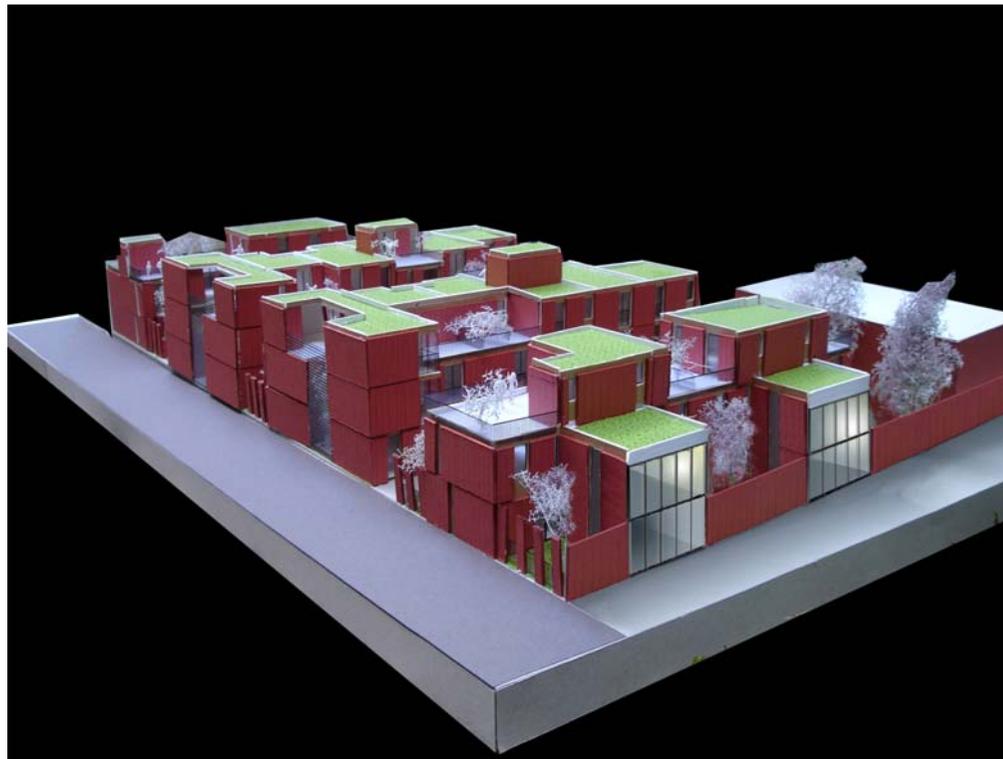


CONCEPT QUALITE HABITAT ENERGIE (CQHE)
Appel à idées-Mai 2007



Habitat pluriel dense et activités

Terre et temporalités

Equipe : tectône architectes+RFR Eléments+RFR (avec le soutien de Terreal)

1-PROBLEMATIQUE GENERALE

« Il faut avoir foi en la matière, car sa force est l'exacte mesure de la profondeur critique... » Shin Takamatsu

L'appel à idées CQHE constitue une opportunité exceptionnelle de remettre à plat les potentialités de la matière et les modes constructifs dans l'habitat. C'est également l'occasion d'une réflexion qui remet en perspective la qualité environnementale avec l'usage, la notion de confort et d'ambiances avec les modes d'habiter.

Quelques exemples des limites de l'évolution actuelle des pratiques et des techniques « vertueuses »

Les objectifs de réduction de consommation d'énergie et la recherche du confort thermique hiver-été dans l'habitat orientent aujourd'hui les concepteurs vers des solutions d'isolation rapportée par l'extérieur avec une résistance thermique de plus en plus importante, associée à une étanchéité à l'air mais aussi à la vapeur d'eau. L'enveloppe est ainsi conçue comme un empilement de « couches » monofonctionnelles : couche structurelle, couche étanche à l'eau, couche étanche à l'air, couches d'isolant thermique et acoustique. L'isolation « par l'extérieur » a pourtant plusieurs limites :

- La « barrière isolante » extérieure peut se révéler contre-productive en été car elle limite la dissipation de chaleur vers l'extérieur.
- Cette solution apporte trop d'inertie pour des logements dont l'occupation est intermittente
- La pérennité des parements extérieurs et leurs fonctions (étanchéité à l'eau, isolation, etc...) n'est plus assurée
- les produits utilisés sont de plus en plus épais pour répondre aux normes
- Au niveau architectural, le rapport à la matière comme élément structurel est de plus en plus abstrait

A cette individuation des fonctions de l'enveloppe, s'ajoute l'incrémentation de systèmes techniques comme la ventilation double flux qui visent à un contrôle de l'échange d'air intérieur/extérieur.

D'autre part, la maîtrise de la qualité de l'air et des déperditions aérauliques par la réponse du double flux ne présente pas non plus que des avantages: l'assèchement de l'air intérieur, la présence de réseaux supplémentaires entraîne une perte d'espace habitable, ainsi que des sujétions techniques importantes (soffites, faux plafonds, trappes, etc..). Elle peut être énergétiquement contre-productive dans des petits logements occupés de manière très intermittente, ventilés par ouverture des fenêtres.

