

**ENJEUX DES BATIMENTS A FORTE QUALITE ENVIRONNEMENTALE.
SUIVI ENERGETIQUE ET ETUDE DU CONFORT THERMIQUE D'UN
IMMEUBLE D'HABITATION.**

**HIGH ENVIRONMENTAL QUALITY BUILDING.
ENERGY FOLLOW UP AND THERMAL CONFORT STUDY OF BLOCK OF
FLATS.**

F. COLLET, J. MIRIEL, M. BART, L. SERRES,

Laboratoire de thermique des bâtiments, G.R.G.C. – INSA de Rennes

20, avenue des Buttes de Coësmes 35043 RENNES CEDEX

florence.collet@univ-rennes1.fr

jacques.miriel@univ-rennes1.fr

Résumé :

Le programme européen CEPHEUS (Cost Efficient Passive House as European Standards) tend à définir de nouvelles règles de construction de bâtiments passifs applicables à travers l'Europe. Il s'agit de construire des logements à la fois respectueux de l'environnement et à faibles besoins énergétiques. En terme d'énergie, le besoin annuel en chauffage ne doit pas dépasser 15 kWh/m² et la demande totale annuelle en énergie (incluant le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les appareils électroménagers...) est limitée à 42 kWh/m². Cinq pays européens participent à ce programme dont la France.

Cet article présente de manière synthétique les caractéristiques des différentes constructions puis décrit plus en détail la résidence Salvatierra, seule réalisation française du programme CEPHEUS. Par la suite, les premiers résultats expérimentaux sont présentés : performances de l'enveloppe, comportement thermique des logements et consommations énergétiques.

Mots clés : qualité environnementale / économies d'énergie/ eau chaude solaire / perméabilité / confort thermique.

Abstract :

The European program CEPHEUS (Cost Efficient Passive House as European Standards) aims to describe new European standards for passive house. It consists in building both sustainable and low energy cost houses. As far as energy is concerned, the annual heating needs mustn't exceed 15 kWh/m² and the total annual energy needs (including heating, hot water, lighting, household appliances...) are limited to 42 kWh/m². Five European countries are currently taking part to this program including France.

This article synthetically presents the varied buildings and describes in details Salvatierra, the only French building that is part of the scheme. The first experimental results are then presented: wall efficiency, flat thermal behaviour and energy consumption.

Key word : environmental quality / energy saving / solar water / permeability / thermal comfort.

1 INTRODUCTION

Les bâtiments, à travers les matières premières et les énergies qu'ils utilisent, ont de forts impacts sur l'environnement.

La prise de conscience environnementale collective de ces dernières années souligne la nécessité de construire des bâtiments à la fois respectueux de l'environnement et à faibles besoins énergétiques.

Dans ce contexte, le programme européen CEPHEUS (Cost Efficient Passive House as European Standards) tend à définir de nouvelles règles de construction de bâtiments passifs applicables à travers l'Europe. La France participe à ce programme avec la réalisation et le suivi de la résidence Salvatierra à Rennes.

Dans une première étape, nous présentons le programme CEPHEUS et, de manière synthétique, les caractéristiques principales des différentes réalisations puis nous décrivons plus en détail la résidence Salvatierra et les premiers résultats du suivi expérimental.

2 LE PROGRAMME CEPHEUS ET LA RESIDENCE SALVATIERRA

2.1 LE PROGRAMME EUROPEEN CEPHEUS

2.1.1 PRESENTATION

Réalisé dans le cadre du programme Thermie de la commission européenne, le programme CEPHEUS [1] s'appuie sur la construction d'environ 250 unités d'habitation réparties dans cinq pays européens (Allemagne, Autriche, Suède, Suisse et France) (Tableau 1). Chaque bâtiment fait l'objet d'un suivi expérimental et d'une analyse de son exploitation.

<i>Pays</i>	<i>Localisation</i>	<i>Nombre et type de logements</i>
Allemagne	Hanovre	114 maisons et appartements
	Kassel	26 appartements
Autriche	Vorarlberg	6 maisons et 18 appartements
France	Rennes	43 appartements
Suède	Göteborg	10 maisons
Suisse	Lucerne, Suisse centrale et Tessin	10 maisons

*Les constructions situées à Hanovre se décomposent en 6 lots de conception différente.

