

GROS OEUVRE :
enquête sur
les adjuvants
du béton p. 65



REGLEMENTATION :
nouveau décret
pour la qualité de
l'eau p. 93

**DOCUMENTATION
TECHNIQUE**
encore quelques jo
pour vous inscrire
Palmarès 200

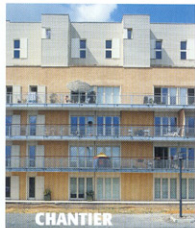
les cahiers **TECHNIQUES** du **Batiment**

MARS - N° 223 - ISSN 0241-6797



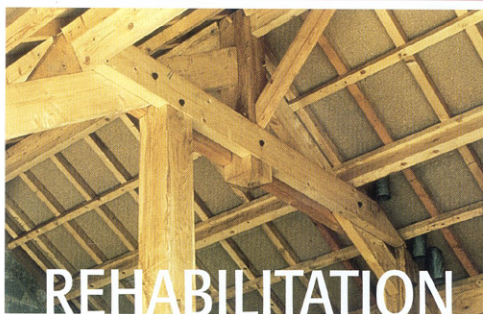
STRUCTURE :
parking ouvert à ossature
acier non protégée p. 24

GÉNIE CLIMATIQUE :
climatisation réversible
pour une ambiance
contrôlée p. 26



CHANTIER

Murs en terre
et chauffage à air
pour 40 logements
bioclimatiques p. 16



REHABILITATION DU BATI ANCIEN

Retrouver les techniques adaptées à son fonctionnement



Entre boisseau et système polyvalent,
quel **conduit de fumée** choisir? p. 32

Matériaux naturels et chauffage à air pour 40 logements bioclimatiques

La conception de cet immeuble associe plusieurs matériaux et techniques spécifiques: isolation renforcée en laine de chanvre, fenêtres bois portant des vitrages peu émissifs à l'argon, façade sud en terre, chauffage à air par VMC double flux, production d'ECS par capteurs solaires et appoint sur un réseau de chauffage urbain.

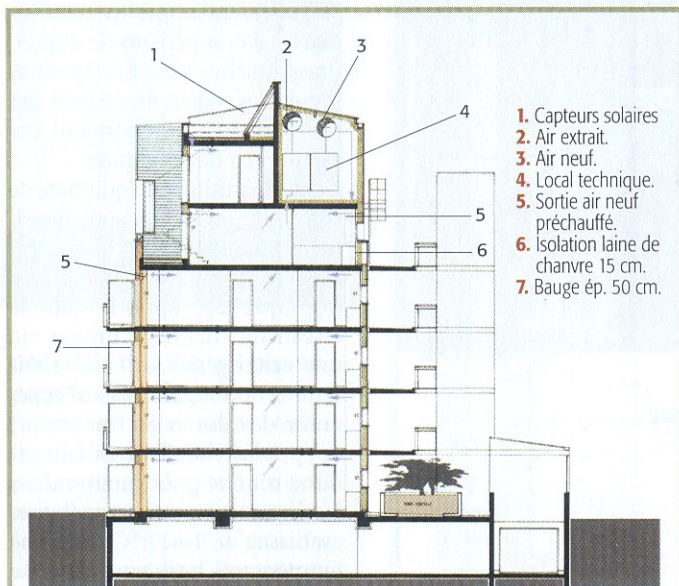
EN FAÇADE SUD, les séjours bénéficient de portes fenêtres afin d'exploiter au mieux les apports solaires directs. Les menuiseries en bois portent des vitrages hautes performances (couche peu émissive + interglaces argon), leur conférant un coefficient U de 1,3 Wm⁻²K. (Doc. J.-Y. Barrier.)