Dans le panel des matériaux et techniques présentés comme « vertueux », l'utilisation de la brique « thermique » à structure alvéolaire de type « MONOMUR » est une solution efficace mais la performance thermique de l'enveloppe dépend de la qualité de la réalisation des joints « roulés » au mortier collé

Ce vers quoi nous voulons aller :

Dans le cadre de l'Appel à Idées, l'objectif d'optimisation énergétique dans l'habitat nous conduit à :

- proposer des solutions alternatives au rafraîchissement actif dans le logement qu'il s'agisse de climatisation ou de ventilation mécanique contrôlée
- proposer un habitat passif en apport d'énergie sous forme chaleur
- optimiser l'apport de la lumière naturelle, valoriser les espaces et les usages qui leur sont liés

Les moyens que nous nous donnons, pour ce faire, sont de décliner notre recherche selon deux axes : la valorisation de la matière et la valorisation des espaces :

- concernant la matière:., le concept que nous souhaitons développer vise à réunifier les fonctions aujourd'hui dissociées de l'enveloppe, Nous considérerons cette enveloppe comme une 3^e peau en optimisant les propriétés de la terre, employée ici dans ses différents états : cuite, crue, sèche, humide.
- concernant les espaces : la programmation d'habitat individuel dense peut être enrichie par la présence d'activités et de surfaces dédiées au tertiaire entraînant une mise en jeu de la temporalité et de l'intermittence des usages dont le bénéfice escompté est de mieux exploiter les échanges d'énergie

Ce principe constructif est le point de départ d'un building concept se déclinant sur 2 axes : concept matière et concept espaces

1) Concept matière : matériaux et système constructif

Chercher un compromis thermique d'hiver/thermique d'été, entre une isolation performante et une capacité d'accumulation thermique (« volant thermique »), permettant de profiter de la diffusion de chaleur dans l'enveloppe et la structure du bâtiment entre les différents espaces intérieurs et l'extérieur.

La toiture est un élément crucial de l'enveloppe : c'est l'élément le plus déperditif en hiver et le plus impacté par le rayonnement. On développera une masse thermique importante par l'emploi de toiture-jardin avec une épaisseur conséquente de terre végétale au dessus d'une dalle. A l'image des parois verticales, l'objectif est d'éviter une « barrière » isolante en intégrant l'isolation dans l'épaisseur par l'emploi de bétons allégés ou de hourdis en brique alvéolaire.

2) Concept espaces : morphologie et typologies

Le principe constructif doit concilier isolation et capacité d'accumulation thermique modulable. Son efficacité est augmentée lorsque le programme et la partition interne du bâtiment permet de développer des transferts énergétiques entre espaces : logements, bureaux.

Le building concept présentera une mixité fonctionnelle d'espaces d'habitats et de travail.

Des dispositifs spatiaux de distribution pourront également être testés : atriums, prolongements extérieurs, etc... Cette diversité d'espaces participera de la régulation des ambiances et de la création d'échanges thermiques entre des locaux utilisés de manière discontinue mais complémentaires.

Les échanges thermiques entre les espaces pourront ainsi se faire selon différents modes :

- par conduction des parois : le temps de diffusion de la chaleur dans une paroi est choisi en fonction de l'utilisation des 2 espaces mitoyens.
- par transfert aéraulique: ventilation entre les bureaux et les logements, avec récupération de chaleur sur l'air extrait
- par transfert hydraulique : réseaux sources et pompes à chaleur permettant de transférer des calories ou frigories entre les espaces.

Enfin, Nous souhaitons privilégier des orientations (logements au Sud et bureaux au Nord) pour simplifier l'enveloppe. Le concept de mixité sandwich/tranches sera évalué sans a priori.

2-LE BÂTIMENT-CONCEPT

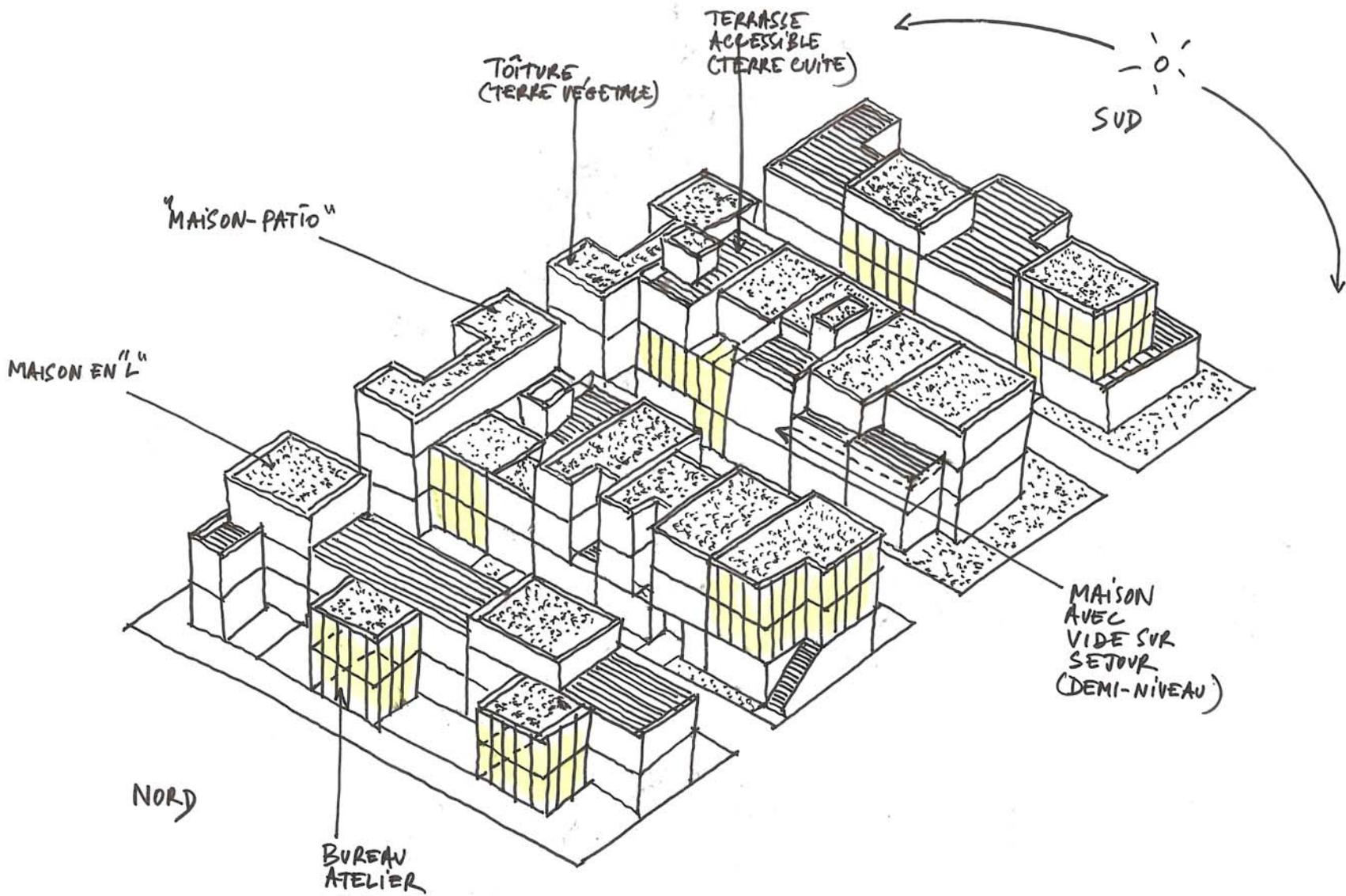
Le projet que nous présentons dans le cadre de la première phase de l'appel d'idées est un ensemble **d'habitat pluriel dense** présentant les qualités de l'habitat individuel (jardinet accès notamment). L'ensemble se présente sous la forme d'une « nappe » dont l'épannelage est compris entre R+2 et R+3. Nous souhaitons inscrire notre démarche dans une problématique globale ou la recherche de solutions alternatives à l'étalement constitue le cadre d'une réflexion d'ensemble sur l'environnement. (Cf programmes de recherches en cours lancés par PUCA, Habitat pluriel, VUD)