Tableau 1 : Répartition des logements du programme CEPHEUS

L'objectif principal de ce programme est de limiter les consommations d'énergie par stratégie passive. Le besoin annuel en chauffage ne doit pas dépasser 15 kWh/m² et la demande totale annuelle en énergie (incluant le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les appareils électroménagers...) est limitée à 42 kWh/m². Ces très faibles besoins énergétiques doivent être obtenus en choisissant des matériaux respectueux de l'environnement pour la construction de l'enveloppe et en ayant recours à des sources d'énergie renouvelable comme énergie complémentaire.

2.1.2 TECHNOLOGIES MISES EN ŒUVRE

Afin de respecter ces très faibles besoins énergétiques, les technologies mises en œuvre tendent à minimiser les pertes (enveloppe, fenêtres, ventilation) plutôt qu'à maximiser les gains. Pour chaque pays, les solutions techniques retenues dépendent du climat et des méthodes constructives traditionnelles auxquelles viendront s'ajouter des technologies innovantes.

Pour l'ensemble des constructions, une attention particulière a été apportée à l'enveloppe. L'ensemble des surfaces déperditives est fortement isolé (épaisseur d'isolant atteignant 35 cm pour les murs et 40 cm en toiture du lot 1 des logements de Hanovre). Les ponts thermiques sont traités, voire inexistantes. Afin de limiter les pertes par infiltration, l'accent a été mis sur une étanchéité élevée des enveloppes.

Le matériau majoritairement retenu est le bois. Des matériaux recyclés sont également mis en œuvre. A Rennes (résidence Salvatierra), la laine de chanvre et la bauge (argile + paille) ont été retenues.

Afin de permettre des économies d'énergie, tous les programmes utilisent une récupération de chaleur sur l'air extrait. Les énergies complémentaires sont fournies soit par des énergies renouvelables (éolien, solaire) soit par un réseau de chaleur urbain.

2.2 LA RESIDENCE SALVATIERRA – RENNES (FRANCE)

2.2.1 ENVELOPPE

Construit selon un concept bioclimatique, la résidence Salvatierra [2] présente de larges ouvertures au sud et est superisolée thermiquement au niveau des autres parois. Les pièces principales de chaque logement donnent sur la façade sud. L'inertie thermique de l'immeuble est renforcée par la paroi sud réalisée en blocs de bauge (argile et paille) manufacturés de 50 cm d'épaisseur.

La paroi nord ainsi que les pignons est et ouest sont constitués d'une ossature bois avec 20 cm d'isolant chanvre placé entre une plaque de plâtre côté intérieur et un bardage bois côté extérieur. Ces parois passent devant le nez de dalle traitant ainsi les ponts thermiques.

Les fenêtres mises en place ont un double vitrage faiblement émissif avec lame argon.

Afin d'éviter les pertes par infiltration, l'accent est mis sur une étanchéité élevée de l'enveloppe.

2.2.2 EQUIPEMENTS

Afin d'atteindre les objectifs de consommation énergétique du programme CEPHEUS, l'utilisation d'équipements très performants a été nécessaire.

La mise en place d'une ventilation double flux avec échangeur de chaleur à haut rendement et de capteurs solaires assurant environ 50 % de l'eau chaude sanitaire permet de diminuer les besoins énergétiques. De plus, l'utilisation d'appareils ménagers économiques a été favorisée par création d'un groupement d'achat.

Les appoints en énergie thermique sont assurés par la sous-station reliée au réseau de chaleur urbain.

2.2.3 QUALITE ENVIRONNEMENTALE

La qualité environnementale de la résidence Salvatierra s'appuie principalement sur les matériaux utilisés. Ces matériaux sont majoritairement des matériaux naturels : bois, bauge et laine de chanvre. Ils sont recyclables et biodégradables. Leur fabrication nécessite peu d'énergie et est non polluante. De plus, la laine de chanvre et le bois sont des matériaux renouvelables. La laine de chanvre et la bauge ne présentent aucun impact négatif sur la santé mais les insecticides et fongicides utilisés dans le traitement du bois peuvent être nocifs.

D'un point de vue technologique, ces matériaux présentent de faibles conductivités thermiques et sont bons régulateurs hygroscopiques. La bauge présente en plus des qualités acoustiques. Ainsi, ces matériaux répondent à plusieurs critères définis par l'association HQE [3] ce qui permet de les qualifier de matériaux à fortes qualités environnementales.

L'utilisation d'énergie solaire pour la production d'eau chaude (avec appoint sur le réseau urbain) contribue également à la qualité environnementale de la résidence.

Enfin, d'autres solutions ont été retenues en vue de réduire les impacts environnementaux : utilisation de peintures ayant le label NF Environnement et renforcement de l'isolation électromagnétique.

