

L'ARCHITECTURE ÉCOLOGIQUE

29 EXEMPLES EUROPÉENS

- ENJEUX ET PERSPECTIVES
- URBANISME ET DÉVELOPPEMENT DURABLE
- ARCHITECTURE ET QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE
- DÉMARCHE HQE

Dominique Gauzin-Müller

LE MONITEUR

Pour assurer la qualité de vie des générations futures, la maîtrise du développement durable des ressources de la planète est devenue indispensable. Son application à l'architecture, à l'urbanisme et à l'aménagement du territoire concerne tous les intervenants: décideurs politiques, maîtres d'ouvrage publics et privés, urbanistes, architectes, ingénieurs, paysagistes, bureaux de contrôle, industriels, entrepreneurs et ouvriers du bâtiment. La généralisation et le succès de la qualité environnementale du domaine bâti sont liés à une collaboration étroite entre ces partenaires pour valoriser les compétences de chacun. Ils sont indissociables de la participation des usagers et de leur motivation.

La prise en compte des enjeux environnementaux dans les opérations de construction a des implications sociales, écologiques et économiques. Elle doit faire l'objet d'une démarche globale, objective et rationnelle. Le but de cet ouvrage est d'apporter des éléments de réponse à ceux qui cherchent des références pour mettre en œuvre leur désir de construire autrement.

Le premier chapitre rappelle les enjeux du développement durable et les tendances de l'architecture écologique. Il décrit les similitudes et les divergences dans l'application de la démarche environnementale au sein de l'Europe et présente les perspectives de son évolution dans les pays industrialisés et dans les zones en voie de développement.

L'architecture écologique n'est vraiment efficace que si elle s'inscrit dans le cadre d'une planification urbaine fondée sur les principes du développement durable. Le deuxième chapitre présente des éléments théoriques et leur concrétisation à travers des opérations menées depuis plusieurs décennies dans des capitales nationales et régionales et dans de petites communes européennes.

Pour atteindre rapidement les objectifs de la qualité environnementale, la réalisation de bâtiments écologiques associant économies d'énergie et emploi de matériaux sains et renouvelables est essentielle. Les vingt-trois réalisations européennes récentes présentées dans le troisième chapitre démontrent qu'il est possible de concilier les objectifs sociaux et écologiques de la démarche environnementale dans un cadre économiquement réaliste, en s'inscrivant dans une logique à long terme associant budget d'investissement et coûts d'exploitation. Aux grands projets spectaculaires, nous avons préféré des bâtiments plus modestes par leur échelle, mais non par leur qualité architecturale. Tous les types de programme sont représentés: habitat individuel et collectif; petits équipements publics culturels, éducatifs ou sportifs; bureaux et autres bâtiments d'activités. Les exemples retenus proposent des solutions aisément reproductibles dans le cadre de la pratique quotidienne des maîtres d'œuvre.

Reprenant de manière didactique les quatorze cibles définies par l'Association HQE, le quatrième chapitre met en évidence les objectifs de la Haute qualité environnementale et propose aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre des principes de conception et des solutions techniques pour les atteindre pragmatiquement, par approximations successives.

De la Finlande à la Grèce, en passant par la France et l'Allemagne, les exemples présentés sont adaptés à des climats, à des situations et à des budgets variés. La diversité des réponses prouve que la démarche environnementale est applicable à tous les contextes. Il est essentiel qu'elle devienne rapidement pour tous une évidence incontournable.

RÉSIDENCE SALVATIERRA À RENNES, FRANCE

Jean-Yves Barrier

QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE

■ **Caractéristiques bioclimatiques**

Volume compact, utilisation passive et active de l'énergie solaire, étanchéité à l'air renforcée, isolation thermique en laine de chanvre, doubles vitrages avec lame d'argon, matériaux naturels et finitions saines.

■ **Principe constructif et matériaux**

Structure mixte béton-terre-bois; refends en béton banché; dalles pleines en béton surfacé; façades est, ouest et nord, panneaux à ossature bois avec isolation en laine de chanvre; façade sud en bauge; menuiseries extérieures en mengkulang; bardage en lames d'épicéa de Silverwood et Éterclins d'Éternit; couverture, parties courantes en bacs acier prélaqués, terrasses en étanchéité multicouche.

