

*« See The Light 2005 », Galway, Irlande, solstice d'été 2005,
ou l'émergence des bâtiments sans chauffage ni climatisation*

Bernard CHABOT

Expert Senior, ADEME

E-mail: bernard.chabot@ademe.fr

Sommaire:

1. INTRODUCTION	2
2. « PASSIVE ATTACK IN IRELAND ».....	2
3. LES « MAISONS PASSIVES ».....	4
3.1 UN CONCEPT CLAIR MAIS UN QUALIFICATIF ENCORE A TROUVER.....	4
3.2 "L'EFFET TUNNEL"	5
3.3 UNE CONVERGENCE DES SOLUTIONS TECHNIQUES	6
3.4 UNE CONVERGENCE DES LABELS	6
3.5 ET L'ECONOMIE ?	7
4. DES ETUDES DE CAS QUI PARLENT D'ELLES MEMES.....	7
4.1 UN IMMEUBLE DE BUREAU PASSIF ET ZERO EMISSIONS EN ALLEMAGNE	7
4.2 PEUT-ON TRAVAILLER EN ETE DANS UNE "BOUTEILLE THERMOS" ???	8
4.3 UN SCANDALE SUEDOIS: DES HABITATIONS CHAUFFEES A 29°C AU LIEU DE 19°C !	9
4.4 UNE SUCCESS STORY SUISSE: LE LABEL MINERGIE	9
4.5 DES INNOVATIONS ENCORE POSSIBLES ?.....	11
5. ET LES SYSTEMES ACTIFS ?.....	11
6. CONCLUSIONS.....	12
7. REFERENCES	12

1. INTRODUCTION

La session 2005 de la conférence « See the Light » organisée par le REIO (Renewable Energy Information Office) de l'Agence Irlandaise SEI (« Sustainable Energy Ireland ») chargée de la promotion de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables était consacrée cette année au thème des énergies renouvelables dans le bâtiment. L'ADEME a été invitée pour faire une présentation sur la politique Française dans ce domaine [1], et d'autres politiques et programmes menés dans d'autres pays Européens (Danemark, Autriche, Belgique, Suisse) ont aussi fait l'objet de présentations. Cette initiative se place dans un contexte local difficile : l'Irlande s'apprête à payer une « amende » importante au titre de l'application du protocole de Kyoto car ses émissions de gaz à effet de serre ont augmenté de plus de 31 % depuis 1990 alors qu'elle s'était engagée à ne pas dépasser une croissance de 13 % sur la période 2008-2012.

Par ailleurs, la croissance économique très forte (le PIB par habitant de l'Irlande vient de dépasser celui de la France) s'est faite au détriment d'investissements publics. Ainsi les investissements concernant le réseau électrique sont jugés mal adaptés à la croissance des consommations et aux engagements de production d'électricité par énergies renouvelables qui devrait passer de 4 % de la consommation en 1997 à 13 % en 2010 au titre de l'application de la directive Européenne sur le sujet. Pour les investissements privés, bien que l'on constate une explosion de constructions neuves, le parc de logements et de bâtiments a des performances énergétiques très faibles : malgré des conditions climatiques favorables du fait de la présence du Gulf Stream (température moyenne annuelle de 10°C, peu de températures extrêmes), ce secteur est responsable de 43 % de la consommation d'énergie primaire, de 60 % des consommations d'électricité et de 47 % des émissions de gaz à effet de serre. Sur les 52 000 maisons mises en chantier par an, 36 % (19 000) sont auto-construites par des familles en milieu rural et selon un des orateurs « 99 % des bâtiments Irlandais ne sont pas au niveau de qualité requis pour faire face aux chocs énergétiques et climatiques à venir ».

Les points saillants et des conclusions à tirer de cette conférence sont résumés ci dessous. Une attention particulière est portée à l'émergence forte du concept "d'architecture passive", des labels, des réalisations et des programmes d'action qui lui sont attachés et qui ont fait l'objet de présentations "percutantes".

2. « PASSIVE ATTACK IN IRELAND »

C'est le titre choc d'un journal local à l'occasion de l'inauguration de la première « Passive House » ("Maison Passive") construite en Irlande par la société "Scandinavian Homes LTD" [2] à partir d'un modèle préfabriqué en série en Suède. Lars Pettersson, le fondateur de cette société qui a organisé la visite a déjà à son actif la commercialisation et la réalisation depuis 1991 de plus de 170 maisons à "hautes performances énergétiques" ("Low Energy Houses", typiquement moins de 60 kWh/m².an de besoins de chauffage, la surface de référence étant la surface habitable). Ici, un pas de plus est franchi: cette maison n'a plus besoin de systèmes actifs de chauffage et de climatisation: comme pour les autres bâtiments de ce type (qui ne se limitent pas aux maisons individuelles mais recouvrent déjà des immeubles d'habitation, des immeubles de bureaux et des bâtiments publics), la réduction drastique des besoins pour assurer le confort thermique tout au long de l'année permet d'assurer de façon "passive" (d'où le nom de "maison passive") cette fonction notamment par les apports solaires gratuits et le métabolisme des habitants.