Le lancement de cette opération particulière remonte à 1997 quand la Coop de Construction a répondu, sur une initiative de la ville de Rennes, à un appel à proposition de la Commission Européenne «Thermie-Building» sur le programme Cepheus: Cost efficient passive houses as european standards ou, en français, « Bâtiments passifs à coût rentable selon les normes européennes». Cette phraséologie un peu technocratique désigne un programme de construction d'environ 250 unités d'habitation dans cinq pays européens, avec suivi scientifique et évaluation de leur exploitation. Neuf projets ont été lancés:



LES MURS EN BAUGE sont protégés à l'intérieur et à l'extérieur par un enduit à la chaux grasse. (Doc. J.-Y. Barrier.)



1. Capteurs solaires
2. Air extrait.
3. Air neuf.
4. Local technique.
5. Sortie air neuf préchauffé.
6. Isolation laine de chanvre 15 cm.
7. Bauge ép. 50 cm.

Tampon technique sous la couverture

Concrètement, l'installation inclut un encombrant réseau de gaines verticales de 200 ou 250 mm de diamètre, positionnées dans un angle des pièces principales ; les sorties d'air circulaires de 125 mm de diamètre sont positionnées le plus discrètement

possible à 2,25 m du sol. Les bouches d'extraction sont placées comme toujours dans les pièces humides. L'air neuf et filtré du chauffage est soufflé à une température de l'ordre de 30-32 °C (maximum 35 °C), avec une vitesse d'environ à 3 m/s (maxi

4 m/s) pour éviter la formation de sifflements gênants. Par sécurité mais surtout pour offrir aux résidents la possibilité de réguler leur chauffage pièce par pièce, un second appoint est prévu avec des convecteurs de faible puissance (maximum 500 W).

quatre en Autriche, deux en Allemagne, un en France, en Suède et en Suisse. Unique réalisation française, la résidence Salvatierra est la plus importante par la taille avec quarante logements collectifs. Le cahier des charges du pro-

gramme Cepheus place la barre très haut, notamment en matière d'isolation. Ainsi, pour les ouvertures des vitrages, le coefficient K (terminologie correspondant au coefficient U actuel) doit être égal ou inférieur à 0,75 Wm²K, alors

que celui du châssis ne doit pas excéder 0,8. Ces valeurs ne peuvent être atteintes qu'au moyen d'un triple (ou quadruple) vitrage avec couche peu émissive et gaz rare. Si ce niveau d'exigence paraît excessivement élevé par rapport aux standards français, il se comprend mieux, en revanche, pour l'Allemagne, l'Autriche ou les pays nordiques aux hivers plus rigoureux que les nôtres. De la sorte, même si elles sont en retrait des références édictées par le programme Cepheus sur certains paramètres, les performances thermiques de la résidence Salvatierra restent remarquables dans l'absolu et elles lui confèrent un caractère exemplaire dans le contexte français.

Une structure en béton, bois et terre

Infrastructure (fondations et parking en sous-sol), refends et dalles pleines en béton armé assurent la stabilité de l'immeuble et contribuent au confort acoustique et thermique par l'inertie du matériau. Cependant, il suffit d'observer les différentes façades pour comprendre qu'il ne s'agit pas ici d'une traditionnelle construction maçonnée. Les quatre niveaux inférieurs regroupent les logements les plus petits (du 2 au 4 pièces) dans un ensemble compact qui se distingue par une enveloppe mixte: bois et terre. La façade nord et les pignons est et ouest sont de type

ossature bois (poteaux et traverses de section 55x160 mm et panneaux de contreplaqué) intégrant deux matelas d'isolant. La même technique est utilisée pour l'intégralité des façades de l'attique, lequel abrite les six pièces en duplex.

Solution plus rare, la façade sud des quatre niveaux bas est réalisée en terre crue selon un procédé régional: la bauge. Cette option a été suggérée par le maître d'ouvrage dans le cadre d'une politique constructive privilégiant les matériaux naturels et la défense des savoir-faire locaux. La bauge est constituée de limon du bassin rennais et de paille comprimés pour former des blocs homogènes. Ici, ils sont protégés aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur, par un enduit à la chaux grasse à l'ancienne de couleur ocre. Cette finition chaleureuse renforce l'harmonie esthétique de l'immeuble, en accord avec les façades bois traitées sur un registre plus graphique. Une évaluation des performances de la bauge va être pilotée par les IUT de Rennes et d'Amiens afin de valider cette filière.