■ **Finitions**

Peintures intérieures, Pantex de La Seigneurie.

■ **Équipements spécifiques**

Ventilation double flux avec échangeur à récupérateur de chaleur, chauffage complémentaire de l'air neuf par le réseau urbain, capteurs solaires pour l'eau chaude sanitaire.

■ **Caractéristiques thermiques**

Murs à ossature bois avec laine de chanvre, $U=0,21 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$; murs en bauge, $U=0,75 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$; toiture, $U=0,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$; vitrages, $U=1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$; plancher haut du sous-sol, $U=0,19 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

■ **Consommation d'énergie**

Chauffage, $14,9 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$; consommation globale, $40 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$.

La résidence Salvatierra associe économies d'énergie, technologies de pointe et mise en œuvre de matériaux naturels, pour un habitat collectif sain et chaleureux. Elle s'appuie sur une logique environnementale pragmatique et efficace, dont l'objectif principal est la qualité de vie des usagers.

■ **CONTEXTE ET SITE**

La résidence Salvatierra est le seul projet français du programme européen Cepheus, consacré à la réalisation de logements répondant au label Habitat passif (voir p. 100). Sa réalisation a été initiée par la ville de Rennes avec la Coop de construction, promoteur-constructeur social. L'opération s'inscrit dans le cadre paysager de la Zac Beauregard (voir p. 88-89). Située sur les hauteurs de Rennes, celle-ci est aménagée dans un souci de qualité environnementale: vastes espaces verts, découpage des îlots en fonction des vents dominants, gestion programmée des déchets.

■ **FONCTION ET FORME**

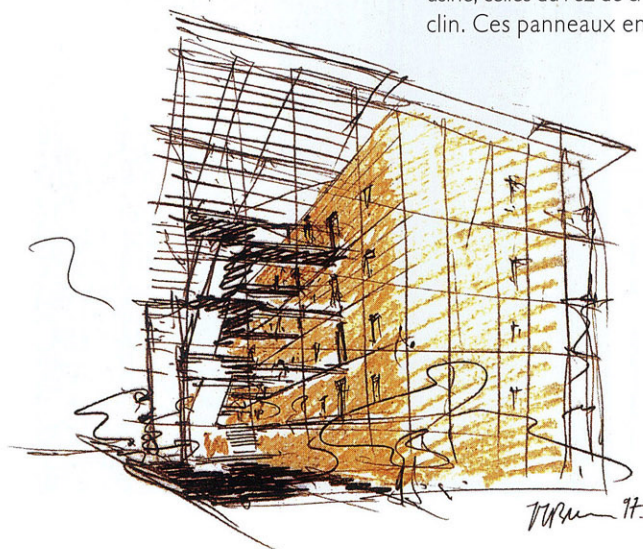
Avec quarante logements de deux à six pièces, Salvatierra est la plus grande opération du programme Cepheus. Implantation, forme, orientation des pièces et choix des matériaux ont permis d'optimiser les apports solaires gratuits pour le chauffage et l'éclairage. Compact dans les quatre niveaux inférieurs, pour limiter les déperditions de chaleur et rationaliser la construction, le bâtiment se termine en attique par des duplex, prolongés au sud par une terrasse. Pour éviter des cages d'escalier sombres, les entrées privatisées des logements sont desservies au nord par des coursives extérieures, face à un jardin en cœur d'îlot.

■ **CHOIX STRUCTURELS**

Au-delà de ses performances thermiques, Salvatierra est le résultat d'une synthèse entre matériaux traditionnels et technologies de pointe. Jean-Yves Barrier, qui a déjà une longue expérience de l'architecture bioclimatique, pratique une mixité des matériaux qui valorise les avantages de chacun. Économique, la structure primaire en béton assure le contreventement du bâtiment et apporte son inertie thermique. Les pignons et la façade nord ont une ossature en bois dont les qualités isolantes réduisent les ponts thermiques. La façade sud est en bauge, terre crue moulée et comprimée pour former des éléments préfabriqués de 50 cm d'épaisseur, 70 cm de hauteur et 60 à 100 cm de longueur. L'emploi de cette technique régionale traditionnelle dans un projet d'envergure met en valeur un artisanat local avec l'espoir de promouvoir son renouveau.