L'intérêt de cette réalisation est de démontrer que ce concept de "maison sans chauffage" est aussi adapté au climat de l'Irlande et peut susciter un intérêt et une demande locale comme dans les autres pays où ce concept est maintenant bien établi (Suisse, Allemagne, Autriche...) et rencontre un succès croissant. Une thèse de fin d'études universitaires portant sur la simulation des performances comparatives de ce bâtiment en climat Allemand et en climat Irlandais a notamment prouvé que la réalisation:

- a) Devrait être conforme au critère "moins de 15 W/m².an" de besoins de chauffage: 13 dans le cas du climat Allemand, seulement 7 dans le cas du climat Irlandais !
- b) Devrait être conforme au critère "moins de 10 W/m²" de puissance permanente de chauffage: 8 dans le cas du climat Allemand, seulement 4 dans le cas du climat Irlandais.

Une adaptation au climat local pour les réalisations ultérieures est donc possible et Scandinavian Homes est en cours d'exploration des meilleures solutions. Cette démarche d'adaptation des solutions au climat local est bien sûr à la base de la démarche de définition des maisons passives [3] et il existe déjà des méthodes et des outils pour l'appliquer de façon logique, simple et fiable comme le "Passive House Planning Package" [4] du Passiv Haus Institut de Darmstadt [5].

La construction est à l'évidence de qualité, malgré le peu de temps requis pour la construction: fondations coulées le 9 mars 2005, livraison des éléments préfabriqués le 15 mars et fin du montage du clos, couvert, planchers, fenêtres et

portes par l'équipe spécialisée de 4 personnes pour la Saint Patrick le 17 mars ! Pour 230 m² habitables, le coût de construction (hors terrain, mais fondations adaptées comprises) annoncé à fin de montage est de 260 k€, soit 1 130 €/m². A comparer par exemple au coût de la construction (terrain compris) en France dans les Alpes Maritimes: 2 411 €/m² en 1997, 3 006 €/m² en 2003, le niveau de 4 000 €/m² venant d'être franchi en 2005 (enquête CCCI 06 sur le problème du logement des actifs dans les Alpes Maritimes).

Pour cette première réalisation, une "sécurité chauffage" a été prise: ajout d'une résistance électrique de 900 W dans l'échangeur air/air (dont le rendement supérieur à 80 %) et surdimensionnement du chauffe eau solaire : 6,5 m² pour débiter aussi dans une nappe de tuyaux sous la salle de bain et la buanderie. Mais ce système solaire actif réalisé par une société locale souffre visiblement d'un problème déjà détecté: une consommation de 6 kWh d'électricité par jour pour son fonctionnement !

Lars Pettersson propose déjà des "kits d'équipement" pour transformer des maisons déjà "à haute performances énergétiques" en des maisons au standard "passif".

Les deux images ci-dessous montrent la maison en cours de réalisation et terminée:



Cliché: Scandinavian Homes



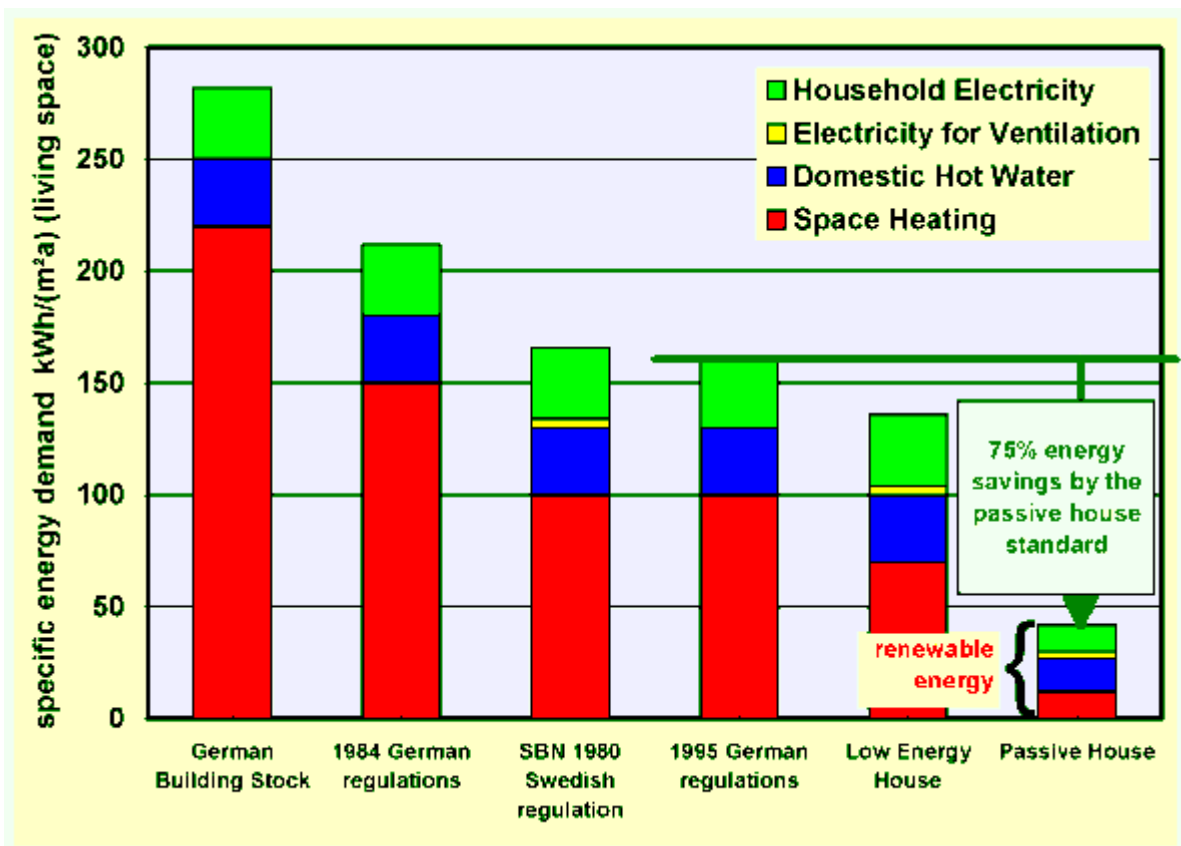
Cliché: Scandinavian Homes

3. LES « MAISONS PASSIVES »

3.1 Un concept clair mais un qualificatif encore à trouver

Des expériences et développements en cours en Europe, se dégage une définition claire du concept qui se cache derrière le vocable flou de "maison passive" ("Passiv Haus" en Allemand, "Passive House" en Anglais) qui peut se décliner aussi au gré des praticiens en "maisons sans chauffage", ou "maison à chauffage par les habitants" que l'on peut définir par les caractéristiques suivantes:

- "Un bâtiment dans lequel un climat intérieur confortable peut être maintenu sans dispositif actif de chauffage et de climatisation" (Feist 1988, un des pionniers, fondateur du "Passiv Haus Institute").
- Un bâtiment qui se démarque fortement des bâtiments "à hautes performances énergétiques", qui eux mêmes se démarquent déjà drastiquement des bâtiments réalisés suivant les réglementations thermiques du bâtiment les plus récentes avec typiquement moins d'environ 60 kWh/m².an de pertes thermiques au lieu de 100 à 120. Ainsi les "maisons passives" sont en dessous de 15 à 20 kWh/m².an de pertes thermiques (après récupération de la chaleur de l'air extrait), ce qui permet de les compenser par les apports solaires, ceux du métabolisme des occupants et des transformation en chaleur fatale de la consommation d'électricité des lampes et des appareils ménagers. Au-delà des besoins thermiques de chauffage, un "maison passive" est caractérisée par une consommation totale d'énergie "active" (autres que les apports "passifs" cités ci-dessus) d'environ 40 à 120 kWh/m².an de consommation totale d'énergie finale (y compris celles couvertes par des systèmes actifs utilisant des sources d'énergie renouvelables) pour couvrir les besoins de chauffage, ventilation, climatisation, eau chaude et électricité. Le diagramme ci-dessous donne un exemple de cette différence draconienne entre les besoins énergétiques d'une maison passive et ceux d'une maison aux autres standards et à la moyenne du parc de logements Allemands.