Une enveloppe haute isolation

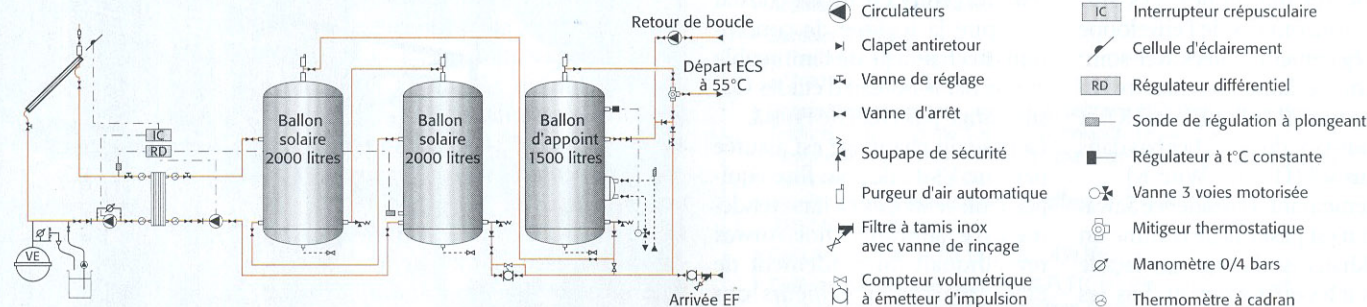
La solution la plus simple pour réduire la consommation d'énergie pour le chauffage consiste à limiter les déperditions par l'enveloppe. A cet effet, la grande majorité des parties opaques des façades est de type ossature >>>

La moitié des besoins annuels en eau chaude assurée par le solaire

Les principaux équipements thermiques sont regroupés au sommet de l'immeuble : centrales d'air de la VMC double flux avec échangeur sur le réseau de chauffage urbain et système de production d'ECS. Outre un chauffage économique, cet immeuble intègre un

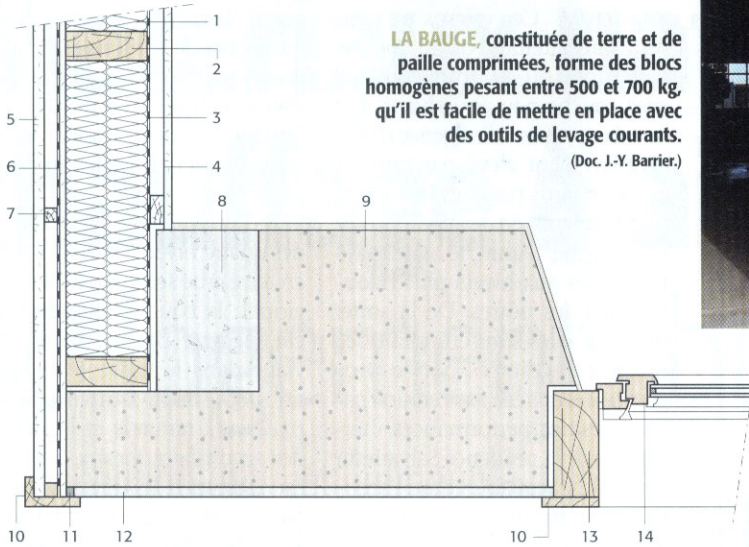
système de production d'eau chaude sanitaire solaire avec appoint par le réseau de chauffage urbain. Quelque 100 m² de capteurs orientés face au sud et inclinés à 45° chauffent – au moins préchauffent selon les saisons – deux ballons de 2 000 litres montés en série en amont

d'un ballon de 1 500 litres qui, lui, est équipé d'un échangeur sur le réseau de chauffage urbain. Selon les années, les apports solaires devraient pourvoir 45 à 50 % des besoins en ECS, ce qui contribue favorablement au bilan énergétique global.