3 SUIVI EXPERIMENTAL DE LA RESIDENCE SALVATIERRA

Le suivi de la résidence Salvatierra a été confié au laboratoire de Thermique des Bâtiments du Groupe de Recherche en Génie Civil de l'INSA de Rennes. Il se déroulera sur une période de deux ans. La métrologie mise en place [4] permet un suivi avec acquisition automatique de données concernant l'appartement témoin, la sous-station du réseau de chaleur, les centrales de ventilation double flux et le système de production d'eau chaude sanitaire. D'autres données comme les consommations électriques sont relevées de manière hebdomadaire. Les différents logements font l'objet de mesures ponctuelles de température et d'humidité relative de l'air ambiant au moyen d'acquisiteurs autonomes. Enfin, la campagne expérimentale a été

complétée par des mesures de perméabilité à l'air et une thermographie infra-rouge effectuées par le CETE d'Autun.

La campagne de mesure a débuté partiellement en août 2001 et est complètement opérationnelle depuis octobre 2001.

3.1 PERFORMANCES DE L'ENVELOPPE : PERMEABILITE A L'AIR ET THERMOGRAPHIE INFRA-ROUGE

Deux campagnes de mesures ont eu lieu. Une première campagne a été menée en janvier 2001 sur deux appartements non finis (appartements 17 et 19) [5]. Une deuxième campagne a ensuite été menée en décembre 2001 [6], une fois les appartements occupés et la saison de chauffe commencée. Cette campagne a porté sur quatre appartements : les deux testés lors de la première campagne, l'appartement témoin (n°7, au rez-de-chaussée) et un appartement duplex (n°35) situé au dernier niveau.

Les valeurs de perméabilité obtenues lors de la première campagne (Tableau 2) ne sont pas représentatives, elles permettent toutefois de se rendre compte de l'importance des finitions en vue de se rapprocher de la valeur de référence. La mise en dépression du logement permet de mettre en évidence les fuites aérauliques. Après la réalisation des mesures, les entreprises ont été conviées à des essais «qualitatifs» qui ont permis de sensibiliser les acteurs de la construction à l'importance de l'étanchéité. La mise en évidence des fuites au moyen des poires à fumigènes a permis aux entreprises de visualiser les faiblesses d'étanchéité et d'en déduire les reprises nécessaires.

Les résultats obtenus lors de la deuxième campagne (Tableau 2) sont très différents des résultats obtenus lors de la première campagne. Ils montrent l'importance des finitions dans l'obtention d'une bonne perméabilité à l'air. Dans l'ensemble, à l'exception de l'appartement 19, les appartements respectent la valeur réglementaire française de perméabilité à l'air sous 4 Pa qui est de 1,2 m³/(m².h). En analysant les résultats, les coefficients de perméabilité obtenus dans les appartements 7 et 19 sont similaires, celui de l'appartement 17 est plus faible et celui de l'appartement 35 est plus élevé. Le résultat obtenu sur l'appartement 17 (qui est en pignon) est très bon et s'explique par le fait que toutes les sources de fuites ont été bien traitées (prises électriques, liaison entre les plaques de plâtre...). De plus, cet appartement présente peu de menuiseries et sur l'ensemble des logements il a été constaté qu'il y avait souvent des fuites autour des menuiseries. Les parois étant dans l'ensemble assez bien traitées. Les façades nord et sud de l'appartement 35 sont à ossature bois ce qui le rend plus perméable à l'air. De plus, la dalle du niveau bas est surélevée et des fuites sont constatées sous les fenêtres. Le taux de renouvellement d'air par heure sous 10 Pa le confirme. On constate que les trois logements en étage courant ont des taux de renouvellement d'air par heure similaire (0,48 pour l'appartement 7, 0,51 pour l'appartement 17, 0,56 pour l'appartement 19) tandis que l'appartement 35 (duplex) a un taux de renouvellement d'air deux fois plus important.

Appartement	Première campagne	Deuxième campagne	
	Perméabilité de l'enveloppe sous 4 Pa (m ³ /(m ² .h))	Perméabilité de l'enveloppe sous 4 Pa (m ³ /(m ² .h))	Taux de renouvellement d'air par heure sous 10 Pa
7 (RdC- témoin)		1,22	0,48
17 (2 ^{ème} – pignon)	5,14	0,63	0,51
19 (2 ^{ème})	3,71	1,54	0,62
35 (duplex)		1,17	1,1

Tableau 2 : Mesures de perméabilité à l'air des logements

La thermographie infra-rouge a permis de confirmer les fuites aérauliques détectées lors de la mise en dépression des logements. Cette thermographie a également mis en évidence le pont thermique présent au niveau des balcons sur la façade sud. Enfin, elle a montré l'efficacité des parois est, ouest et nord pour le traitement des ponts thermiques, leur température de surface étant uniforme sur toute la hauteur du bâtiment.

