



Projet « Tikopia »,
AS.Architecture-studio.

L'efficacité énergétique au carrefour du bâtiment et de la ville

L'appel à idées Concept qualité, habitat, énergie (CQHE) lancé en mai 2007 par le Plan urbanisme, construction et architecture (PUCA) consistait à développer des concepts de bâtiments à haute performance énergétique situés dans un environnement dense urbain dans une perspective à vingt ans. Le travail de conception des huit équipes sélectionnées a couvert un large spectre de domaines qui questionnent les autres disciplines et la réalisation. Parmi les interrogations : la recherche de l'optimum énergétique doit-elle se limiter au bâtiment ou faut-il l'étendre à la ville ? Sinon, à quelle échelle faut-il effectuer l'analyse du système énergétique et comment construire cette analyse ?

> **Jean-Marie Alessandrini (CSTB),
Claude François (CSTB),
Marie-Christine Gangneux
(Architecte conseil du PUCA),
Brigitte Bize (CSTB)**

La méthode retenue par CQHE repose sur une approche de recherche-développement. Elle consiste à simuler et à optimiser des concepts de bâtiments dans une perspective à vingt ans par des équipes pluridisciplinaires composées d'architectes, de maîtres d'œuvre, de bureaux d'études thermiques et d'ingénierie, d'industriels, d'entreprises. Les équipes ont déve-

loppé des concepts de bâtiments visant la très haute performance énergétique dans un environnement urbain dense jusqu'en phase Avant-projet détaillé. Parmi les vingt réponses, huit équipes ont été retenues et sept projets ont conduit à l'élaboration d'un concept de bâtiments collectifs à usage d'habitation. Dans leur grande majorité, ils proposent une mixité

d'usages et envisagent la possibilité d'effectuer des transferts d'énergie. Ils essaient d'intégrer dans leur principe constructif une très haute performance énergétique et prévoient, tous, la production d'énergie à partir des ressources naturelles (solaire thermique, solaire photovoltaïque, éolien, etc.). Les projets correspondent à trois tours, un bâtiment en R+3 épais



Projet « Optimisation de la façade nord », Altersmith architecte.



Projet « Habitat pluriel, terre et temporalités », Tectône architectes.



Projet « Écolocatif en bois » Archic architectes.



Projet « Bâtiment bioclimatique évolution à fonction mixte », Philip Ridgway.

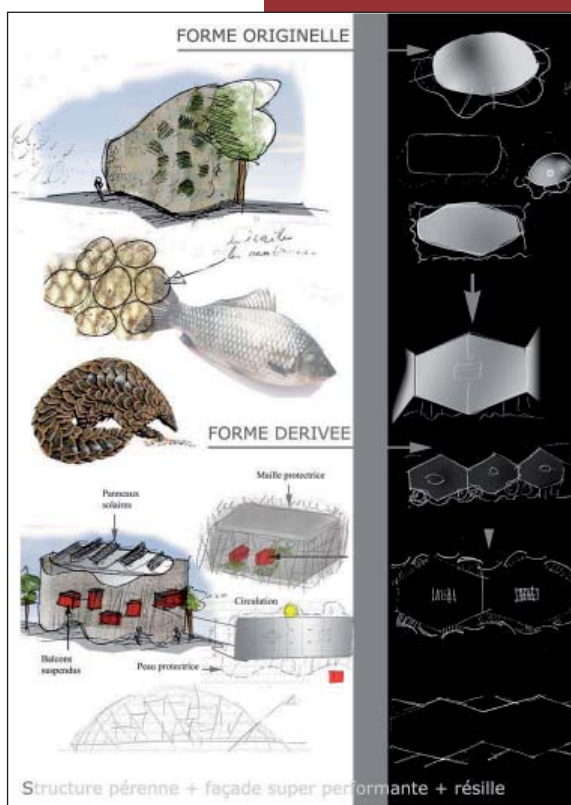


Déclinaison du concept
« Effibat »

avec atrium (18 m), un bâtiment en brique de terre cuite ou crue en R+2, un bâtiment en R+5 d'une épaisseur classique (12 m) et deux méthodes d'investigation dont une a conduit à un bâtiment en R+6 épais. Les grandes lignes suivies par le jury ont été : la conception bioclimatique, les projets qui présentaient une originalité forte (parcelle particulière, bâtiment épais), le contre-pied du bioclimatique (façade vitrée nord), l'originalité architecturale (Tikopia), l'originalité des matériaux (terre cuite ou crue), la cohérence de la méthode.

C concilier performance énergétique et conception architecturale

Les lauréats ont développé leurs concepts en s'appuyant sur deux principes : à partir d'un objectif de performance énergétique, l'étude définit les moyens techniques à mettre en œuvre pour l'atteindre et les conditions de fonctionnement. Dans ce cas tout le bâtiment, y compris la forme, est guidé par cet objectif. Le deuxième principe consiste à retenir un parti pris architectural ou technique puis à chercher la meilleure performance énergétique. Lorsque l'objectif énergétique prime, il contribue à définir les dimensions de la forme architecturale. À l'inverse, lorsque cette dernière prime, elle est établie en relation avec le contexte urbain et la recherche de la performance énergétique.



Recherche d'une forme originelle (Impacte).

La démarche est synthétisée par Nicolas Favet¹ dans sa méthode qui distingue l'approche intuitive de l'architecte d'une approche énergétique qu'il limite au solaire passif. La méthode de conception du projet « Impacte » fait bien ressortir cette interaction entre architecture et ingénierie énergétique. Dans cette démarche, l'analyse de la performance énergétique et des usages, dans un contexte urbain donné, laisse une grande liberté à la conception architecturale en n'imposant que deux principales contraintes : un bâtiment compact et mitoyen, et la hauteur.