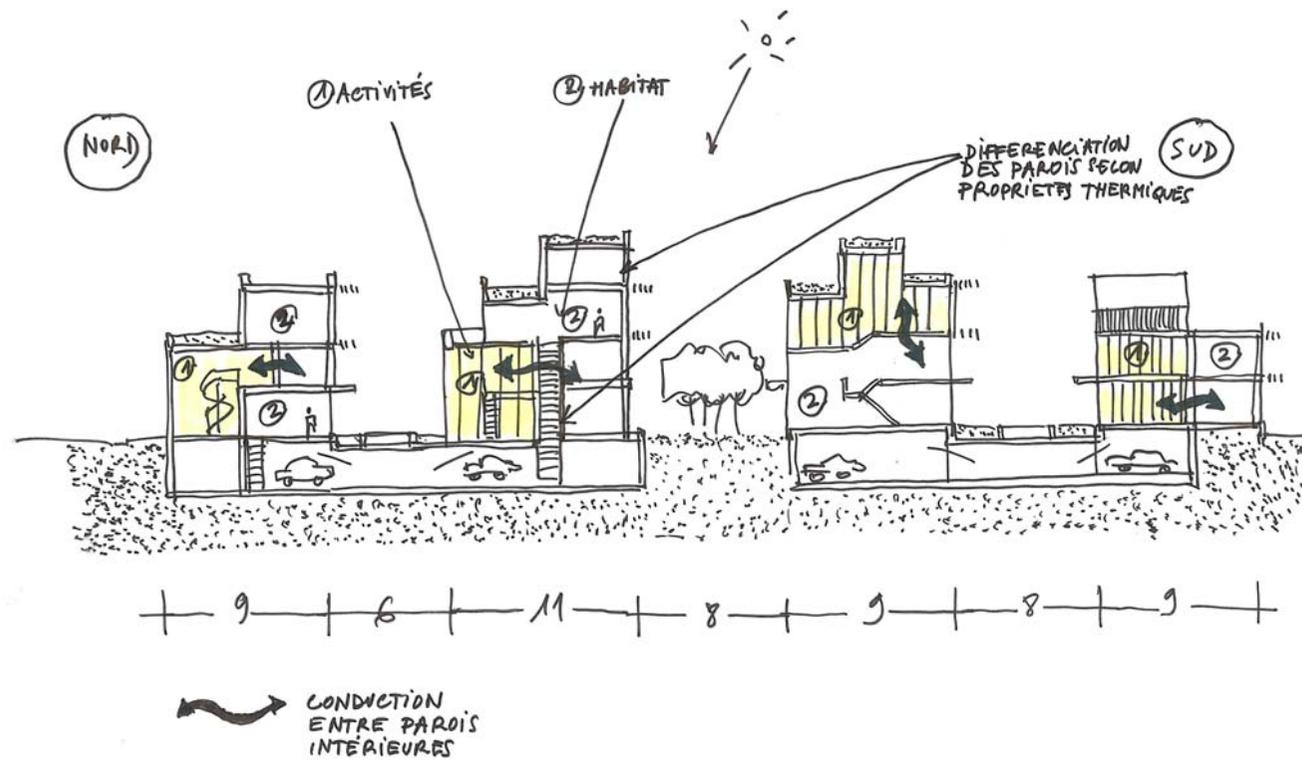
Entre les logements viennent s'intercaler de manière quasi-aléatoire des volumes dédiés à l'activité et au tertiaire. Ces volumes, placés en façade Nord, largement vitrés, disposent de place de parking directement boxées accessible depuis le sous-sol commun. Leur présence enrichit le programme et l'ambiance d'ensembles généralement mono-fonctionnel. Les cœurs d'ilôts de certains faubourg parisiens prouvent que des exemples de ce type de mixité associant un habitat semi-individuel et des activités existent.



La position des volumes dédiés à l'activité joue un rôle dans la performance thermique. Ils constituent également des « pièce en plus » potentielles, participant ainsi d'une ressource de densification potentielle pour l'habitat.