- Un bâtiment à haut degré de confort et de faible impact sur la santé et l'environnement. Bien que ces aspects ne semblent pas actuellement aussi "rationalisés" que par exemple dans la démarche très cartésienne du "Bâtiment HQE", le fait que les "maisons passives" aient été définies par des architectes et thermiciens sensibilisés depuis longtemps à ces problématiques et qu'elles s'adressent à l'évidence à un public qui l'est tout autant, font que ces praticiens font tout comme monsieur Jourdain, "de la HQE sans le savoir". Les solutions choisies d'emblée pour les maisons passives sont d'ailleurs un avantage pour ces points qualitatifs: chantier propre, diminution drastique d'émissions de gaz à effet de serre, de production de déchets radioactifs, qualité de l'air assurée par les filtres de l'échangeur air/air, gestion sobre et efficace de l'eau, etc.
- Au-delà de ces points techniques, des démarches visant à participer à la résolution de problèmes environnementaux et sociaux plus larges sont à l'évidence appliquées par les promoteurs des "maisons passives": recyclage des déchets, recherche de proximité de moyens de transport en commun, encouragement à la mixité sociale dans les lotissements, etc.

Le problème de "normalisation" du vocabulaire relatif à ce type de bâtiment n'est pas qu'anecdotique. Comme on le verra plus loin, les perspectives de diffusion et donc de marchés de ce type de constructions sont très importantes, y compris à court terme, et il importe donc que le consommateur ne soit pas "trompé" par des "Maisons passives variante Canada Dry". Un moyen pratique d'éviter ceci est de créer comme cela s'est déjà fait dans d'autres pays des "labels" clairs et attribués par des organismes de référence: label "Passiv Haus" en Allemagne, label "Minergie-P" en Suisse, label "Passifhuis-Platform vzw" en région Flamande de Belgique. Certains de ces labels ont été décrits et leurs principales caractéristiques seront résumées plus loin.

3.2 "L'effet tunnel"

Cette expression imagée résume bien pourquoi il est intéressant de passer du concept de bâtiment à haute performance énergétique (typiquement 60 kWh/m².an de pertes thermiques à compenser par un moyen actif de chauffage) à un bâtiment "passif": quand les pertes thermiques diminuent à partir de cette limite haute de 60 kWh/m².an, le coût de la construction augmente, mais lorsque l'on arrive dans la zone des 10 à 20 kWh/m².an, du fait qu'il n'y a plus besoin de système de chauffage (celui-ci étant assuré par les apports solaires passifs et le métabolisme des habitants), le coût de construction diminue brusquement et bien sûr les coûts d'exploitation et d'entretien maintenance du poste "chauffage" disparaissent !

L'effet tunnel" se traduit donc par un coût global actualisé de la construction et de l'utilisation de la maison passive

qui tombe instantanément bien en dessous de celui de la maison à haute performance énergétique, et bien sûr en dessous de ceux des maisons construites selon les dernières réglementations thermiques, sans parler des "passoires thermiques" des bâtiments construits avant les premières réglementations.

La logique de "l'effet tunnel" derrière cette convergence des seuils de 10 à 20 kWh/m².an des labels de "maisons passives" peut donc dans le cas de la France faire des économies de temps et d'argent: inutile de réinventer ce qui a résulté de ces années de réflexion, de pratiques et de mesures chez nos voisins !

Cet "Effet tunnel" explique aussi la différence très forte entre le concept de "Maisons passives" et celui de "Maison zéro énergie": aller en dessous de cette limite de 10 à 20 kWh/m².an de déperditions thermiques fait "envoler" le coût de la construction, sans aucun avantage en économies de chauffage, puisque celui-ci n'existe plus !

Cela n'empêche pas qu'il soit possible de transformer une maison passive en "Bâtiment zéro énergie" ou "Bâtiment zéro émission de CO₂" : dans le cas où les besoins résiduels d'énergie, notamment pour l'électricité et l'eau chaude, sont couverts par des systèmes actifs à énergies renouvelables intégrés au bâtiment, le bâtiment peut en effet être qualifié de "zéro énergie" ou "zéro émissions de CO₂", ou encore de "bâtiment à énergie positive" pour reprendre le vocable Français décrivant le cas où cette production est excédentaire.