Projet « Impacte »,
François Pélegrin,
Élisabeth Pélegrin Genel.

La performance énergétique ne semble donc pas avoir freiné la liberté de conception architecturale.

Le projet piloté par Altersmith avec sa façade nord vitrée est caractéristique de cette recherche sur l'architecture et la performance énergétique. En revisitant le principe bioclimatique selon lequel la façade nord doit être la plus isolée limitant ainsi la surface vitrée, il ouvre la voie à d'autres travaux qui viseraient à rediscuter les grands principes bioclimatiques au regard des nouvelles exigences énergétiques et des contraintes urbaines.

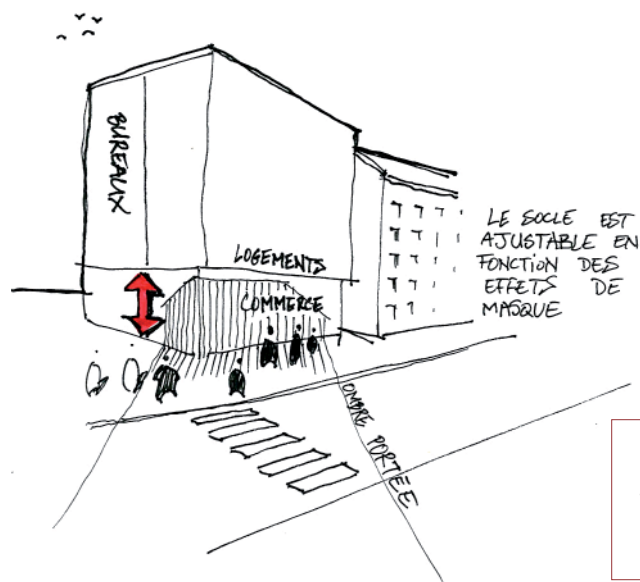


La façade nord de ce projet revisite le principe selon lequel cette façade doit être plus isolée (Altersmith).

1. Éconcept, approche méthodologique de conception de logements collectifs à basse énergie, Coretude et Nicolas Favet Architectes, méthode CQHE, mars 2009.

Certains tirent profit de la ville et de la densité pour limiter les besoins énergétiques

Les équipes ont travaillé la forme en cherchant à favoriser le confort thermique et visuel. Les aspects énergétiques qui ont influencé la forme sont : la réduction des pertes de chaleur en limitant le développé de la surface nord, la récupération des apports solaires avec des jardins d'hiver au sud, l'aspect traversant pour le confort d'été et l'accès à l'éclairage naturel. L'étude de sensibilité sur la compacité du concept « Impacte » a conduit à favoriser la mixité des usages et la mitoyenneté, donc à fixer la hauteur au niveau des bâtiments contigus. Pour ce projet, ces paramètres morphologiques sont les plus influents sur les consommations de chauffage et d'éclairage. Ce travail explore comment tirer profit des spécificités urbaines et de la densité pour limiter les besoins d'énergie.



L'étude de sensibilité a conduit à favoriser la mixité d'usages (Impacte).

En complément à la forme, les enveloppes envisagées visent à réduire les pertes de chaleur. Les projets proposent en majorité un cahier des charges en termes de performance pour répondre aux nouvelles exigences énergétiques. Par ailleurs, les analyses souvent pluridisciplinaires ont complété ces exigences en soulevant des aspects liés au confort thermique, à l'hygiène, à la sécurité incendie ou structurelle ainsi qu'à l'approche globale selon une analyse en cycle de vie (ACV). Il reste néanmoins des interrogations prioritaires pour atteindre ces performances : comment répondre avec des structures en bois, mais pas seulement, aux niveaux d'étanchéité à l'air exigés ? Comment réduire les ponts thermiques intégrés des parois et les ponts thermiques de liaison ?

Le recours à des logiciels de simulation numérique dynamique a permis pour la plupart des projets de quantifier les consommations d'énergie pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les auxiliaires.

Les concepts ont fait l'objet d'une approche confort pour la thermique d'été. Certains projets sont allés jusqu'à estimer les consommations d'énergie des usages mobiliers (électroménager, bureautique, etc.). Le projet Tikopia propose un système d'aération naturelle, composé d'un espace tampon et de cheminées, comme alternative à des logements traversants pour améliorer le confort d'été et limiter le recours à la climatisation. Le travail de dimensionnement a permis de juger de la faisabilité du procédé et d'établir ses limites de fonctionnement.

L'approche détaillée : un premier pas vers la réalisation

Un travail approfondi sur les équipements techniques n'était pas au cœur de l'appel à idées qui privilégie la recherche « d'un système constructif lui-même porteur d'efficience pour le bâtiment, dont on déduira les systèmes techniques et équipements nécessaires pour atteindre l'efficience recherchée² ». Néanmoins, il faut souligner les travaux réalisés par l'équipe Tikopia sur le stockage intersaisonnier à l'aide d'un réservoir d'eau préchauffée par des panneaux solaires thermiques et destinée au chauffage et à l'eau chaude sanitaire. L'approche technico-économique propose une démarche qui s'appuie sur une étude paramétrique fonction

2. La méthode COHE, Concept qualité, habitat, énergie, Appel à idées, mai 2007, PUCA.

de la surface de capteurs et du volume de stockage. Il en ressort la nécessité d'être attentif aux pertes énergétiques notamment pour les grosses installations et de ménager un équilibre entre un système privilégiant un faible recours à l'énergie solaire et de faibles pertes de stockage et, par ailleurs, un système avec un recours important au solaire thermique et des pertes qui peuvent être plus importantes. Dans le même esprit, il est à souligner le travail d'intégration architectural des différentes technologies existantes pour l'exploitation des apports solaires (photovoltaïque, solaire thermique, production de froid) réalisé dans le cadre du projet Écolocatif en bois.