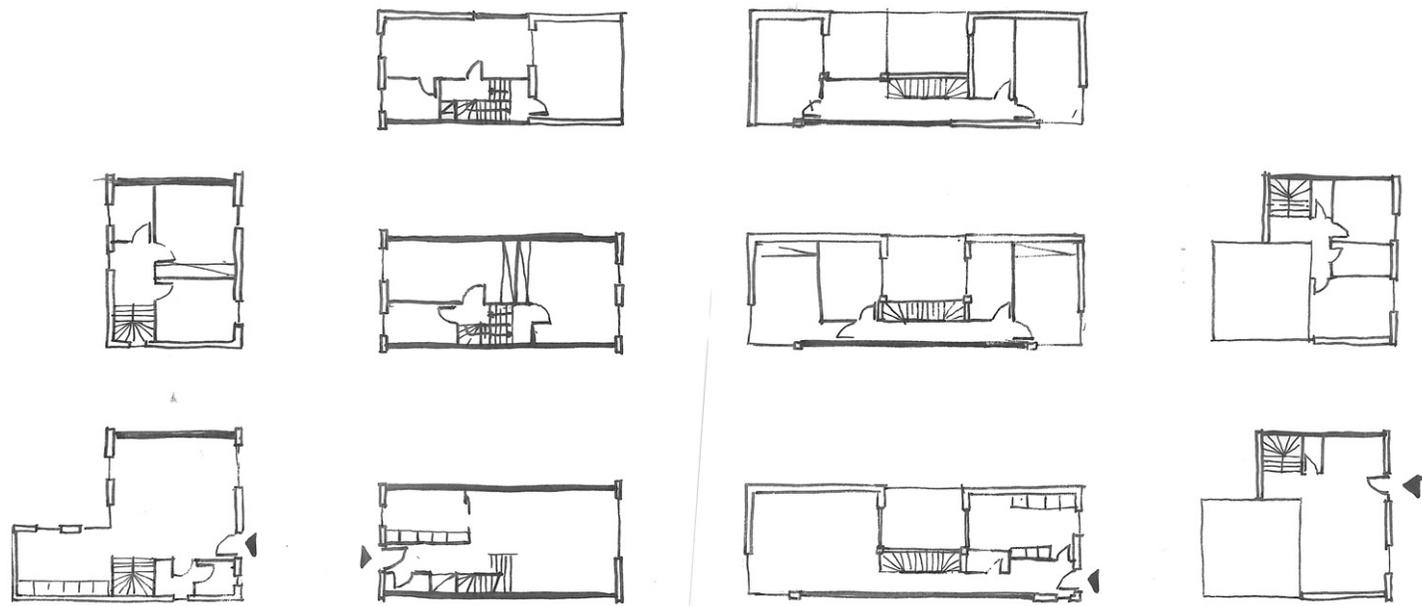
Dans ce scénario, l'emploi de matériaux comme la brique monolithe associée au panneau de terre séchée présente l'avantage d'une grande souplesse de trames et d'ouverture en façade.





Le principe vu en coupe

- Le côté Sud est majoritairement dédié à l'habitat avec quelques espaces de travail atypiques pour des besoins spécifiques...Les logements sont soit traversants, voire plein-sud pour quelques-uns
 - côté Nord, on trouvera le plus souvent activités, ateliers/bureaux, avec quelques logements professionnels temporaires
- Le linéaire d'enveloppe coûteuse (isolée et étanchée) est ainsi réduit.



NORD

MAISON EN "L"

MAISON - DEMI-NIVEAUX

MAISON - PATIO

MAISON + ACTIVITES

Exemples de typologies composant « la nappe »

Références pour comparaison et validations :

Mixité de fonction habitat-tertiaire:

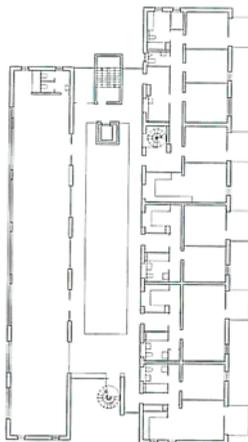


Fig. 4.5.7 Plan of standard floor

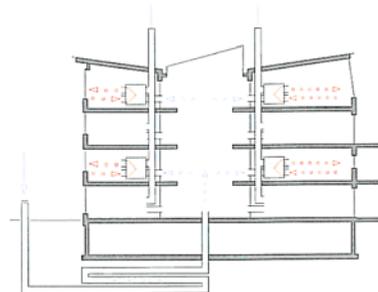


Fig. 4.5.8 Schematic of the local mechanical ventilation of the individual homes with heat recovery