3.3 Une convergence des solutions techniques

En seulement quelques années de réflexion et de pratiques, la convergence des solutions pour assurer les performances correspondant à ce standard implicite de "maisons passives" est impressionnante et rassurante, puisqu'elle peut donner lieu à une simplification de la conception et de la réalisation des composants et des systèmes. La philosophie générale est simple: réduction drastique des besoins énergétiques et fourniture de ceux-ci en priorité par des moyens passifs :

- Conception générale: bâtiments compacts, bien orientés (pièces de vie au sud), portes peu nombreuses, petites fenêtres en façade nord (où se trouvent des "pièces tampons") est et ouest, ensoleillement garanti, plantations adaptées: protection du vent en façades nord, arbres à feuilles caduques en façade sud, protections solaires, proximité de transports en commun...
- Sur-isolation: fondations, planchers, toiture, murs, éliminations de tous les ponts thermiques.
- Fenêtres à triples vitrages remplis d'argon, face interne à réflexivité sélective, transparence assurant un gain solaire élevé.
- Etanchéité parfaite à l'air du bâtiment, ventilation assistée permettant un renouvellement de 0,3 à 0,5 volume par heure par de l'air neuf filtré et réchauffé par l'air extrait dans un échangeur sans mélange à plus de 80 % de rendement. Souvent cet air neuf peut circuler dans un "puits Canadien": circuits en parallèle de quelques dizaines de mètres de tuyaux cimentés de quelques décimètres de diamètre enterrés à plus de 1 m de profondeur permettant de préchauffer l'air en hiver et de le rafraîchir en été (dans ce dernier cas, l'échangeur air-air possède un by-pass permettant à l'air entrant de garder sa fraîcheur).
- Eau : équipements à faible pression et débit, alimentation directe en eau chaude des machines à laver, fourniture d'eau chaude par chauffe eau solaire intégré au bâtiment. L'appoint en hiver peut être électrique ou thermodynamique (micro pompe à chaleur).
- Eclairage: part d'éclairage naturel la plus importante possible, éclairage électrique à très faible consommation (lampes, luminaires, disposition, programmation...).
- Electricité spécifique: appareils à très faibles consommations (au minimum A, A+, voire A+ +), d'une part pour rester dans la logique de maîtrise des consommations d'énergie et d'autre part pour éviter les phénomènes de surchauffe en été.

Là aussi, cette convergence de ces solutions techniques pour définir et construire des "maisons passives" éprouvées peut donc dans le cas de la France faire des économies de temps et d'argent: inutile de réinventer ce qui a résulté de ces années de mises au point, de réalisations et de retours d'expérience chez nos voisins !

3.4 Une convergence des labels

Dans ce domaine aussi, la vitesse de convergence de démarches et de résultats est impressionnante. Les pays pionniers comme la Suisse avec le label "Minergie-P" ("P" pour "Passif") créé en 2002 [6] et l'Allemagne avec le label "Passiv Haus" ont montré la voie: définition, gestion et promotion du label par une initiative et un acteur privé indépendant regroupant des compétences de professionnels (architectes, thermiciens), d'associations, de centres techniques et d'institutions du domaine du bâtiment. Les pouvoirs publics ont ensuite accompagné cette démarche, mais l'initiative semble bien être d'origine privée.

Pour un pays qui voudrait se lancer dans cette démarche indispensable de labélisation, l'expérience de la Flandre

Belge est intéressante: une association "Passiefhuis-Platform vzw" est en train de définir et promouvoir un tel label adapté aux conditions locales: moins de 15 kWh/m².an de besoins de chauffage (soit 4 fois moins que les maisons conformes à la réglementation thermique actuelle) et moins de 42 kWh/m².an de demande globale en énergie finale pour le chauffage, la ventilation la climatisation l'eau chaude et les appareils électriques. Elle a déjà édité en Français une brochure de promotion "Passiefhuis-Platform vzw: le réflexe pour les maisons passives et basse énergie" téléchargeable sur leur site [7].

3.5 Et l'économie ?

Les maisons et bâtiments passifs peuvent présenter un surcoût initial d'investissement, rançon de la qualité et de la performance énergétique. Les exemples cités ont varié entre 0 et 10 %. Le label Minergie-P impose d'emblée un surcoût maximum de 15 % "par rapport aux objets conventionnels comparables".

Bien sûr, le bilan économique et la promotion de bâtiments de ce type doivent se faire au minimum en raisonnant en coût global actualisé sur leur durée de vie, avec selon leurs promoteurs un avantage assuré selon ce critère pour les maisons passives, avantage qui ne peut que s'affirmer avec les hausses récentes des coûts des énergies fossiles.

Mais cela n'est pas suffisant: une étape supplémentaire est de prendre en compte leur différentiel de "valeur patrimoniale". Et ce n'est pas de la science fiction, puisqu'il a été rapporté que les banques Suisses, une référence en la matière, considèrent déjà d'emblée qu'une maison au label Minergie de base (bâtiment à haute performance énergétique) présente intrinsèquement un supplément de valeur de 10 % par rapport à un bâtiment neuf simplement conforme à la réglementation thermique.