De plus, l'exploration parfois très poussée sur l'enveloppe a permis d'aborder les aspects de la réalisation et de la qualité de la mise en œuvre. La filière sèche souvent abordée au stade de l'esquisse a finalement été marginalisée au profit d'un travail plus approfondi sur les singularités de l'enveloppe, en particulier le traitement des ponts thermiques de liaison.

E ntre bâtiments évolutifs et bâtiments adaptés : un antagonisme ?

La prospective à vingt ans a conduit les équipes à intégrer une pièce de vie en plus, à usage libre ainsi que des espaces partagés à vocation plutôt techniques pour tenir compte de l'évolution des besoins d'un foyer et du logement. Ces espaces sont en général des zones de transition entre

l'intérieur et l'extérieur : jardin d'hiver au sud ou espace tampon au nord selon l'usage réservé, plus ou moins technique. Ils font partie intégrante de la conception énergétique des bâtiments. Par exemple, les volumes tampons accessibles à plusieurs logements imaginés dans Tikopia sont conçus pour permettre, d'une part, le rafraîchissement par la surventilation nocturne en été de par la taille des ouvrants et, d'autre part, le préchauffage de l'air neuf de par l'orientation, la surface vitrée et l'inertie. Cependant, comment s'assurer que ces espaces resteront en évolution libre sans système de chauffage ou de refroidissement et ne se transforment pas en pièce de vie supplémentaire ?

La conjonction d'une approche prospective et technique fait ressortir un antagonisme fort. De fait, la perspective d'une réalisation à vingt ans a obligé les équipes à imaginer l'évolution des logements. La solution a été d'introduire une pièce en plus ou des pièces à usage évolutif. Or, la réponse d'une enveloppe adaptée au

climat extérieur a conduit une partie des équipes à attribuer l'usage des pièces en fonction de l'orientation. Par exemple, plusieurs projets proposent la disposition de bureaux orientés au nord pour un éclairage stable et les séjours des logements au sud. Ainsi, dans quelle mesure est-il possible de concilier la recherche de bâtiments à usages évolutifs ou indéterminés avec celle de bâtiments adaptés à leur usage et aux contraintes extérieures ?

D es scénarios d'occupation et des besoins d'énergie associés à affiner

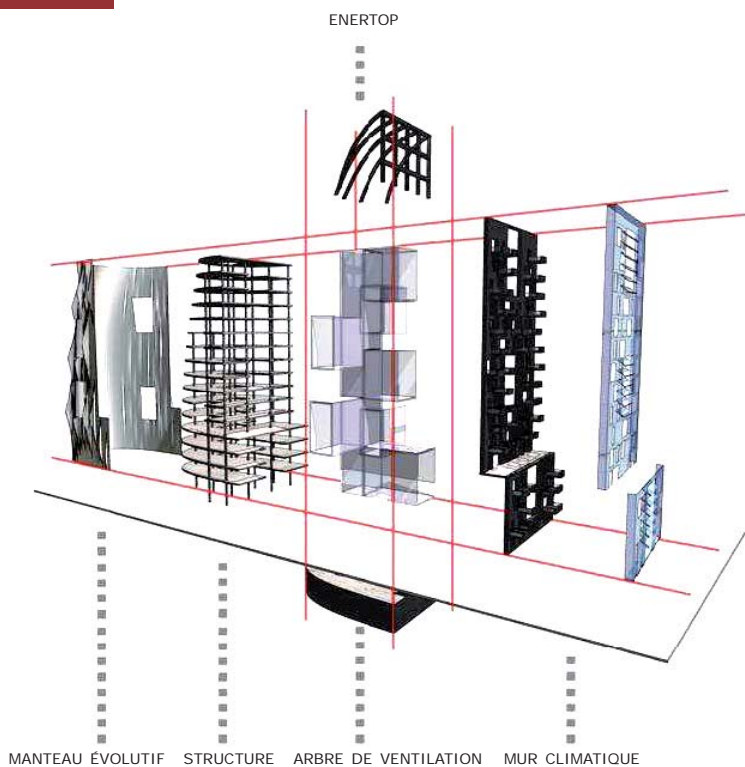
L'impact des comportements sur les besoins d'énergie a été récurrent dans tous les projets. La majorité d'entre eux visent la récupération des énergies dissipées par l'activité humaine dans le logement. Cependant, les hypothèses retenues reposent souvent sur des valeurs moyennes qui perdent de leur fiabilité lorsque le nombre de personnes

concept le plan neutre

Les mêmes pièces composent différents types de maisons

Recherche de l'adéquation entre la destination de la pièce et l'évolution des usages (Habitat pluriel, terre et temporalités).

lecture - RFR éléments - Terreal_CQHE_10/05/09



Au centre du concept, les espaces tampons et l'arbre à ventiler (Tikopia). Architecte : AS.Architecture-studio

Le projet Tikopia prévoit des espaces tampons qui participent à la conception énergétique du bâtiment : aménagement intérieur d'une serre. Architecte : AS.Architecture-studio