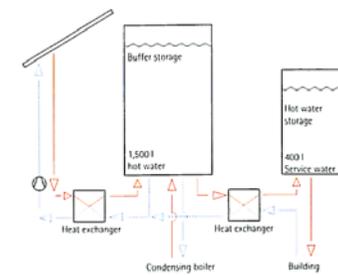
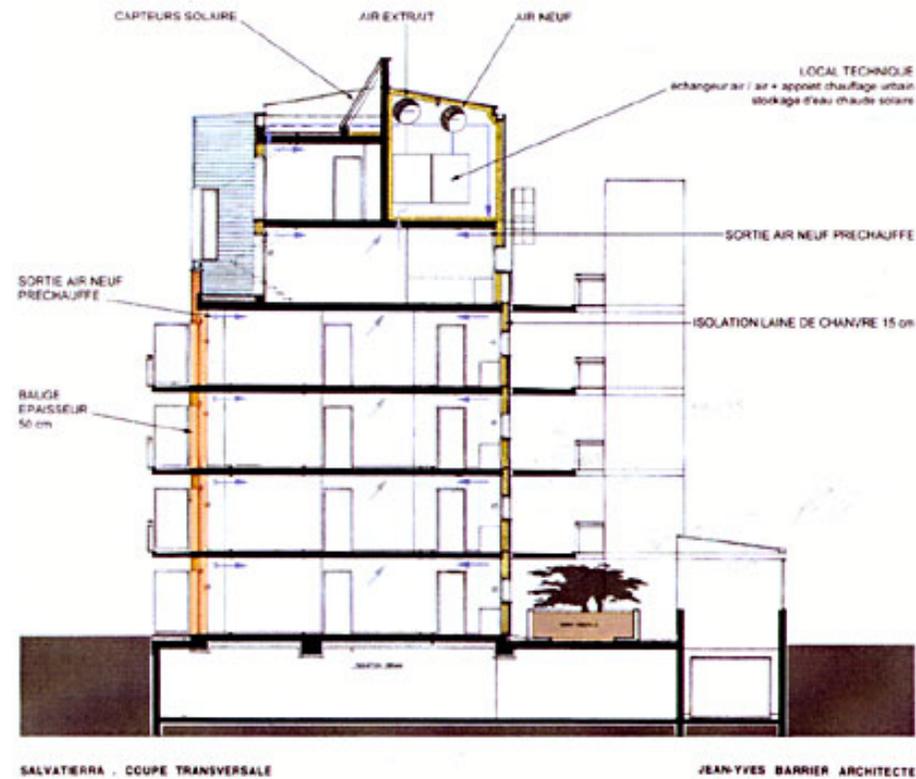


Fig. 4.5.9 Schematic of the energy concept

Illustration : Résidence et bureaux à Landshut, (Allemagne), Bauderer, Feigel, Huber, arch. + Haussladen, Ing.



Illustrations : Techniques mixtes bois-terre pour la résidence Salvatierra à Rennes, J.L. Barrier, arch, programme CEPHEUS

Explorations proposées pour la modélisation d'un concept habitat-énergie

Le concept se décline sur 3 points suivants :

- 1) La définition des modes d'occupation des espaces selon leur fonction habitat ou activité (intermittences liées aux usages)
- 2) La définition des ambiances climatiques des espaces :
 - Liens fonctionnels : circulations
 - Liens physiques liés au confort (thermique, aéraulique, hygrométrie, acoustique)

3) La définition des principes constructifs des parois

La modélisation physique intervient à 2 échelles, liées par des conditions limites :

-La modélisation des phénomènes physiques de stockage et transfert à l'intérieur les différentes parois, par simulation par éléments finis (modélisation physique du concept matière) : l'objectif est de préciser les propriétés des matériaux afin de définir matériellement les parois selon les fonctions recherchées.

-La simulation thermique dynamique des phénomènes d'échanges physiques entre les différents espaces et l'extérieur (modélisation physique du concept espaces). L'avantage de cette modélisation intégrant la variable « temps » (« dynamique ») est la prise en compte précise des variations climatiques et de leur interaction avec l'inertie du bâti.

La modélisation vise à l'optimisation du building concept en intégrant ses 2 composantes matière et espace, afin d'améliorer la performance énergétique.

Le rôle de l'épaisseur des façades par rapport à la protection solaire et à la lumière – simulation ensoleillement et lumière naturelle- sera étudié

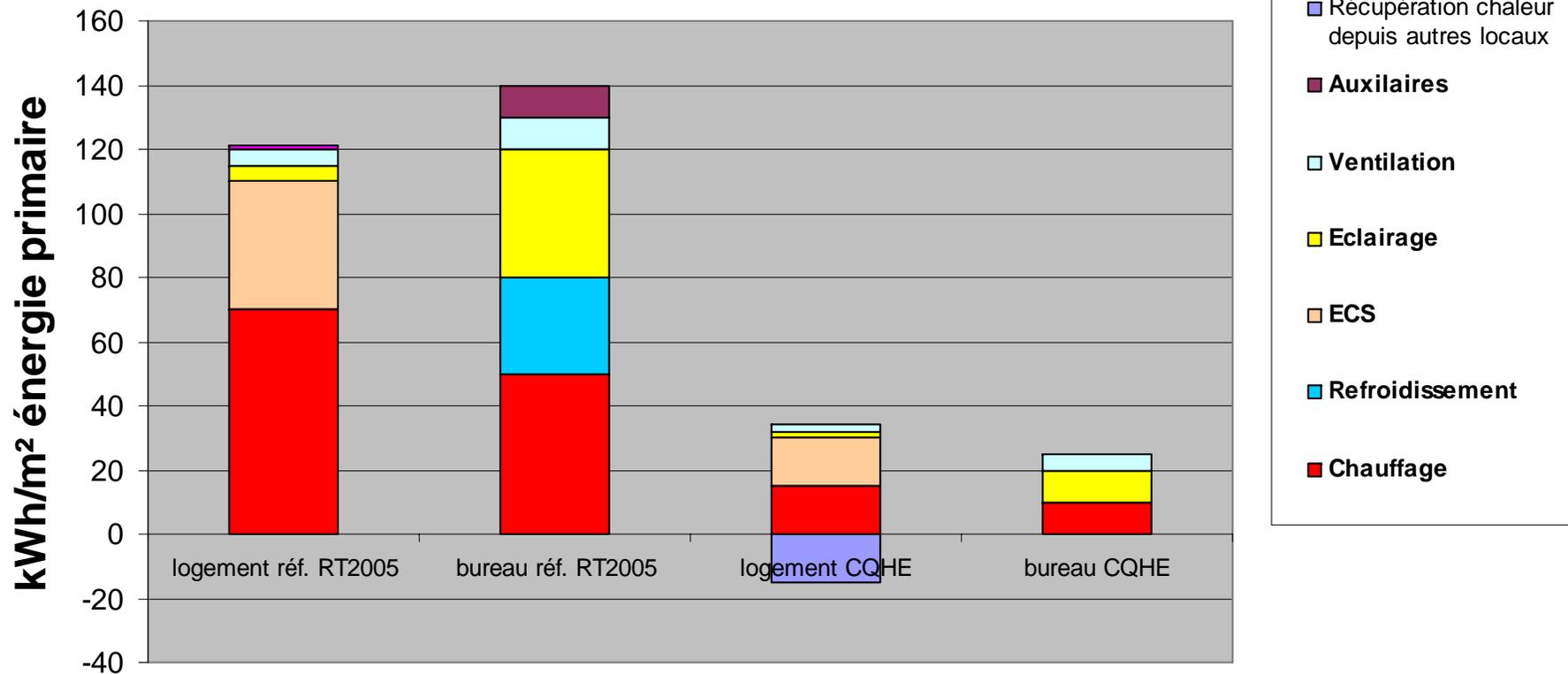
L'analyse structurelle permettra de dimensionner au plus juste les sections, et de gérer les charges dues à la recherche d'une inertie importante