Au-delà, une prise en compte des économies d'externalités pour l'environnement devrait aussi s'imposer rapidement, via la connaissance explicite en Europe de la valeur de la tonne de CO₂ évitée qui résulte de l'ouverture du marché Européen d'échange de quotas CO₂ ouvert en janvier 2001 et via des instruments dérivés qui commencent à apparaître comme par exemple les "certificats blancs" (certificats d'économie d'énergie comme le prévoit en France la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique).

Ces valorisations indirectes qui peuvent être complétées dans le cas de bâtiments à énergie positive par les recettes de vente d'électricité photovoltaïque (et/ou de cogénération à partir de biomasse pour de gros bâtiments) plaident d'ailleurs pour l'abandon rapide de la méthode arithmétique du coût global actualisé (le bâtiment n'étant considéré que comme générant des coûts sur sa durée de vie) pour passer directement à des méthodes algébriques basées dès leur conception sur des balances "coûts/recettes" et la notion de "rentabilité différentielle" entre un bâtiment propre et économe en énergie et en ressources naturelles et un bâtiment conventionnel. On pourra se reporter par exemple à la référence [8] pour voir à la fois la simplicité et la puissance de telles méthodes.

4. DES ETUDES DE CAS QUI PARLENT D'ELLES MEMES

4.1 Un immeuble de bureau passif et zéro émissions en Allemagne

Le cabinet d'architectes ENERGOM ULM [9] dont une des devises est "We let the sun shine in" a présenté leur réalisation remarquable combinant les principes des maisons passives, la qualité architecturale et de réalisation (garantissant une haute valeur de l'immeuble), la qualité de vie, le confort d'hiver et d'été et la qualité de l'air sur les lieux de travail, la gestion des eaux d'infiltration, des coûts de construction peu élevés (312 €/m³ au lieu de 384 pour un immeuble de bureau conventionnel en Allemagne) et des coûts d'usage faibles (34 €/an par poste de travail).



Ce bâtiment présente un besoin de chauffage et de rafraîchissement divisé par quatre par rapport à un bâtiment conforme à la réglementation thermique actuelle. La seule originalité par rapport à une maison passive est le préchauffage ou le pré-refroidissement de l'air neuf par une circulation d'eau de nappe phréatique (échangeur eau/air sans pompe à chaleur).

Il est de plus un bâtiment "zéro émission" : 170 tonnes de CO₂ économisées par an par rapport à un bâtiment équivalent du fait de sa conception passive et 97 tonnes de CO₂ par an supplémentaires du fait du système photovoltaïque intégré au toit.

4.2 Peut-on travailler en été dans une "bouteille thermos" ???

La question, posée aussi à cette occasion, des surchauffes en été dans un bâtiment super-isolé doit bien sûr être traitée convenablement. Une réponse scientifique a été apportée par la société WAGNER SOLARTECHNIK [10], le plus important fabricant de capteurs et systèmes solaires thermiques en Allemagne (qui se diversifie aussi sur le photovoltaïque et qui souhaite augmenter ses activités en France et emploie actuellement 180 personnes) à l'occasion de la présentation de la conception, de la réalisation en 1997 et du suivi de son siège social (2 180 m², 8 533 m³, rapport Surface/Volume = 0,35). La démarche "Passiv Haus" et les solutions standard qui lui sont attachées et qui ont été décrites précédemment a été appliquée: au lieu des 100 kWh/m².an de la réglementation thermique actuelle applicable à ce type de bâtiment, les pertes thermiques sont réduites à 13 kWh/m².an. Sept sont assurés par un système de micro-cogénération gaz naturel de 12,5 kW thermiques et 5,5 kW électriques et six par un système solaire actif qui sert aussi à la fourniture d'eau chaude grâce à 65 m² de capteurs intégrés au bâtiment et d'un stockage de 50 m³ recouvert de 50 cm d'isolant.



Cliché: Wagner Solartechnik

Autre particularité: un puits canadien constitué de 4 rangées de 32 m de tubes béton de diamètre 0,5 m enterrés à 1,5 m de profondeur dans lesquels circule l'air neuf assurant un renouvellement de 0,5 volume par heure. A l'usage, ce dispositif a mené à quelques inversion de fonction en été, corrigées par l'installation de fenêtres en toiture s'ouvrant automatiquement les nuits d'été.