FAUX PLAFOND ACOUSTIC EN BOIS

PLANTES À FEUILLE CADUQUE

OUVERTURES AUTOMATISÉES

VANTELLES AUTOMATISÉES

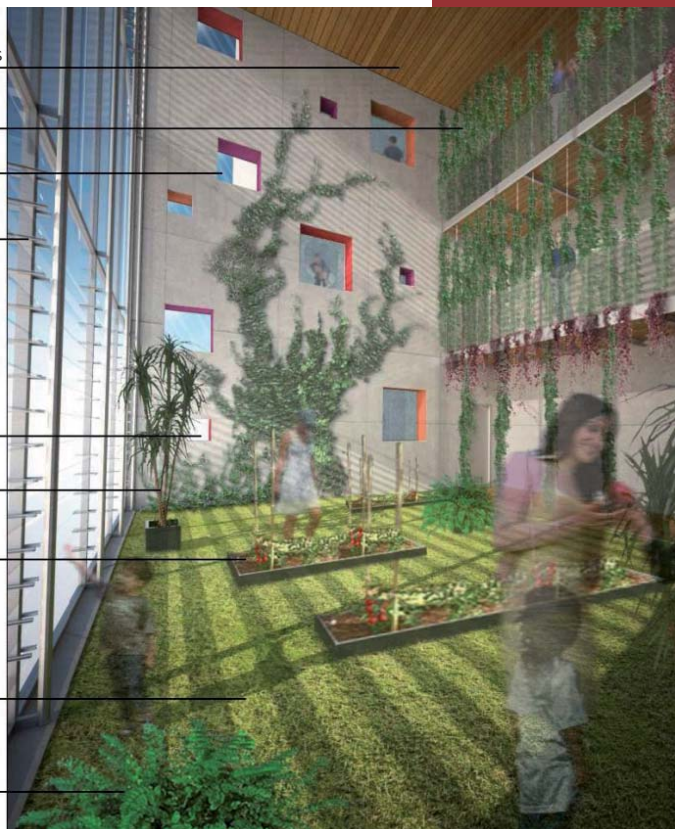
OUVERTURE MANUELLE

DRACAENA MAGINATA

POTAGERS

SOL VÉGÉTAL

NEPHROLEPIS EXALTATA



est inférieur à un certain seuil. L'absence de prise en compte de ce seuil ou d'un foisonnement sur les énergies dissipées ne permet pas d'intégrer une incertitude dans les besoins estimés et les consommations calculées. Or, elle peut s'avérer forte sur des bâtiments ayant peu de besoins d'énergie pour le chauffage. Le comportement des occupants est important, car la chaleur qu'ils dissipent dans des ambiances très isolées contribue à réduire les besoins de chauffage et, en été, à augmenter les besoins de rafraîchissement. En revanche, ce comportement se traduit par des besoins d'énergie qui en fonction des usages sont différents en quantité, en qualité et dans le temps. Chaque équipe a cerné ces enjeux et a essayé de tirer profit de la possibilité de mettre en place des activités diverses dans le bâtiment et d'opérer des transferts d'énergie. Mais les scénarios et les valeurs utilisées renvoient à des comportements stéréotypés et à des valeurs moyennes inadaptées à l'échelle trop petite d'un bâtiment.

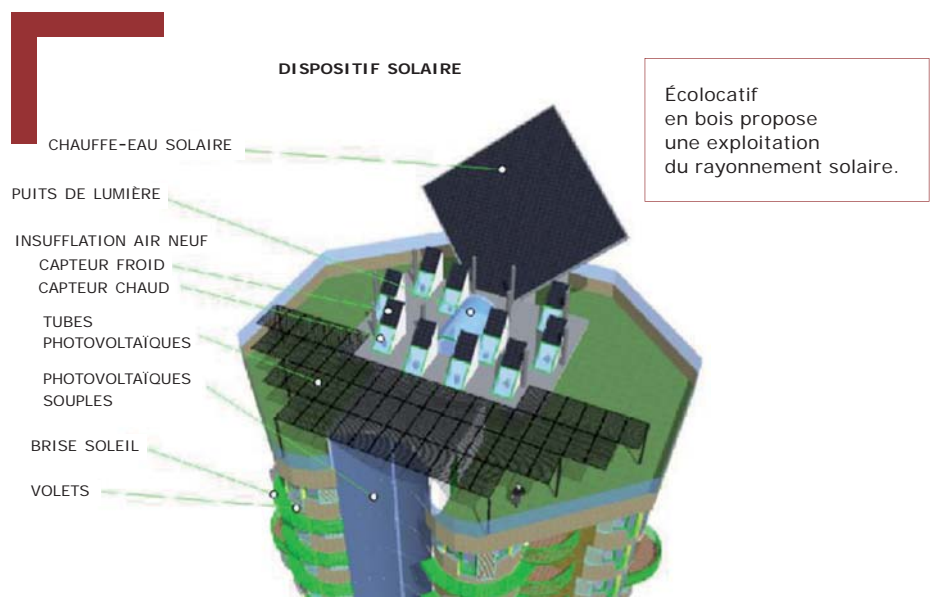
Dès lors, il paraît nécessaire pour explorer le potentiel de récupération d'énergie d'étudier les scénarios d'occupation et les besoins d'énergie associés. Par ailleurs, pour introduire la notion de foisonnement il serait nécessaire de travailler sur l'incertitude associée à ces scénarios.