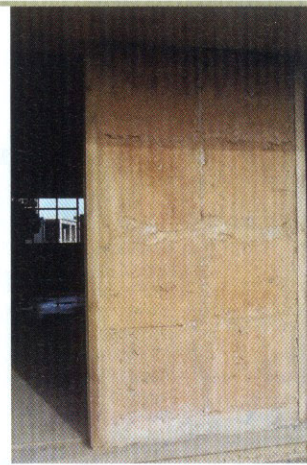
- Circulateurs
- ▶ Clapet antiretour
- ✦ Vanne de réglage
- ✦ Vanne d'arrêt
- ⚡ Soupape de sécurité
- 🧹 Purgeur d'air automatique
- 🧼 Filtre à tamis inox avec vanne de rinçage
- 📊 Compteur volumétrique à émetteur d'impulsion
- ⏸ IC Interrupteur crépusculaire
- ☀ Cellule d'éclairage
- ⏸ RD Régulateur différentiel
- 📊 Sonde de régulation à plongeant
- 📊 Régulateur à t°C constante
- ⚙ Vanne 3 voies motorisée
- 🧊 Mitigeur thermostatique
- 📊 Manomètre 0/4 bars
- 🌡 Thermomètre à cadran

Bauge et laine de chanvre pour une isolation naturelle renforcée



LA BAUGE, constituée de terre et de paille comprimées, forme des blocs homogènes pesant entre 500 et 700 kg, qu'il est facile de mettre en place avec des outils de levage courants.

(Doc. J.-Y. Barrier)



Sur les quatre niveaux inférieurs de l'immeuble, la façade sud a été construite en terre crue selon le procédé de la bauge (mélange de limon et de paille comprimée). L'entreprise Guillorel, qui a préfabriqué et mis en œuvre la bauge, a mis au point une filière de production mécanisée de blocs de 50 cm d'épaisseur, 70 cm de hauteur (quatre superposés sur un étage) et 60 à 100 cm de longueur (maxi 1,5 m si nécessaire). Avec une dizaine d'années d'expérience, ces dimensions sont jugées optimales en termes de performances techniques: stabilité, inertie et isolation thermique et phonique, régulation hygrométrique, et facilité de mise en œuvre. Les autres façades sont constituées d'une ossature bois contenant un double matelas de laine de chanvre (2x8 cm), intégré dans l'épaisseur de la paroi, avec deux vides d'air de part et d'autre de l'isolant.

1. Laine de chanvre.
2. Ossature bois.
3. Pare-vapeur.
4. BA 13 sur rail.
5. Bardage en clins de bois.
6. Pare-pluie.
7. Tasseau.
8. Poteau BA.
9. Bauge en terre.
10. Couvre-joint en bois.
11. Joint d'étanchéité.
12. Enduit de parement.
13. Poteau bois.
14. Menuiserie bois.

calculs, une valeur de 67% (déjà exceptionnelle pour un appareil de cette nature). Quatre centrales d'air ont été installées en terrasse et desservent respectivement les deux étages supérieurs de duplex, une «tranche» nord de chambres et cuisines et deux «tranches» sud (est et ouest) correspondant aux séjours et à des chambres. Cette répartition est équilibrée de sorte que les débits sont quasiment identiques sur chaque travée. Un appoint de chaleur économique est apporté par le réseau de chauffage urbain via un échangeur air/eau. L'ensemble double flux (avec récupération de calories sur l'air extrait) et appoint chauffage urbain est dimensionné pour garantir dans les logements une température ambiante de 16-17 °C pour une température extérieure de base de -5 °C. Il s'agit donc bien ici d'un chauffage par air soufflé et non d'un simple préchauffage de l'air neuf comme le permet une VMC double flux classique.