La surisolation, la présence au centre du bâtiment de 50 m³ d'eau stratifiée entre 35 et 52 °C et les activités de bureau de ce bâtiment situé en Hesse, région continentale intérieure qui peut subir des étés très chauds, posent le problème du confort thermique d'été. Une campagne de mesures a été effectuée avec l'aide de l'université voisine de Magburg. Pour l'hiver, elle a permis de tracer le diagramme réel "température – besoins thermiques": ces derniers s'établissent à 8 kWh/m².an pour – 6°C à l'extérieur (pour 10 W/m² visés à la conception) et s'annulent entre 9 et 15°C. Première indication de confort thermique d'été, un relevé de mesures présenté indique que pour des variations de températures extérieures de 29 à 31 °C, la température intérieure varie de 24 à 27 °C. Plus intéressant et plus adéquat, la campagne de mesure a porté sur le relevé des caractéristiques de confort hygrothermique (humidité / température de l'air) : pendant la saison froide, 72 % du temps les points de mesure sont dans la zone "très confortable", 28 % dans la zone "bon confort" et 0 % dans la zone "mauvais confort". En été, les scores sont respectivement de 93 %, 7 % et 0 % !

Pour des réalisations correctes et un comportement normal des occupants, démonstration est donc faite, s'il en était encore besoin, qu'un bâtiment aux standards "maisons passives" est la plupart du temps très confortable et au minimum confortable toute l'année.

Le bilan total en énergie primaire de ce bâtiment s'est élevé pour une année complète sur 2000-2001 à 143 kWh/m² d'énergie primaire, dont 14,7 pour le chauffage. Le reste a été requis pour la consommation d'électricité qui s'élève à 44,2 kWh/m².an. Le solde correspond à la transformation de l'énergie primaire en électricité, compte tenu d'un coefficient d'environ 3 kWh d'énergie primaire par kWh d'électricité achetée au réseau, du rendement du système de cogénération et du fait que cette consommation d'électricité a été couverte à hauteur de 5,4 kWh/m² par le système de cogénération et 38,8 kWh/m² d'achats au réseau.

Performance intéressante, le surcoût de ce bâtiment a été limité à 10 % par rapport à un immeuble de bureau standard.

Cependant, tout n'est pas rose dans cette expérience: le maître d'ouvrage et les concepteurs n'avaient pas été capables d'anticiper une croissance aussi forte de la société dans le cadre de l'explosion des marchés du solaire thermique et photovoltaïque en Allemagne et le bâtiment devra donc sans doute faire des petits...

4.3 Un scandale Suédois: des habitations chauffées à 29°C au lieu de 19°C !

L'architecte Hans Eek [11] a en effet présenté des courbes de température intérieure de ce genre relevées dans une des 20 "maisons sans chauffage" qu'il a réalisées à Goteborg [12]. Après mention en aparté que de telles températures de chauffage seraient illégales en France, il a pu rapidement apporter une solution à ce problème potentiel: "oui mais les gens peuvent ouvrir les fenêtres!". Cela permet au passage de tordre le cou à une "rumeur" concernant les maisons passives: les habitants seraient comme dans un bocal, condamnés à des fenêtres non ouvrantes... Précisions nécessaires: les 29 °C étaient mesurés pour une température extérieure de + 3 °C et par -21 °C à l'extérieur la mesure était de + 22 °C.

Hans Eek a su illustrer avec humour ses tâtonnements pour arriver au bout de 30 ans d'essais à la simplicité et à l'efficacité du concept et des solutions de "maisons passives": depuis sa première réalisation en 1973 de "maison solaire" inefficace malgré des dizaines de m² de capteurs et 80 tonnes de galets jusqu'à l'utilisation en Suède de solutions de maisons bioclimatiques parfaites pour l'Arizona mais moins adaptées au climat nordique... Les solutions maintenant "classiques" des "maisons passives" ont donc été utilisées ici, avec un soin particulier à la construction, notamment pour l'étanchéité à l'air. La variante locale consiste en des toits végétalisés (coefficient de pertes U = 0,08 W/m².°K) avec en crête les capteurs solaires pour l'eau chaude.

Dans ce projet, ce n'est pas uniquement l'aspect "énergétique" qui a été traité: ce lotissement créé par l'équivalent d'une société d'économie mixte vise à la qualité de vie globale des "classes moyennes" à qui il est destiné: situation près du centre ville, appartements agréables à vivre, etc. Et dans l'enquête de satisfaction des habitants, la citation "et en plus on n'a pas de factures de chauffage" vient en dernier !