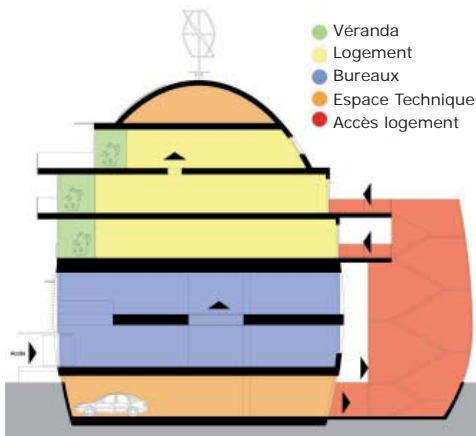
Le contexte urbain et la densité ont conduit les équipes à réfléchir sur les moyens de tirer profit de la contiguïté possible entre usages tertiaires et logements pour opérer des transferts d'énergie. Cependant, cette mitoyenneté soulève des questions de sécurité incendie, d'acoustique et d'hygiène dont les réponses peuvent s'opposer au principe de transfert de chaleur. Par ailleurs, pour imaginer les systèmes énergétiques adaptés, il conviendrait de cerner les cycles d'émission d'énergie, la nature et la quantité d'énergie et d'anticiper l'évolution de l'activité. D'une façon générale, la réflexion sur la contiguïté et les transferts d'énergie n'a pas été assez approfondie

sur ces aspects quantitatif, qualitatif et spatio-temporel pour poser le problème et structurer une démarche d'investigation ou le recours à des technologies matures du type boucle d'eau, débit de réfrigérant variable (DRV), coulis de froid. L'équipe « Impacte », qui propose de récupérer la chaleur des bureaux pour les logements, soulève le corollaire lié au nombre de bureaux nécessaires pour répondre aux besoins des logements et trouver ainsi l'optimum énergétique pour le concept. Mais la recherche de l'optimum énergétique doit-elle se limiter au bâtiment, sinon, à quelle échelle faut-il effectuer l'analyse du système énergétique et comment construire cette analyse énergétique ?

L a performance énergétique : du bâtiment à la ville, quelle échelle spatiale ?

La forte densité de bâtiments en ville présente des obstacles à l'application des principes de la conception bioclimatique tels qu'ils sont imaginés en zone rurale. En effet, il n'est plus possible de négliger les interactions entre les bâtiments. La disposition du bâtiment sur sa parcelle est moins libre et il n'est pas toujours possible d'orienter les façades de manière à récupérer les apports solaires. Par ailleurs, la présence d'une voirie et une forte densité de bâtiments peuvent développer des îlots de chaleur urbains. Or les concepts ont été imaginés pour la plupart sans clima-





Les équipes ont essayé de tirer profit de la possibilité de mettre en place des activités diverses dans le bâtiment et d'opérer des transferts d'énergie (Bâtiment bioclimatique évolutif à fonction mixte).

tisation. Dès lors, ils sont très sensibles au climat extérieur en été. De plus, l'appréciation du confort d'été en zone urbaine nécessite de prendre en

compte les effets couplés du rayonnement solaire, des apports internes, de l'aération, de l'inertie et le climat urbain. Le logement traversant avec une inertie lourde, du fait des facilités de ventilation qu'il présente, est une solution pour préserver le confort thermique d'été. Elle est compatible avec le choix d'une façade nord fortement vitrée.

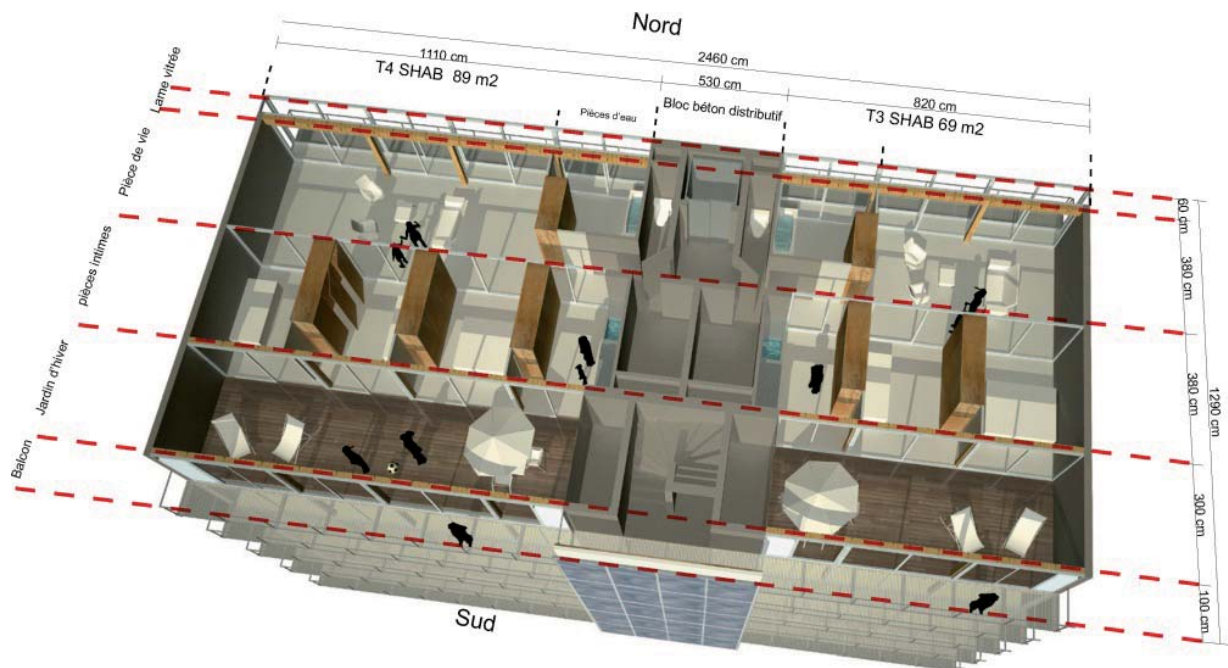
Comment la réaliser de manière à ce qu'elle soit aussi peu déperditive que les parois opaques mises en œuvre dans les bâtiments basse consommation ? Le concept développé par Altersmith propose une solution à l'échelle du bâtiment qui vise à récupérer de la chaleur sur la paroi sud à l'aide d'un mur trombe pour

la transférer vers la paroi nord en vue de compenser les pertes de chaleur.