LES OUVERTURES, habituels points faibles des façades, bénéficient des performances d'un double vitrage (4-6-4 mm) à couche peu émissive et interglaces argon (complexe Planitherm futur de Saint-Gobain). D'où un coefficient U de 1,3 Wm²K, une valeur inespérée il y a encore quelques années. (Doc. J.-Y. Barrier)

►► bois avec un double matelas de laine de chanvre (2x8 cm) intégré dans l'épaisseur de la paroi, avec deux vides d'air de part et d'autre (voir coupe). Le pouvoir isolant de la laine de chanvre est comparable à celui d'une laine minérale et le coefficient U de déperditions surfaciques des façades est de 0,21 Wm²K (au lieu de 0,1 Wm²K demandé par le label Cepheus). La conception des façades à ossature bois permet d'isoler les nez de plancher et les nez de refends avec un écran de 8 cm de laine de chanvre, évitant ainsi la formation d'un pont thermique (et phonique). Les surfaces horizontales de l'enveloppe sont également traitées avec soin: 20 cm de laine de chanvre en couverture (U=0,20 Wm²K) et en sous-face du plancher bas dans le sous-sol (U=0,19 Wm²K). Au demeurant, la résidence Salvatierra n'est pas conçue comme un blockhaus isotherme. En façade sud sur les quatre niveaux bas, les murs en bauge sont moins desti-

nés à l'isolation thermique (U=0,75 Wm²K) qu'à l'inertie et à la régulation hygrométrique. Au total, le parti constructif retenu vise un compromis optimal entre haute isolation, inertie, régulation hygrométrique et apports solaires via les baies vitrées orientées vers le sud.

Une logique de chauffage à air

Les déperditions par l'enveloppe étant limitées (forte isolation, bonne étanchéité et peu de ponts thermiques), le point le plus critique en matière de confort et d'économies d'énergie devient le renouvellement d'air. Ce constat a inspiré la logique de conception du chauffage de l'immeuble étudié par le bureau d'études Oasii, dirigé par Frédéric Frusta. La base du chauffage est assurée par une VMC double flux équipée d'un échangeur à haut rendement. Le fabricant danois Airwex revendiquait un rendement de 80%, mais les ingénieurs ont prudemment retenu, dans leurs

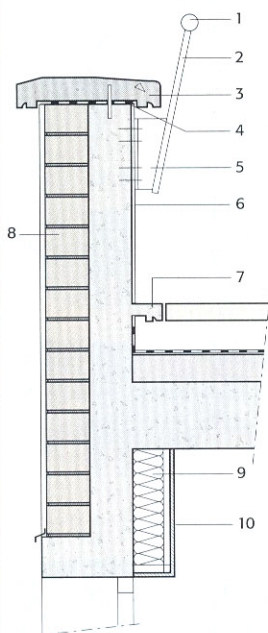




(Doc. J.-Y. Barrier)

Une terrasse plein sud

L'acrotère des terrasses du niveau R+4 en façade sud est lui aussi doublé d'une maçonnerie de briques de terre. Elle est recouverte d'un enduit de protection décoratif à la chaux grasse à l'ancienne de couleur ocre.



1. Lisse en tube du garde-corps.
2. Tube.
3. Chapeau d'acrotère avec joint de dilatation tous les 12 m.
4. Joint périphérique.
5. Fer plat de fixation.
6. Enduit de protection.
7. Becquet.
8. Maçonnerie en briques de terre.
9. Laine de chanvre (ép. 10 cm).
10. Habillage en bois.