Objectifs de performance énergétique du concept:

A partir de ce concept liant matériau et espaces aux besoins énergétiques, on pourra associer des **systèmes performants** de production ou de conversion d'énergie à haut rendement, permettant de fournir les besoins restants en chauffage, eau chaude, éclairage et électricité spécifique.

L'objectif pour l'ensemble du building concept est d'arriver à un habitat passif en énergie sous forme chaleur : l'électricité nécessaire au fonctionnement des pompes et ventilateurs étant apportée par une production d'électricité solaire, éolienne, ou par cogénération de biomasse, production étant intégrée non individuellement mais collectivement à l'échelle locale de l'îlot, ou du quartier.

Répartition des consommations énergétiques par poste (réf. RT 2005 et objectifs du building concept CQHE)



3-SYSTEME CONSTRUCTIF ET TECHNIQUES

Nous souhaitons inscrire notre démarche dans le cadre de la « *définition d'un système constructif porteur d'efficience pour le bâtiment, dont on déduira les systèmes techniques et équipements nécessaires (et éventuellement les améliorations apportées à ces équipements)* »

Nous proposons un système constructif structurel combinant brique structurelle de terre cuite extérieure associée à un enduit intérieur de terre crue composite ou béton allégé isolant.

L'épaisseur intérieure apporte à la fois un complément d'isolation à la brique et un volant thermique, c'est à dire une capacité d'accumulation de chaleur (ou inversement de fraîcheur en été). Elle permet également de réguler l'hygrométrie ambiante et ainsi de réduire les besoins de ventilation visant à extraire l'humidité du logement.

On pourra adapter l'épaisseur et les caractéristiques physiques (densité et conductivité thermique) de l'enduit de terre crue en fonction des propriétés recherchées selon la paroi: paroi extérieure, intérieure, façade Nord- façade Sud.

La terre ainsi mise en œuvre « **dans tous ses états** » présente une valeur ajoutée architecturale indéniable.



Illustration : La terre dans tous ses états

Le point de départ de notre réflexion est l'expérience que nous avons acquise en utilisant le système constructif lancé à l'origine par l'entreprise Guiraud Frères à Toulouse dans les années 70 et développé aujourd'hui par la société Terreal. Ce système est un mécano structurel de briques de hauteur d'étages, de différentes tailles permettant de construire des immeubles d'une hauteur de 6 niveaux environ avec une grande rapidité et de

hautes performances thermiques. Ce système est aussi particulièrement adapté à la réalisation de bâtiments en milieu urbain dense sur des parcelles relativement contraintes.

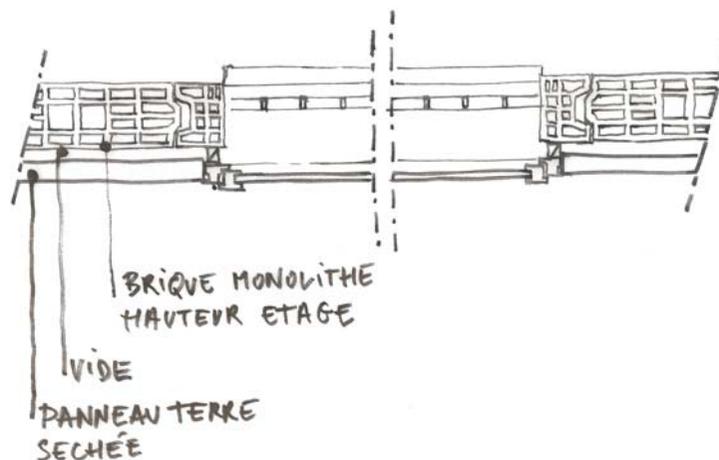
Terreal propose actuellement trois types de briques de hauteur d'étages:

- la Brique Monolithe Extérieure (BME), d'une épaisseur de 20cm, comportant 4 alvéoles
- la Brique Monolithe Isolée (BMI), d'une épaisseur de 30cm, comportant un panneau collé en polystyrène expansé
- la Brique Monolithe Acoustique (BMA), d'une épaisseur de 20cm, comportant une face perforée et 4 alvéoles

Le système constructif de briques monolithes de hauteurs d'étage est composé de pièces de différentes dimensions et d'un ensemble d'accessoires pour la réalisation des points singuliers (angles saillants, angles rentrants, linteaux, jambages, réhausses, pente de toitures...). L'ensemble des pièces peuvent être découpées à la dimension requise sur le chantier, ceci permettant une grande latitude d'emploi.

En collaboration avec le département R&D de Terreal nous proposons de développer un ensemble de dispositifs d'assemblage et de combinaisons d'emplois de produits argileux qui s'articulent au système constructif de briques de hauteur d'étages.