■ **MATÉRIAUX ET FINITIONS**

La résidence Salvatierra se distingue des autres réalisations du programme Cepheus par la volonté de mettre en œuvre des matériaux naturels, sains, renouvelables et recyclables. Les murs à ossature bois sont isolés entre les montants par deux matelas de 8 cm de laine de chanvre, dont les propriétés isolantes sont équivalentes à celles de la laine minérale. Les façades des étages supérieurs sont revêtues de clins en épicéa peints en usine, celles du rez-de-chaussée de lames en Éterclin. Ces panneaux en fibres de bois liées au





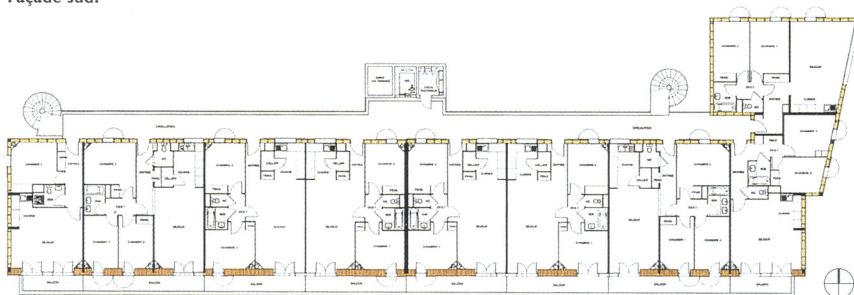
ciment répondent à l'exigence M0 de la réglementation incendie. À l'intérieur comme à l'extérieur, la bauge a reçu un enduit à base de chaux et de terre. Menuiseries et bardages en bois peint renouent avec la tradition des vieux quartiers de Rennes. La Coop de construction a fait depuis longtemps le choix de la qualité pour le confort des usagers. Elle met en œuvre des revêtements de sol en parquet et en carrelage, et des peintures avec le label NF environnement.

ÉNERGIE ET CONFORT

L'obtention du label Habitat passif, qui garantit un confort hygrothermique sans système de chauffage conventionnel, demande une optimisation de l'enveloppe. Grâce à son inertie, la terre participe au confort d'été et d'hiver. Les menuiseries ont un double vitrage (4/16/4 mm), à faible émissivité et à haute transmission, avec une lame d'argon, un gaz qui augmente les performances isolantes. Afin de réduire les déperditions thermiques, l'étanchéité à l'air a été très soignée, en particulier au niveau des liaisons entre planchers et façades. Des équipements spécifiques complétant les mesures bioclimatiques permettent d'atteindre les performances énergétiques du label Habitat passif: une consommation annuelle de chauffage inférieure à 15 kWh/m² et une consommation énergétique totale (chauffage, eau chaude, éclairage et appareils ménagers) inférieure à 42 kWh/m² par an. Ces objectifs très ambitieux correspondent à une réduction d'environ 75 % par rapport aux moyennes actuelles dans le logement neuf. Utilisé comme vecteur de chauffage, l'air neuf est insufflé par des bouches de soufflage disposées, sur des gaines techniques, dans les angles des pièces principales. La ventilation double flux est équipée d'un récupérateur de chaleur d'un rendement de 80 %: l'air vicié, capté dans les pièces humides, passe dans un échangeur pour chauffer l'air neuf. L'appoint est assuré par le chauffage urbain. L'énergie pour l'eau chaude sanitaire, produite par 100 m² de capteurs situés en toiture, peut être également complétée par le chauffage urbain. Les futurs habitants ont été associés au déroulement de l'opération et informés des caractéristiques de l'habitat passif. Leur implication garantit une gestion économe des logements.



Façade sud.



Plan d'un étage courant.