3.2 COMPORTEMENT THERMIQUE DES LOGEMENTS

Le comportement thermique des logements est étudié à partir des mesures d'ambiance effectuées dans l'appartement témoin ainsi que dans d'autres logements.

Seule la période hivernale est présentée ici. La Figure 1 présente l'évolution de la température ambiante dans les pièces principales de l'appartement témoin du 10 au 17 décembre 2001.

La température ambiante moyenne est de 18,5 °C sur l'ensemble des pièces principales. La pièce la plus chaude est le séjour avec une température ambiante moyenne de 19,2 °C. La chambre 1 a une température ambiante moyenne de 18,5 °C, la chambre 2 de 18,2 °C et enfin, la chambre 3 est la plus froide avec une température ambiante moyenne de 18,0 °C. Le séjour et les chambres 1 et 2 ayant la même exposition, les écarts de température s'expliquent par des températures de soufflage différentes dans ces pièces. Ces températures sont maintenues sans utiliser le chauffage d'appoint.

Les mesures effectuées dans d'autres logements au moyen d'acquisiteurs autonomes confirment ces résultats. Certains appartements présentent cependant une température plus faible, en particulier les appartements 1 et 40 (situés en pignon).

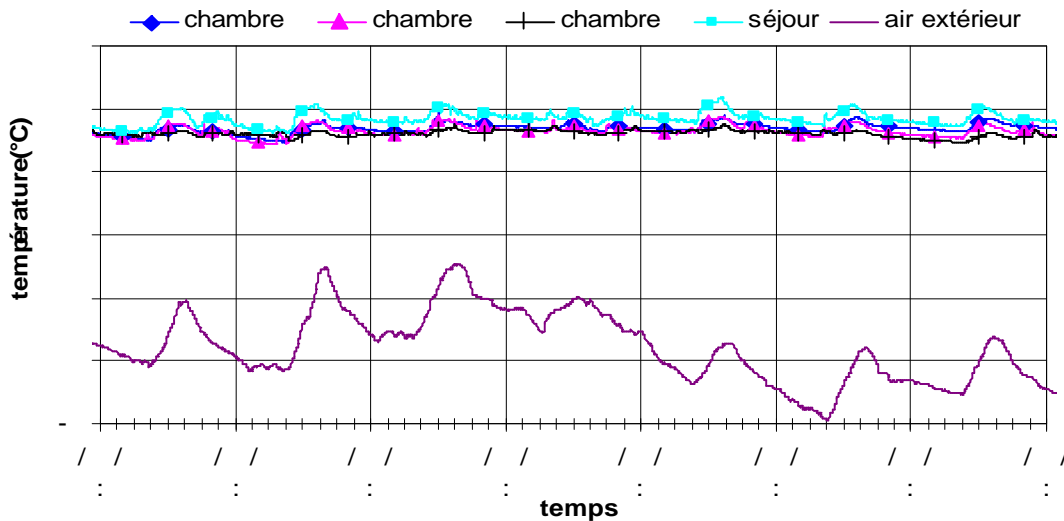


Figure 1: Températures ambiantes dans l'appartement témoin du 10/12/01 au 17/12/01.

3.3 CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

3.3.1 CONSOMMATION ELECTRIQUE DES APPARTEMENTS

L'évolution des consommations surfaciques moyenne, maximale et minimale durant la période du 27/07/01 au 20/02/02 est donnée Figure 2. La consommation électrique surfacique moyenne des logements entre le 27/07/01 et le 20/02/02 est de 15,1 kWh/m², la consommation électrique surfacique maximale est de 31,6 kWh/m² et la consommation électrique surfacique minimale des logements occupés est de 5,4 kWh/m² (valeur en accord avec les ratios du programme CEPHEUS). Dix appartements ont une consommation supérieure à 1,5 fois la consommation électrique surfacique moyenne.