À l'instar du confort d'été et de la question urbaine pour les solutions envisagées dans une démarche de conception globale, il reste à identifier et à formaliser les questions que pose aux autres exigences la conception de bâtiments intégrant de bonnes performances énergétiques.

Vers une conception énergétique adaptée à la ville

Compte tenu de la perspective à vingt ans, les performances énergétiques obtenues, légèrement inférieures au facteur 4, peuvent paraître modestes.

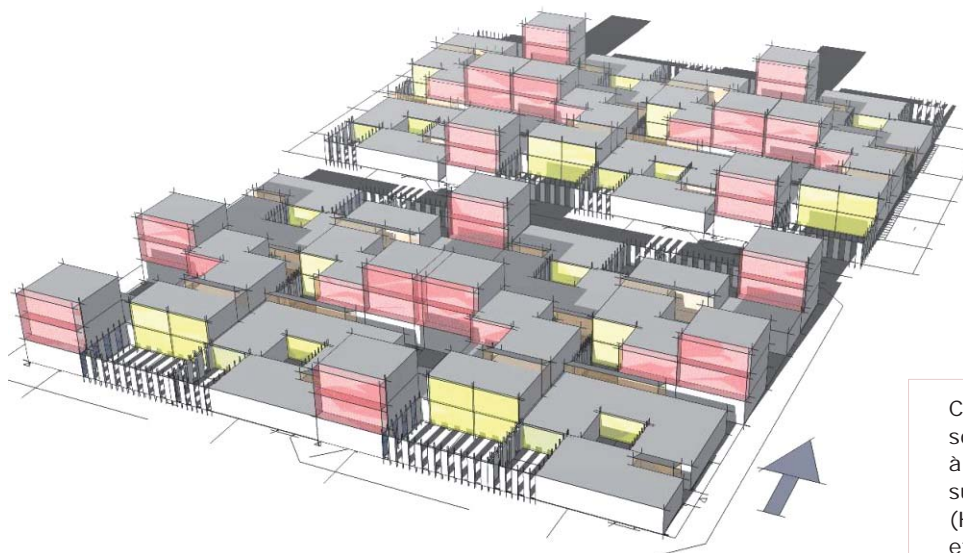


Le projet d'Altersmith propose le transfert de chaleur depuis le mur capteur au sud (en bas) vers la façade nord (en haut).

En revanche, en regard des solutions envisagées qui visent la réduction des besoins, les niveaux atteints par les concepts sont ambitieux. Cependant, tous les usages de l'électricité n'ont pas été pris en compte dans les bilans. Dès lors comment aller au-delà ? Pour atteindre leur performance, les projets ont exploré les pistes de la conception bioclimatique avec succès pour l'isolation de l'enveloppe, du recours aux énergies renouvelables faisant ressortir la faiblesse du potentiel éolien, les contraintes liées au manque de surface et aux effets de masque en zone urbaine, à la récupération en juxtaposant des zones à usages différents dans un même bâtiment. Il ressort que dans les zones de forte densité, un gain sur un bâtiment peut se traduire par une perte sur l'autre. Le bilan global est-il toujours positif ? Du point de vue de la forme et de l'énergie, la priorité, lors de la conception d'un bâtiment très isolé et très sobre en énergie, n'est-elle pas de veiller également à ne pas faire de l'ombre aux bâtiments

existants peu isolés ? Penser le bâtiment comme autonome dans une zone dense paraît un paradoxe. Dès lors, il semble important de revenir sur certaines spécificités de la ville comme la densité et la diversité d'usage pour réfléchir à d'autres solutions énergétiques. Cela impliquerait notamment d'envisager l'échelle spatiale à laquelle s'exprime la performance énergétique dès lors qu'un certain seuil de densité est dépassé, de penser les systèmes énergétiques à une échelle allant au-delà du bâtiment afin d'explorer le potentiel de récupération offert par l'énergie dissipée par de nombreuses activités. Expliquer les spécificités de la ville, c'est aussi définir l'environnement qu'elle constitue, en vue de développer les démarches constitutives d'une conception énergétique adaptée à cette échelle. C'est enfin confronter les principes de la conception bioclimatique aux contraintes urbaines et introduire un critère relatif à l'énergie qu'il est possible de récupérer compte tenu de la densité et de la mixité

d'usages qui caractérisent les zones urbaines. Ces sujets nécessitent une approche qualitative mais également quantitative pour avoir une application opérationnelle utile aux décideurs locaux. Avec ce programme Habitat pluriel, terre et temporalités, on se situe au carrefour du bâtiment et de la ville sur la question de l'énergie. Le projet demeure cohérent tant que la parcelle est suffisamment grande pour développer le projet : il atteint alors à la fois la densité et la mixité voulues. L'environnement urbain construit ne permet pas toujours de parvenir au point d'équilibre entre densité urbaine et mixité d'usages (facteurs de sobriété énergétique) et la manière de l'atteindre n'est pas définie. Les architectures proposées sont dépendantes de la densité urbaine. Ainsi, ce projet en R+1 semble-t-il trouver son optimum énergétique à partir d'un déploiement sur une certaine surface. Dès lors dans quelles mesures, cette étendue est-elle compatible avec la diversité des formes d'une ville ?



Ce projet semble trouver son optimum énergétique à partir du déploiement sur une certaine surface (Habitat pluriel, terre et temporalités).