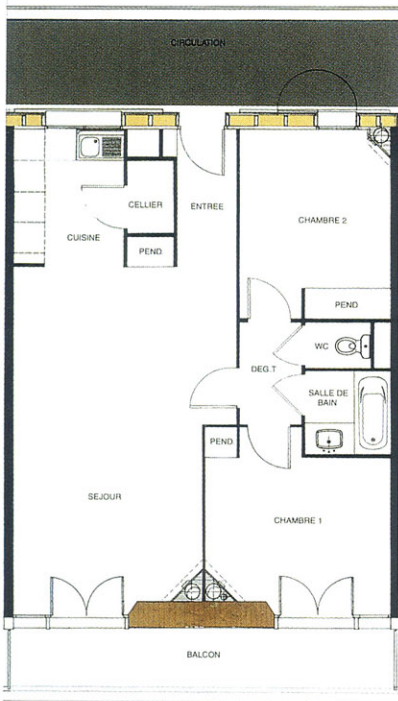
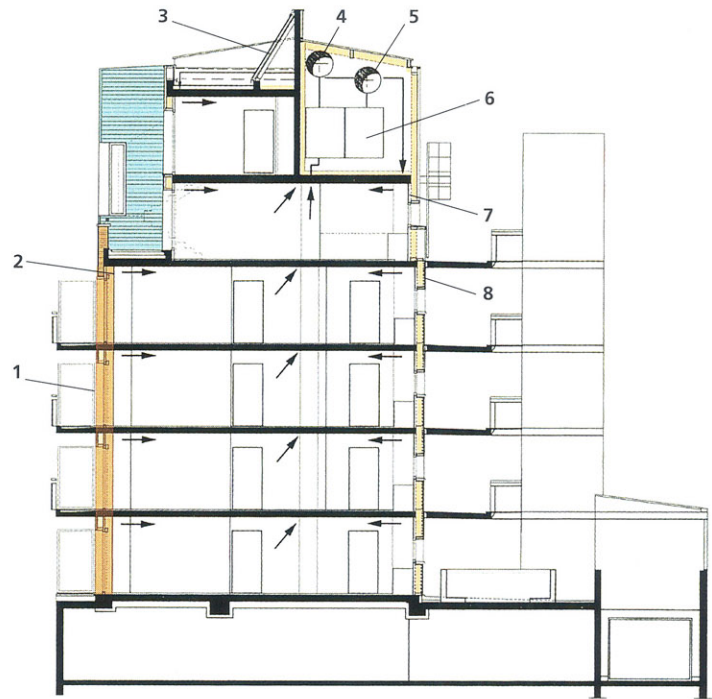
Les duplex sont posés en retrait sur les quatre étages courants.

Page de droite: La façade nord est revêtue de clins en épicea peints en usine.



Coupe transversale montrant le principe de ventilation double flux.