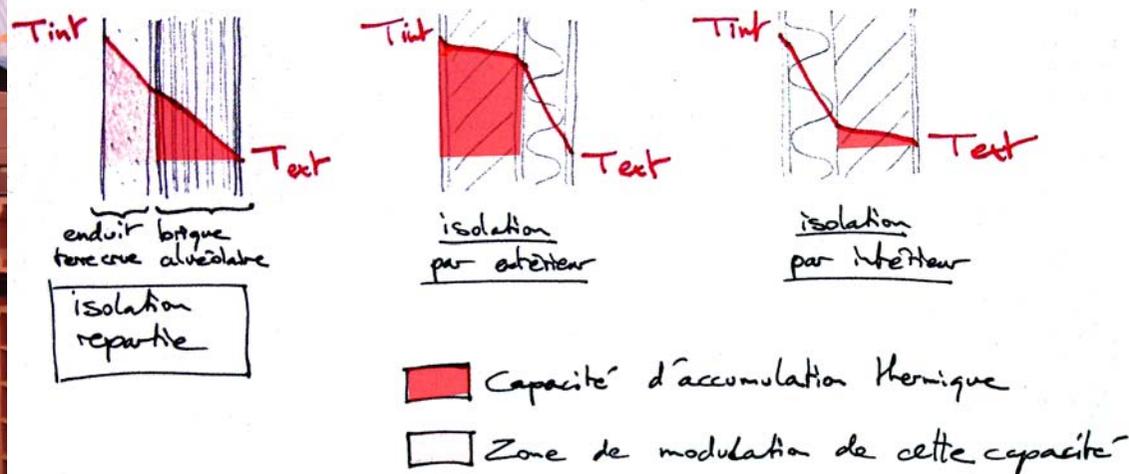
EXT.



Les pistes que nous envisageons de développer à partir de l'association de brique monolithe améliorée sont les suivantes :

- emploi par fixation mécanique de panneau de terre séché en paroi interne sur Brique Monolithe Extérieure (BME),

- emploi d'argile expansé en remplacement du polystyrène expansé pour les Briques Monolithes Isolées (BMI),
 - épaissement des parois internes co-extrudées
 - passage de réseaux dans certaines conditions à définir (ventilation double-flux, électricité, ECS) dans Briques Monolithes Acoustiques (BMA, panneaux perforés)
 - emploi de billes d'argile expansée pour la réalisation des bétons de chaînages périphériques
 - utilisation de blocs de terre crue pour la réalisation des cloisons/murs de distribution.
- La société RFR assurera pour notre compte un conseil visant à exploiter au mieux les possibilités structurales du matériau en lien avec ses propriétés thermiques, et valider les principes constructifs finaux.



Illustrations : à gauche, brique alvéolaires structurelle de hauteur d'étage. Réalisation : tectône (Sabri Bendimérad & Pascal Chombart de Lauwe).

A droite principes et avantages de l'isolation répartie

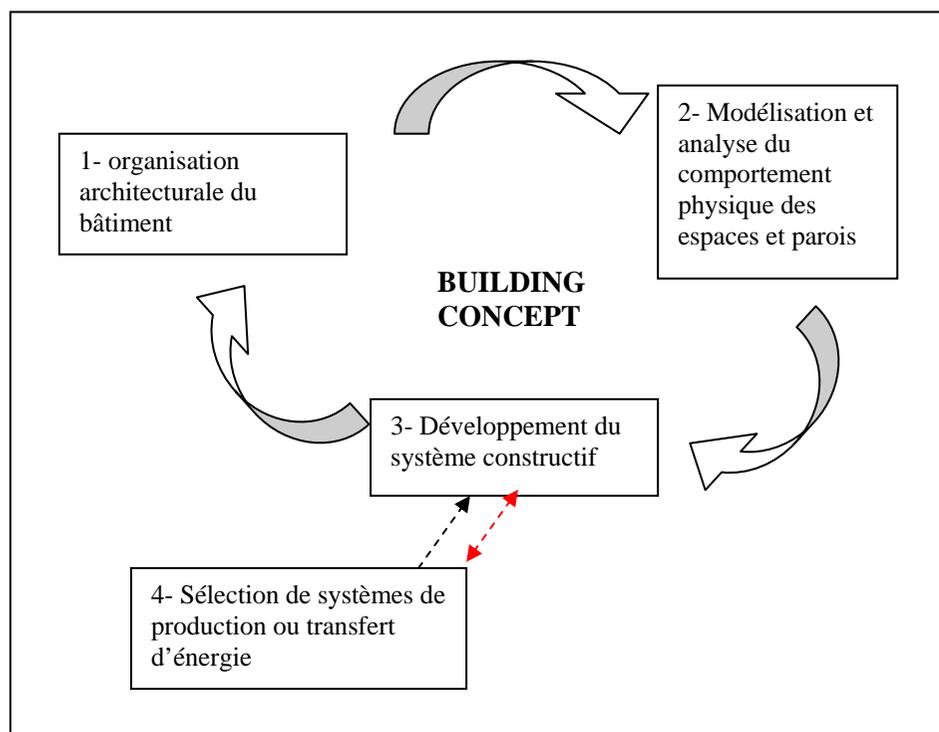
3-METHODE DE TRAVAIL ENVISAGEE POUR LA PHASE DE DEVELOPPEMENT

Chaque étape de la recherche sera l'occasion d'un échange interdisciplinaire garantissant la cohérence et l'expertise des pistes proposées. Le mode d'avancement prévoit l'organisation régulière de séminaires internes architecte /ingénierie climatique / structure / Département R&D industriel, avec ordre du jour thématisé. Par exemple :programmation architecturale, énergie, confort

Méthode de travail :

Notre équipe intègre des compétences de maîtrise d'œuvre (architecture, génie climatique, structure) et s'appuie sur des outils modernes de simulation et de représentation du projet.