Rappel des éléments essentiels de chaque concept et des équipes

Projet et équipe	Expression de la performance	Moyens mis en œuvre	Domaine d'utilisation
Optimisation de la façade Nord Altersmith architecte Batiserf ingénierie Cardonnel ingénierie Saint-Gobain vitrages Nantaise d'habitations Technal 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.	<ul style="list-style-type: none"> – Consommation 31 kWhep/m²_{shon}/an avec une SHON = 1.6 Shab, soit au sens du label BBC 42 kWhep/m²_{shon}/an (Shon limitée à 1.2 Shab) – Production locale par panneaux photovoltaïques équivalente à 12 kWhep/m²/an. – Coût hors panneaux photovoltaïques : 1 585 euros ht/m²_{shab} – Appréciation du confort d'été sur la température d'air avec un seuil à 29 °C. 	Bâtiment de 12,5 m d'épaisseur, dont 7 m pour le logement, 3,1 m pour un jardin d'hiver et 1 m pour la coursive vitrée au nord. Mise en place d'une façade vitrée au nord composée de double fenêtre dont l'espace est parcouru par un air préchauffé en façade sud par un mur capteur. Jardin d'hiver pour préchauffer l'air neuf.	Réalisé pour le nord-ouest de la France avec façade sud dégagée. Le principe de la façade nord fonctionne à condition d'avoir une façade dégagée et orientée dans un angle de 30° par rapport au sud. Problème de confort d'été en zone H3 et H2d au sens de la réglementation thermique.
Tikopia Architecture Studio Quille Alto Ingénierie Eco Cités Mini tour de 77 logements de 70 m ² de moyenne.	<ul style="list-style-type: none"> – Consommation de 32 à 52 kWhep/m²/an. – Production PV équivalente à 12,9 kWhep/m²/an. – 2 400 euros HT/m²_{shab} – Seuil de 28 °C pour la température en confort d'été et durée d'exposition limitée à 10 heures dans les chambres et 20 heures dans le séjour sur la période estivale. 	Ventilation naturelle assistée et aération pour le confort d'été via des espaces tampons et des cheminées. Stockage inter saisonnier pour l'eau chaude sanitaire et le chauffage avec l'eau préchauffée par panneaux solaires. Mur manteau au nord : U=0,12 W/m ² .K.	Fonctionne bien pour les zones H1 et H2, pour la zone H3 (sud méditerranéen) le principe est à approfondir en accentuant l'approche confort d'été.
Impacte Architecte : François PÉLEGRIN Architecte, psychologue du travail : Élisabeth PÉLEGRIN GENEL Thermicien: André POUGET (Pouget consultants) Bureau d'études/économiste : Philippe BOURGUIGNON (Bet CETBA) Générateur d'innovation : Gérard FLEURY (TBC) Antoine THUILLIER Bâtiment compact en R+6 avec des bureaux au nord et 16 logements en duplex au sud.	<ul style="list-style-type: none"> – Consommation de 40 kWhep/m²_{shon}/an. – Production par panneaux photovoltaïques locale équivalente à 20 kWhep/m²_{shon}/an. – Les coûts d'investissement sont basés sur les coûts de construction définis dans l'arrêté du 20 décembre 2007 (1 287 €/m² en logement, 1 100 €/m² en tertiaire), majorés de 22 % pour un bâtiment Impacte avec 250 m² de panneaux photovoltaïques. – Inertie lourde : 24 °C pour la TIC au sens de la RT 2005 en logement, 30 °C en tertiaire. 	Bâtiment compact par sa forme et sa taille. Contiguïté des usages et mitoyenneté pour réduire les surfaces déperditives. Des « capteurs habitables » : vérandas avec résille au sud pour capter le rayonnement solaire. Logement en duplex pour favoriser le rafraîchissement par surventilation du fait de la double hauteur de tirage thermique. Isolation par l'extérieur sur ossature bois. PAC sur air des garages ou capteurs géothermiques.	Zone climatique H1a au sens de la réglementation thermique RT 2005.
Habitat pluriel, terre et temporalités Tectône architectes RFR éléments Terreal Bâtiments en R+1, densité : 80 logements à l'hectare.	29,3 kWhep/m ² /an pour le chauffage, les auxiliaires et l'éclairage mais sans l'eau chaude sanitaire (ECS).	Parois en brique et polystyrène. Bâtiments compacts et mitoyens. Récupération des apports solaires avec des serres et mur capteur derrière une vitre. Ventilation hygroréglable. Éclairage naturel par sheds.	Zone climatique H1, équipements alternatifs sur le mur capteur pour des zones sud en vue de garantir le confort d'été.

Projet et équipe	Expression de la performance	Moyens mis en œuvre	Domaine d'utilisation
<p>Bâtiment bioclimatique évolutif à fonction mixte Nicolas Chauvineau Laurine Courtois-Lif Christine Ribeiro Philip Ridgway aaPGR Architectes Bâtiment de forme ovoïde en R+5 de 18 m d'épaisseur avec 10 logements de 120 m² de Shon en moyenne.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Consommation de 60 à 67 kWh_{ep}/m²_{shon}/an pour le chauffage, l'ECS, l'éclairage et les auxiliaires selon la nature du système de chauffage. - Production locale (photovoltaïque, éolien, solaire thermique) de 60 kWh/m²_{shon}/an. - Coût : 1 584 € HT/m²_{shon} hors parking et hors équipements de production locale d'énergie. 	<p>Le principe énergétique repose sur une enveloppe très isolée et sur la cohabitation des fonctions pour faire du transfert de chaleur en fonction de l'occurrence des besoins. L'accent est mis sur l'évolutivité du bâtiment de façon à intégrer les techniques en fonction de leur évolution.</p>	<p>Implantation en région parisienne avec une orientation prédominante nord-sud.</p>
<p>Écolocatif en bois Archic architectes Lignatec-KLH Costic Steuerwald Ecobanques CNDB Tour ronde en bois de 12 niveaux pour 80 studios de 26 à 30 m² chacun.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Consommation de 33 à 115 kWh/m²/an selon la nature du système de chauffage et d'ECS. - Coût : 1 468 € HT/m²/an hors panneaux photovoltaïques. - Pas d'estimation du confort thermique l'été. 	<p>Structure bois, isolation importante. Système de chauffage individuel pour chaque logement. Production d'énergie importante par photovoltaïque, solaire thermique.</p>	<p>Région parisienne</p>
<p>Effibat Cabinet Claude FRANCK, Centre Énergétique et Procédé (MINES ParisTech) GTM Bâtiment, VINCI CONSTRUCTION France, Direction de l'habitat social, Direction Recherche & Développement, Bâtiment en R+5 de 18 m d'épaisseur avec un atrium central pour avoir des logements traversants.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Besoins de chauffage des logements entre 19 et 27 kWh/m² par an. - Même coût qu'une construction actuelle (conforme à la RT 2005) 	<p>Structure poteaux poutre avec façade désolidarisée de la structure. Mise en place d'un atrium pour permettre des logements traversants malgré une parcelle épaisse (de l'ordre de 18 m).</p>	<p>L'objectif d'Effibat est d'atteindre le niveau BBC au même coût qu'une construction actuelle conforme RT 2005</p>