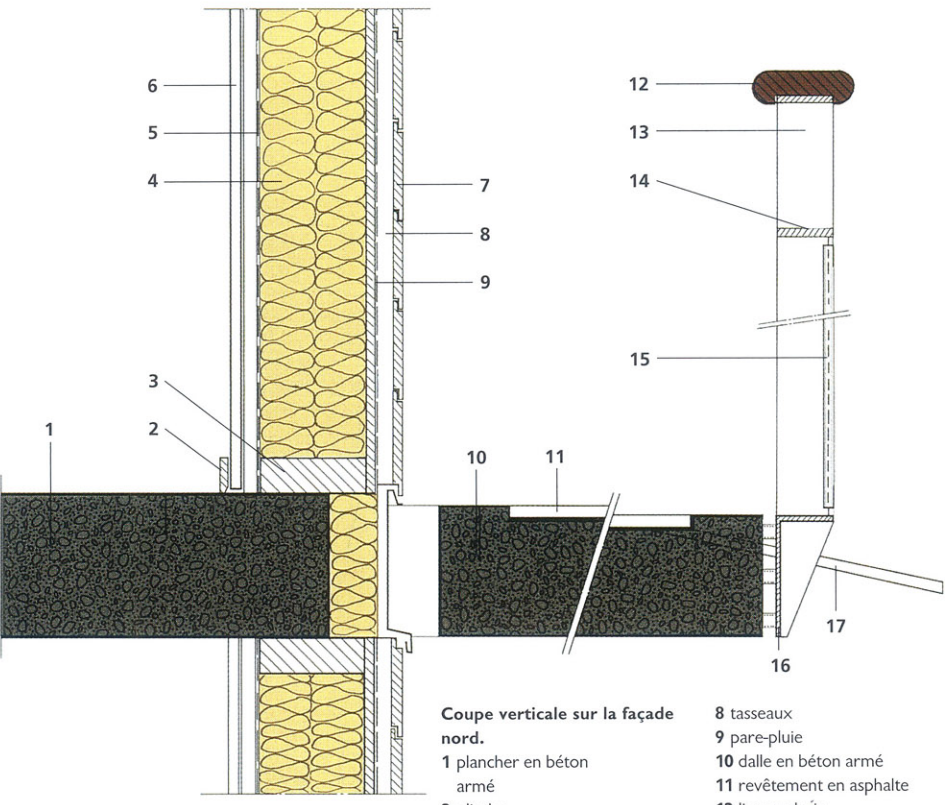
- 1 bauge, épaisseur 50 cm
- 2 sortie de l'air neuf préchauffé
- 3 capteur solaire
- 4 air extrait
- 5 air neuf
- 6 local technique
- 7 sortie de l'air neuf préchauffé
- 8 isolation en laine de chanvre, épaisseur 15 cm



Plan d'un trois-pièces ;
les gaines de ventilation
sont situées dans les angles.



Les duplex des étages
supérieurs ont une ossature
en bois.

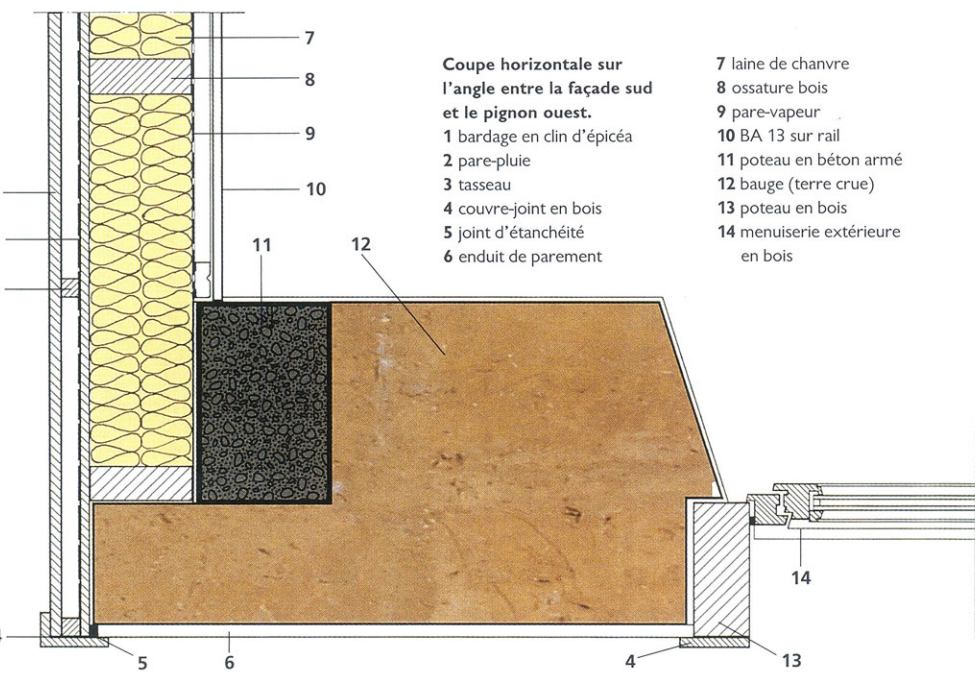


Coupe verticale sur la façade nord.

