiment de la même forme avec une isolation de 7 cm (réglementaire).
- Bâtiment B (Mixte CQHE sans option) : le bâtiment de base avec une isolation de 20 cm. Le projet comprend une utilisation du RDC et du premier étage en bureaux et le reste des niveaux sont destinés à l'habitat en plus des espaces techniques.
- +S THER : bâtiment B équipé de panneaux solaires thermiques pour la production d'ECS.
- +S THER +PV : bâtiment B équipé de panneaux solaires thermiques et de panneaux photovoltaïques.
- +S THER+PV+EOLIEU : bâtiment B avec l'ensemble des options mis en place.

Consommations	Bois énergie	Geothermie	Chauffage urbain
Chauffage	13	8	11
Froid	8	6	8
ECS	19	19	13
Éclairage	18	18	18
Auxiliaires	8	11	8
Sous Total	66	62	58
Production			
Solaire Photovoltaïque	-9	-9	-9
Solaire Thermique	-25	-25	-25
Micre Eolien Urbain	-25	-25	-25
TOTAL	7	3	-1

Consommations énergétiques totales par source d'énergie (kWhep/m²/an)

Besoins de consommation en fonction des équipements



Production d'énergie solaire & éolienne

Les modules solaires photovoltaïques à silicium amorphe sont installés en toiture dans la couverture zinc, sur les brise-soleil pour protéger des surchauffes les logements du R+4 et des 2 niveaux de bureaux, et sur les garde-corps à tous les niveaux des terrasses au sud. La production totale du site pourrait être de 20 980 kWh par an pour une surface de 246 m².

Les panneaux solaires thermiques en toiture sont intégrés dans la couverture zinc. La production totale de site pourrait être de 20 987 kWh/an pour une surface de 40 m² assurant 40 à 50% de l'eau chaude sanitaire.

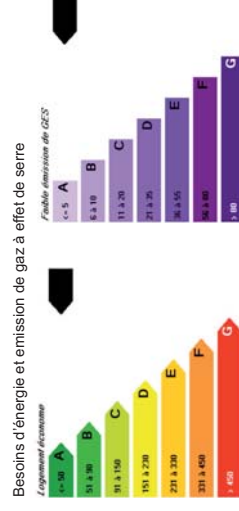
Le dimensionnement des éoliennes en milieu urbain nécessite des mesures de vitesse et fréquence des vents sur une durée de 3 à 6 mois. Parmi plusieurs éoliennes envisagées, la machine la plus performante pour le projet serait la WRE 060 du fabricant ROPATEC. En considérant 3 éoliennes tournant à pleine puissance (6 m/s) pendant 7,5 h/jour, le productible serait de 21 018 kWh par an.

Besoins d'énergie et émission de CO₂

Ce concept bioclimatique est conçu pour consommer :

- en chauffage : 15 kWh/m²/an
- en eau chaude sanitaire : 10 kWh/m²/an
- en électricités spécifiques :

- pour le secteur résidentiel : 250 kWh/an/pers.
 - pour le secteur tertiaire : 30 kWh/an/pers.
- et produire moins de 6 kg CO₂/m²/an.



Production d'énergie solaire (thermique et photovoltaïque) et éolienne



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère
de l'Écologie,
du
Développement
durable,
des Transports
et du Logement

Direction Générale
de l'Aménagement,
du Logement
et de la Nature

Le Plan Urbanisme Construction Architecture (PUCA), depuis sa création en 1998, développe à la fois des programmes de recherche incitative, des actions d'expérimentations et apporte son soutien à l'innovation et à la valorisation scientifique et technique dans les domaines de l'aménagement des territoires, de l'habitat, de la construction et de la conception architecturale et urbaine.

Il est organisé selon quatre grands départements de capitalisation des connaissances : **Société urbaines et habitat** traite des politiques urbaines dans leurs fondements socio-économiques ; **Territoires et aménagement** s'intéresse aux enjeux du développement urbain durable et de la planification ; **Villes et architecture** répond aux enjeux de qualité des réalisations architecturales et urbaines ; **Technologies et construction** couvre les champs de l'innovation dans le domaine du bâtiment. Le PUCA développe une recherche incitative sur le **futur des villes à l'impératif du développement durable**.

Ce plan 2007-2012 se décline selon huit programmes finalisés dont les objectifs de recherche répondent aux défis urbains de demain. Ces programmes sont accompagnés d'ateliers thématiques, de bilans de connaissances et de savoir-faire, ainsi que par des programmes transversaux à l'échelle des territoires et des villes et à l'échelle européenne, avec la participation du PUCA à des réseaux européens de recherche.

Le PUCA, par ailleurs, assure le secrétariat permanent du programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans le bâtiment (PREBAT).

plan urbanisme construction architecture

► Le gouvernement des villes et la fabrique du bien commun

Planification sociale de l'urbain et des services publics
Citoyenneté et décision urbaine
Intercommunalité et métropolisation
Normes et fabrique du bien commun

► Le renouveau urbain

Rénovation urbaine et mixité sociale
Renouvellement et recomposition des quartiers
Créativité et attractivité des villes

► L'avenir des périphéries urbaines

Qualité et sûreté des espaces urbains
Architecture de la grande échelle
Habitat pluriel : densité, urbanité, intimité
Systèmes périurbains et coûts d'urbanisation
Dynamiques et pratiques résidentielles

► Comportements résidentiels et défis démographiques

Vieillesse de la population et choix résidentiels
Habitat et services aux personnes âgées
Évolutions démographiques et inégalités territoriales

► Accès au logement

Trajectoires résidentielles
Recompositions institutionnelles de l'offre de logement
Modes et formes de l'hébergement
Économie foncière et immobilière

► L'innovation dans l'architecture et la construction

Logements optimisés : coûts, qualité, fiabilité, délai
Concept qualité, habitat, énergie
Logement design pour tous
Évaluation énergétique du patrimoine existant (PREBAT)
Bâtiments démonstrateurs (PREBAT)
REHA (PREBAT)

► Territoires et acteurs économiques

Espaces urbains et dynamiques économiques
Lieux, flux, réseaux dans la ville des services
Développement économique local et mondialisation
Économie de l'aménagement
Attractivité des territoires

► Vers des villes viables et acceptables

Politiques territoriales et développement durable
Risques technologiques : enjeux économiques et territoriaux
Villa urbaine durable
Quartiers durables
Aménagement et démarches HQE
Collectivités locales et politiques énergétiques (PREBAT)
Collectivités locales et défi climatique (PREBAT)

PUCA
Plan Urbanisme Construction Architecture

Grande Arche de la Défense
Paroi Sud
92055 La Défense cedex
tél. 01 40 81 24 30
fax 01 40 81 63 78
www.urbanisme.equipement.gouv.fr/puca