Rappel des principales exigences sur l'enveloppe

Projet	Nature de l'enveloppe	Performance (résistance, perméabilité)	Commentaires
Optimisation de la façade nord Isolation extérieure	Structure bois avec dalle béton Au nord : 2 doubles vitrages Pignons : 14 cm polystyrène expansé Plancher : 14 cm polystyrène expansé Toit : polyuréthane 12 cm	Chaque fenêtre avec double vitrage $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$ Pignons : $R = 4,35 \text{ m}^2.K/W$ Plancher : $R = 3,75 \text{ m}^2.K/W$ Toit : $R = 4,8 \text{ m}^2.K/W$ Perméabilité : $0,8 \text{ m}^3/h.m^2$ sous 4 Pa	Le traitement des ponts thermiques en plancher bas n'est pas précisé. Antagonisme entre l'acoustique et l'inertie pour la thermique d'été avec la dalle de compression recouverte par isolant acoustique. Plancher composite stable au feu 1 h. Transfert d'air du sud au nord.
Tikopia Moyau en béton Support en bois.	Mur nord : support bois + 20 cm laine minérale Mur sud et sur volume tampon : béton cellulaire 20 cm + laine minérale 10 à 20 cm intérieure Toit polyuréthane 15 cm Vitrage double vitrage peu émissif et gaz rare	Mur nord $U = 0,12 \text{ W/m}^2.K$ Mur sud : $U = 0,12 \text{ W/m}^2.K$ Toit : $U = 0,18 \text{ W/m}^2.K$ Uglobal fenêtre $U_w = 1,6 \text{ W/m}^2.K$ Perméabilité : 0,15 volume/heure	Masse combustible de bois en façade pour le mur manteau. Ponts thermiques intégrés et de liaisons.
Impacte Isolation répartie sur ossature bois et complément intérieur. Balcons désolidarisés de la structure. Isolation extérieure pour les planchers et toits. Menuiseries au nu extérieur.	Murs sud à ossature bois remplissage par 15 cm de laine minérale et complément d'isolation intérieur par 10 cm de laine de bois. Murs nord et pignons : voiles bétons isolés par l'extérieur par 20 cm de polystyrène. Murs sur locaux non chauffés : voiles bétons isolés par l'intérieur par 10 cm de polystyrène. Planchers hauts en béton isolés par 16 cm de polyuréthane. Plancher bas isolé par 10 cm de polyuréthane sous chape et par 15 cm d'un produit de résistance thermique $R = 4,45 \text{ m}^2.K/W$, rapporté en sous-face de la dalle. Fenêtre et portes fenêtres triple vitrage PVC. Portes fenêtres triple vitrage ALU.	Mur sud $U = 0,11 \text{ W/(m}^2.K)$ Mur nord $U = 0,15 \text{ W/(m}^2.K)$ Mur sur local non chauffé $U = 0,29 \text{ W/(m}^2.K)$ Plancher $U = 0,15 \text{ W/(m}^2.K)$ Fenêtre bois $U = 0,13 \text{ W/(m}^2.K)$ Fenêtre alu $U_w = 0,92 \text{ W/(m}^2.K)$ $U_w = 1,4 \text{ W/(m}^2.K)$ Perméabilité : $1,0 \text{ m}^3/(h.m^2)$	Évaluation des ponts thermiques de liaisons, en particulier, en plancher bas et retombées de poutres. Ponts thermiques des structures bois. Étanchéité à l'air avec une ossature bois. Sécurité incendie (matériaux nombreux en façade).
Habitat pluriel, terre et temporalités Isolation répartie.	Extérieur brique monolithe en terre cuite (5 cm) + polystyrène (10 cm) + terre cuite intérieure (15 cm). Cloison et mur capteur en terre crue 5 cm. Plancher : béton 10 cm et laine minérale 10 cm. Toit : béton 10 cm, laine minérale 12 cm. Fenêtre double vitrage peu émissif.	Mur : $U = 0,22 \text{ W/m}^2.K$ Plancher : $U = 0,29 \text{ W/m}^2.K$ Toit : $U = 0,25 \text{ W/m}^2.K$ Fenêtre : $U_w = 1,6 \text{ W/m}^2.K$ Perméabilité : 0,2 Vol/h	La terre crue pour réguler le taux d'humidité dans les pièces. Épaisseur intérieure de terre cuite en fonction de la zone climatique pour l'inertie. Prise en compte des ponts thermiques ?