- 1 plancher en béton armé
- 2 plinthe
- 3 ossature bois
- 4 laine de chanvre
- 5 pare-vapeur
- 6 BA 13 sur rail
- 7 clin en épicéa peint
- 8 tasseaux
- 9 pare-pluie
- 10 dalle en béton armé
- 11 revêtement en asphalte
- 12 lisse en bois
- 13 montant en fer plat, 80 x 10 cm
- 14 lisse en fer plat, 80 x 10 cm
- 15 grillage en maille, 62 x 30 cm
- 16 tôle pliée, épaisseur 5 mm
- 17 tube de rejet d'eau



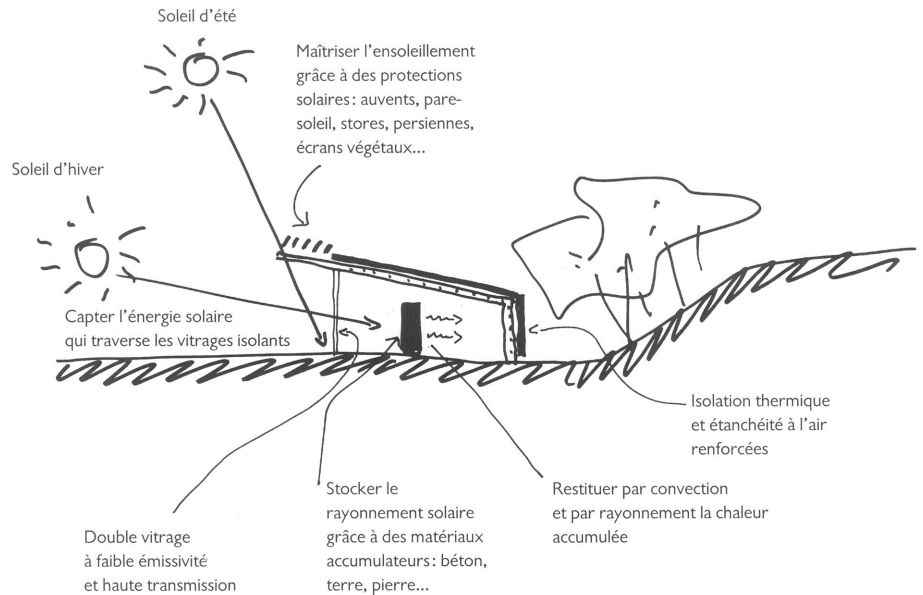
Les éléments préfabriqués en bauge ont 50 cm d'épaisseur et 70 cm de hauteur.



Coupe horizontale sur l'angle entre la façade sud et le pignon ouest.

- 1 bardage en clin d'épicéa
- 2 pare-pluie
- 3 tasseau
- 4 couvre-joint en bois
- 5 joint d'étanchéité
- 6 enduit de parement
- 7 laine de chanvre
- 8 ossature bois
- 9 pare-vapeur
- 10 BA 13 sur rail
- 11 poteau en béton armé
- 12 bauge (terre crue)
- 13 poteau en bois
- 14 menuiserie extérieure en bois

Adresse: Zac Beauregard, 35000 Rennes.
Programme: 40 logements expérimentaux et trois logements conventionnels, du deux au six-pièces.
Maîtrise d'ouvrage: Coop de construction, Jean-Claude Allain et Thierry Wagner, Rennes.
Architecte: Jean-Yves Barrier, Tours.
Bureaux d'études: énergie, Oasis, Aubagne; structure, BSO, Saint-Brieuc.
Calendrier: début des études, 1998; chantier, novembre 1999 à mars 2001.
Surface: 3 100 m² habitables; quatre niveaux courants, duplex en attique, parking en sous-sol.
Entreprises: gros œuvre, Beltrame; bauge, Guillorel; charpente, Ceb 35; peinture, Goni; plomberie et chauffage, Grosdoigt; isolation, Lenain; menuiseries extérieures, Février; capteurs solaires, Clipsol.
Coût des travaux: 16 MF HT (2,439 millions d'euros).



Les principes bioclimatiques.
(Dessin Jean-Yves Barrier.)



Maison domotique à Chambray-lès-Tours, 1990; architecte, Jean-Yves Barrier.

– limiter les échanges avec l'extérieur en réduisant la surface de l'enveloppe et en renforçant son isolation thermique et son étanchéité à l'air.