La méthode de travail repose sur l'intégration technico-architecturale : la simulation est utilisée comme un outil de comparaison de différents paramètres pour comprendre ceux sur lesquels il faut jouer pour améliorer le projet, et comme un outil d'aide à la conception.



- 1) Développement de l'organisation architecturale du bâtiment et des typologies
- 2) Modélisation du comportement thermique des espaces et des parois: modélisation thermique dynamique des volumes, comportement thermique et hygrométriques des matériaux.
- 3) Développement du système constructif de briques de terre cuite suivant les caractéristiques physiques recherchées pour chaque paroi, avec Intégration de fonctions énergétiques supplémentaires au principe constructif: ventilation, chauffage
- 4) Sélection des systèmes de production ou transfert d'énergie associés au building concept

4-COMPOSITION DE L'EQUIPE

Tectône :

Sabri Bendimérad, architecte (tel 01 40 02 03 03)

Pascal Chombart de Lauwe, architecte (tel 01 40 02 03 03)

RFR Elements

Benjamin Cimerman, Ingénieur (01 53 24 91 27)

Maxime Carré, Ingénieur (01 53 24 91 27)

RFR Structure:

Frédéric Bindji, Ingénieur (01 53 24 91 00)

Terreal :

Emmanuel Pion, Chef de marché Structure (tel : 05 34 36 21 00)

Hervé Lermecier, Responsable Enveloppe du bâtiment (tel : 04 68 94 45 96)

Les références de l'équipe

tectône : Sabri Bendimérad & Pascal Chombart de Lauwe, architectes assistés de 6 collaborateurs architectes

tectône a développé, une démarche dans laquelle chaque projet, chaque réalisation, est le fruit d'une réflexion sur le contexte, d'un questionnement approfondi sur l'usage, le programme et l'économie de moyens.

Depuis sa création en 1987, l'atelier tectône a réalisé près de 600 logements de la maison unifamiliale, à la résidence de jeunes travailleurs, de l'immeuble de 80 appartements au semi-individuel groupé. Sur la même période, 750 logements ont été étudiés jusqu'à la phase APS au minimum. Les commanditaires de ces programmes sont à la fois publics, associatifs, ou privés

Conseil

Pascal Chombart de Lauwe conseille plusieurs maîtres d'Ouvrages dont la SNI, et coordonne depuis 2002 le programme expérimental d'habitat individuel dense HOE en Plaine Saint Denis (PUCA). Il a été également consultant du programme *Europan*. Sabri Bendimérad est membre du conseil d'évaluations des projets de la Fondation Leroy Merlin

Prix

tectône a été deux fois nominé au prix de l'Equerre d'Argent du groupe Le Moniteur-AMC : une première fois en 1995, pour un immeuble de 10 logements rue Traversière à Paris 12^{ème}, une seconde fois en 2001 pour un centre de formation professionnelle et deux unités de vie. L'atelier a aussi été nominé pour le prix du CAUE 77 pour les 88 logements réalisés à Esbly en 1991.

Urbanisme, recherche et enseignement

Tectône a assuré plusieurs missions d'études prospectives à l'échelle urbaine dans le domaine de l'habitat: la résorption de l'habitat insalubre du quartier Anfa de Casablanca, le réaménagement des règles d'urbanisme à Paris afin d'optimiser en fond de parcelle les qualités de l'habitat, à densité égale. Pour le Plan Urbanisme Construction et Architecture (PUCA), Sabri Bendimérad et Pascal chombart de Lauwe sont responsables scientifiques d'un programme de recherche sur la maîtrise des densités dans l'habitat individuel jusqu'en 2008 (Habitat pluriel : Densité, Urbanité, Intimité). Tectône a également assuré la mise en place de la charte de qualité environnementale d'un bailleur social très actif en région parisienne et filiale de la RATP, Logis Transports

Pascal Chombart de Lauwe est Maître Assistant à l'Ecole d'Architecture de la Ville et des Territoires de Marne-la Vallée et Sabri Bendimérad, Maître assistant Associé à L'Ecole National Supérieure d'Architecture de Paris-Malaquais

RFR éléments :

RFR éléments développe une activité d'ingénierie environnementale ancrée dans la maîtrise de la physique du bâtiment ainsi que la veille technologique et architecturale. A partir de la mise œuvre de moyens de modélisation informatique diversifiés, nous apportons à chaque phase du projet des données concrètes permettant une prise de décision informée de l'ensemble des acteurs. Notre implication forte en amont du projet contribue à faire de la problématique environnementale une source d'inspiration créatrice plutôt qu'une contrainte normative supplémentaire.

RFR éléments est filiale du bureau d'études RFR qui travaille depuis 25 ans à l'élaboration de solutions techniques novatrices en structure et façades et a participé à de nombreux projets de qualité en France et de par le Monde.

RFR éléments, créée en 2004, travaille sur un grand nombre de projets en tertiaire et logements. Parmi les références significatives :

- Projets de bureaux pour la SILIC à Nanterre et Rungis,
- Ecoles, collèges et lycées en région IDF,
- Projets « bioclimatiques » à Bellegarde dans l'Ain (Gare TGV) et Turin en Italie (siège d'une banque)
- Projets de logements basse énergie: 67 logements+école+théâtre sur la ZAC Massena pour la RIVP avec BP-architectures ; 38 logements pour Pas-deCalais Habitat à Arras avec Atelier Dubus
- AMO promoteur Philia sur ilot Hoche à Nanterre (120 logements)
- Nombreux concours de logements, mission conseil & calcul thermique pour Euroéquipement, ZAC Nozal Chaudron à St-Denis (architecte : Tectône)