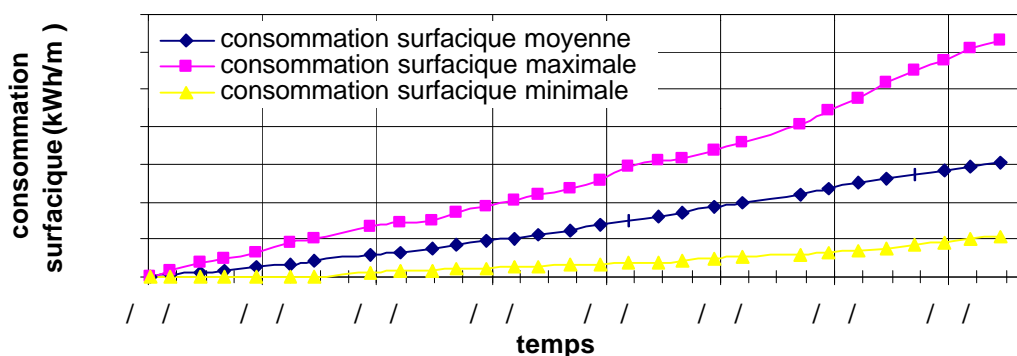


Figure 2: Consommations électriques surfaciques des logements du 27/07/01 au 20/02/02.

3.3.2 CONSOMMATION ELECTRIQUE DES PARTIES COMMUNES

La consommation électrique des parties communes rapportée à la surface habitable de la résidence est de 12,4 kWh/m² entre le 27/07/01 et le 20/02/02. La part de l'ascenseur est de 0,4 kWh/m². La consommation mensuelle est de 2,3 kWh/m² en période de chauffage et de 1,3 kWh/m² hors période de chauffage.

3.3.3 CONSOMMATION EN ENERGIE THERMIQUE

La consommation en énergie thermique au primaire de la sous-station entre le 27/07/01 et le 20/02/02 rapportée à la surface habitable de la résidence est de 43,2 kWh/m². Cette consommation comprend l'appoint pour la production d'eau chaude et l'alimentation des batteries à eau chaude de la VMC double flux.

La consommation en énergie thermique des batteries à eau chaude entre le 21/10/01 (début de la saison de chauffage) et le 17/02/02 est de 21,2 kWh/m² pour l'ensemble des logements. Les duplex présentent une consommation plus importante que les autres logements (31 kWh/m² pour les duplex et 17,2 kWh/m² pour les autres logements) car ils ont une perméabilité à l'air beaucoup plus importante et, situés au dernier niveau, ils sont plus défavorisés vis-à-vis des déperditions.

4 CONCLUSION

A partir des mesures faites, un bilan prévisionnel des consommations énergétiques annuelles « grossier » a été établi en considérant une période de chauffage de novembre à mi-mars (130 jours), on obtient :

- Consommation surfacique électrique moyenne des logements : 25 kWh/(m².an).
- Consommation surfacique électrique des parties communes : 20 kWh/(m².an).
- Consommation surfacique thermique de la résidence : 62 kWh/(m².an).
- Consommation surfacique thermique de chauffage: moyenne : 23 kWh/(m².an), duplex : 34 kWh/(m².an), autres : 19 kWh/(m².an).

La consommation énergétique globale annuelle des logements serait de 107 kWh/m² dont 23 kWh/m² de chauffage. Ce bilan est inquiétant au regard des objectifs du programme CEPHEUS.

En vue de diminuer ces consommations, plusieurs actions sont menées. Le renforcement de l'isolation des gaines du réseau aéraulique permettra de limiter les pertes énergétiques tout en améliorant le confort des logements. Les réglages des régulateurs pourront être affinés. La recherche des appareils gros consommateurs d'énergie électrique permettra quant à elle d'établir une stratégie de diminution des consommations électriques. Enfin, une campagne de sensibilisation aux économies d'énergie va être menée auprès des résidents.

5 BIBLIOGRAPHIE

- [1] CEPHEUS Project number BU 127/97
- [2] Bâtiment passif à coût rentable - Résidence Salvatierra - Rennes Beauregard, CEPHEUS projektinformation Nr11, Rapport final
- [3] Association pour la Haute Qualité Environnementale des bâtiments, 1997, Définition des cibles de la qualité environnementale au stade de la conception.
- [4] F. Collet et al., 2001, Bâtiments à très faibles besoins énergétiques et forte qualité environnementale : la résidence Salvatierra à Rennes (France), V^{ème} colloque interuniversitaire franco-québécois, Thermique des systèmes, Lyon (France).
- [5] Laboratoire des ponts et chaussées d'Autun, février 2001, coop de construction perméabilité à l'air petits volumes résidence Salvatierra affaire n°12901.
- [6] Laboratoire des ponts et chaussées d'Autun, janvier 2002, coop de construction perméabilité à l'air de 4 logements dans un bâtiment HQE affaire n°12901.