Pour éviter l'inconfort occasionné par les surchauffes en été, il faut:

– maîtriser l'ensoleillement direct grâce à des protections solaires constructives (auvents, pare-soleil, persiennes) et à des vitrages avec un facteur solaire suffisant pour limiter les apports énergétiques. Ces mesures constructives peuvent être complétées par des stores et une protection végétale;

– dissiper la chaleur excédentaire grâce à une ventilation naturelle.

Le confort d'été

Pour assurer le confort d'été tout en garantissant un éclairage naturel suffisant, il faut contrôler l'ensoleillement grâce à des débords de toiture et à des brise-soleil extérieurs, fixes ou mobiles. On peut également disposer des ouvertures de manière à créer par convection des courants d'air frais.

Dans la maison à Autheuil (voir p. 126) et, à plus grande échelle, dans les bureaux de Wageningen (voir p. 218), des jardins d'hiver introduisent la lumière naturelle au cœur des bâtiments et facilitent la ventilation naturelle des espaces intérieurs. Déjà dans les palais arabes, l'eau participait au confort d'été. Ruisselant sur une paroi massive dans les bureaux de Datagroup à Pliezhausen (voir p. 212) ou vaporisée sur les murs en gabions du centre culturel de Terrasson (voir p. 208), elle régularise le confort hygrothermique.

L'utilisation de la masse thermique de la terre pour refroidir l'air neuf grâce à des puits canadiens est un autre moyen d'assurer le confort d'été. L'air extérieur, capté aux abords du bâtiment par un conduit en acier

inoxydable, passe dans des tuyaux, généralement en terre cuite, enterrés dans le sol. Une longueur de 100 m permet de refroidir l'air d'environ 7 °C en été et de le réchauffer d'autant en hiver. Des puits canadiens ont été mis en place au collège de Mäder (voir p. 190), à l'école Notley Green (voir p. 184), dans les logements expérimentaux de Dornbirn (voir p. 142) et dans les bureaux de Datagroup (voir p. 212).

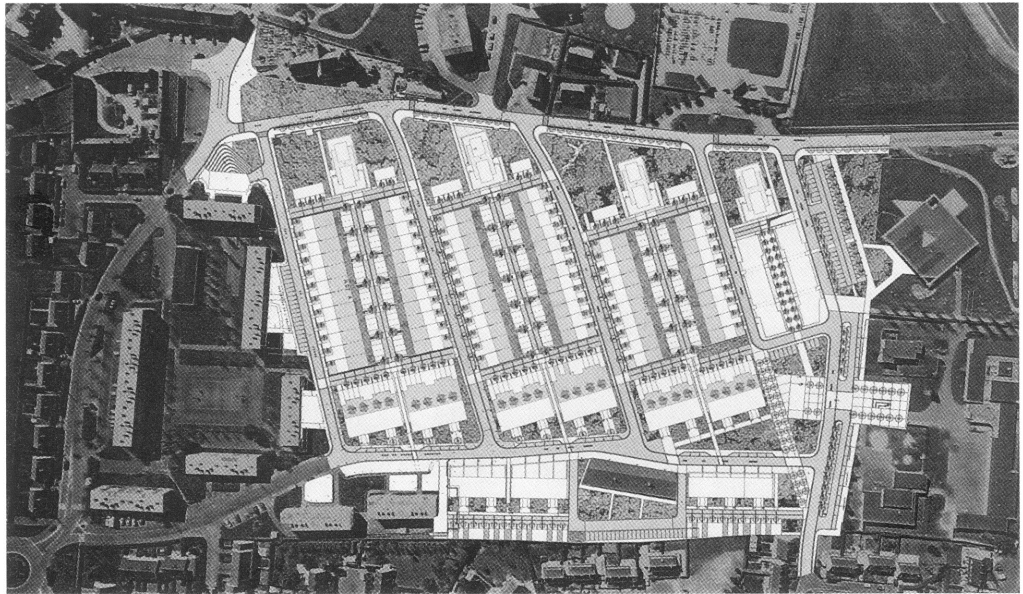
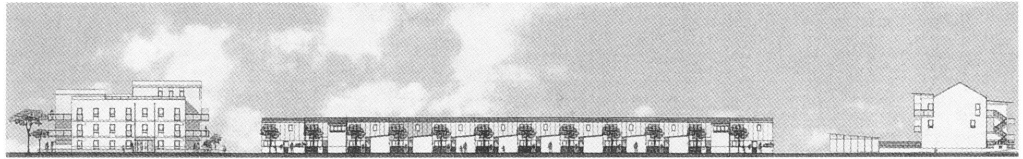
Les ponts thermiques