Objectif: 15 KWh/m² par an pour le chauffage

Enveloppe bien isolée, faibles déperditions thermiques et apports solaires directs à un système de chauffage économique (air extrait – réseau de chauffage urbain)... autant d'éléments qui laissent espérer une consommation d'énergie très basse. En l'occurrence, le bureau d'études Oasiis a procédé à des simulations très fines, basées sur une modélisation en 3D du projet et des calculs dynamiques sur un pas de temps horaire. Celles-ci laissent augurer une consommation annuelle de 14,9 KWh/m² par an pour le chauffage et environ 40 KW/m² par an pour l'ensemble des consommations. A l'occasion, on notera le recours à des logiciels très élaborés, développés pour la conception des bâtiments tertiaires, mais rarement utilisés dans le secteur du logement.

Pour illustrer l'intérêt économique des investissements «bioclimatiques», on peut estimer le coût annuel du chauffage d'un 4 pièces de 77 m² à environ 304,9 €, contre 1067 € pour un logement de même taille de conception standard avec chauffage au gaz. Le gain annuel serait donc de l'ordre de 762,25 €, pour un « surcoût environnemental » de 8,84 K€ TTC sur le prix de vente (1 448 €/m² TTC). Le temps de retour serait d'une douzaine d'années, ce qui est inférieur au délai moyen de remboursement d'un emprunt pour l'accession de quinze ans.

Quant au confort thermique et acoustique du bâtiment (isolation, lumière naturelle, inertie, air sain...), il s'apprécie immédiatement et en toute saison.

Si les chiffres sont indispensables pour apprécier le potentiel des dispositions prises pour offrir un bon confort avec une consommation d'énergie limitée, ils ne sauraient exprimer exactement le caractère global de la démarche haute qualité environnementale qui inspire la conception de cette résidence. Ainsi, entre autres spécificités de cet immeuble, on notera l'utilisation de peintures décoratives bénéficiant de la norme NF environnement (Pantex de la Seigneurie) et une installation électrique avec câblerie blindée et boîtiers faradisés afin de réduire les champs électriques et électromagnétiques. Au-delà du



DES CLINS D'ÉPICÉA PEINTS, en haut à gauche et ci-dessus, et un composite fibres de bois et ciment (là où un classement au feu MO est exigé) habillent trois des façades de cet ensemble. (Doc.)

bâtiment, l'aménagement de l'ensemble de la ZAC Beauregard illustre, sans conteste, le souci de qualité environnementale: vastes espaces verts, îlots dessinés en tenant compte des vents dominants, gestion pro-

grammée de l'eau et des déchets... Un enjeu final qui intéresse le cadre de vie au sens large car les implications de l'environnement concernent aussi bien l'urbanisme que l'architecture.

J-P M

Les intervenants

- **Programme:** résidence bioclimatique de quarante logements de 2 à 6 pièces (accession à la propriété).
- **Surface:** 3100 m² habitables (plus parking en sous-sol et locaux communs).
- **Localisation:** Rennes (35) ZAC Beauregard.
- **Partenariats institutionnels:** Région Bretagne, Ville de Rennes, Ademe, Semaet aménageur, CLE (Conseil local à l'énergie).
- **Promoteur-construteur:** Coop de Construction (35).
- **Maître d'ouvrage:** SCI Résidence Salvatierra (35).
- **Architecte:** Jean-Yves Barrier (37).
- **Bureaux d'études:**
 - Thermique - Energie: Oasiis (13).
 - Structure: BSO (35).
- **Principales entreprises:** Gros œuvre: Beltrame (35); bauge (terre crue): Guillorel (35); charpente: Ceb35 (35); isolation: Lenain (35); menuiseries extérieures: février (35); chauffage-plomberie: Grosdoigt (35); capteurs solaires: Clipsol (73).
- **Besoins énergétiques** (calculs): chauffage: 14,9 KWh/m² par an (total: 40 KWh/m² par an).
- **Coût des travaux:** 16 MF (HT) soit 2.439 M€.
- **Coût de commercialisation:** (9500 F) TTC le mètre carré, équivalant à la moyenne locale pour des prestations comparables.