Dans un bâtiment, l'isolation des façades, de la toiture et de la dalle entre le sous-sol et le rez-de-chaussée présente souvent des points faibles ou des discontinuités inhérentes aux procédés de construction ou à un manque de précision dans la mise en œuvre. On estime en France que ces ponts thermiques, ponctuels ou linéaires, représentent plus de 40 % des déperditions. L'accent est mis sur ce problème dans la nouvelle réglementation thermique, la RT 2000 (voir p. 98).

S'ils sont importants, les ponts thermiques entraînent sur la surface intérieure de la paroi une chute locale de la température. Celle-ci peut susciter l'apparition d'une condensation responsable de moisissures et autres dommages. Les ponts thermiques se situent essentiellement au niveau du socle des bâtiments, des encadrements des baies, des liaisons entre murs et planchers ou murs et toiture, des avant-toits en saillie, des balcons et autres éléments traversants. Ils peuvent être évités par des détails de construction bien étudiés.

Au niveau de la conception, plusieurs mesures limitent les déperditions thermiques:

- compacité de la zone chauffée,
- désolidarisation des balcons et coursives par rapport à la structure principale,



Restructuration de la cité-jardin des Brandons à Blainville-sur-Orne; architecte, Jean-Yves Barrier. Plan d'ensemble et façades d'un îlot.

de la lumière du jour, sont d'ailleurs souvent traitées par une thérapie utilisant des lampes dont le spectre coloré se rapproche de celui de la lumière naturelle. Outre les avantages économiques et écologiques apportés par la réduction de la consommation d'énergie, construire « avec le soleil » est donc une mesure de santé publique que les communes peuvent favoriser par exemple à travers des prescriptions sur l'implantation et l'orientation des bâtiments.

Mixité urbaine et mixité sociale

Les problèmes d'insécurité auxquels sont confrontées de nombreuses communes, en particulier dans les banlieues des grandes agglomérations, ont démontré l'importance :

- d'une mixité urbaine qui associe habitat, commerce, activités et équipements publics ;
- d'une mixité sociale qui mêle logements locatifs

aidés, accession à la propriété sociale et secteur libre. Une gestion prévoyante du foncier et une collaboration étroite de la ville avec les promoteurs et les architectes, comme celle qui est appliquée à Rennes (voir p. 41), favorisent la maîtrise de la production de logements et permet d'éviter la création de ghettos. À Blainville-sur-Orne, près de Caen (voir ci-dessus),

André Mabilie, directeur de La Plaine normande, et Jean-Yves Barrier, architecte, ont remodelé le quartier ouvrier des Brandons à partir de son tracé ancien, pour le transformer en cité-jardin contemporaine. Chacun des trois îlots est composé de petits immeubles collectifs, de villas urbaines entourées d'un parc et de maisons de ville avec patios et jardins. Cette diversification de l'habitat encourage la mixité sociale au sein d'un paysage urbain densifié.

La participation des utilisateurs

La mise en place d'un plan urbain durable suppose un partenariat entre les acteurs locaux et une concertation avec les habitants lors de l'élaboration du projet urbain. C'est de la sensibilisation des usagers que dépendent le respect des équipements publics et la maintenance des zones résidentielles. Mais il est vain de faire appel au sens des responsabilités des citoyens si on ne les consulte pas sur les décisions qui concernent leur cadre de vie. La création de Maisons de quartier encourage les relations sociales. Elle favorise des échanges propices à un engagement des habitants dans l'aménagement et la préservation de leur environnement. La participation des habitants à la conception de la ville est un processus long et