Cliché: Hans Eek

Les surcoûts et gains par appartement ont été détaillés:

- Isolation renforcée: + 15 à + 20 kSEK (1 SEK = 0,11 €)
- Echangeur air/air: +10 à + 20 kSEK
- Fenêtres (triple vitrage, argon, une couche sélective): +15 à + 20 kSEK
- Sous total: + 40 à + 50 kSEK
- Absence de chauffage: - 40 à -50 kSEK
- Equipement électrique très hautes performances : + 10 kSEK
- Chauffe eau solaire: + 20 kSEK

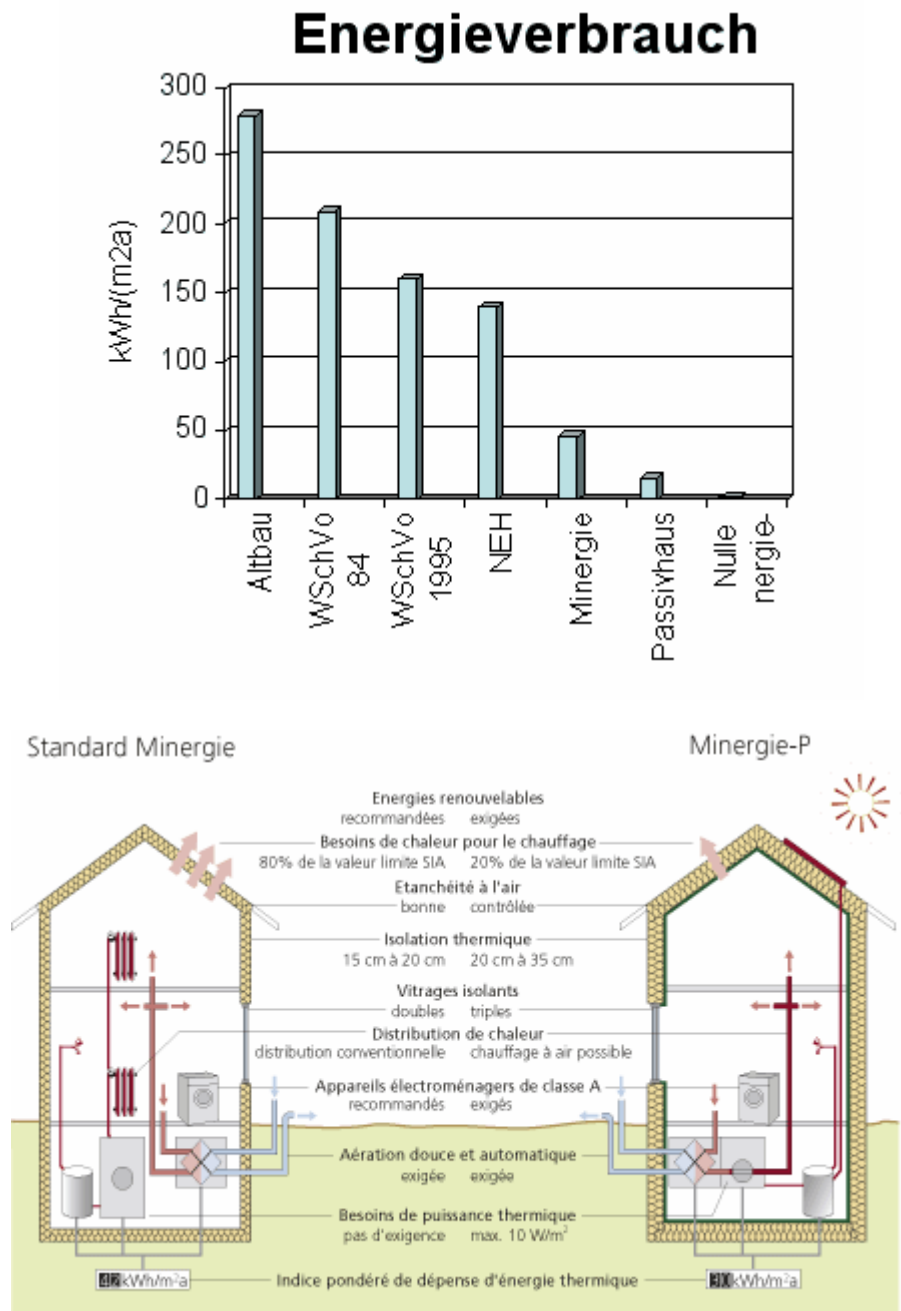
4.4 Une success story Suisse: le label Minergie

Un représentant de la société Suisse Renggli [13] a présenté les retombées de ce label pour les partenaires industriels, ici en l'occurrence une société du secteur du bois qui s'est lancée dans la conception, la fabrication et la vente de bâtiments au label Minergie (hautes performances énergétiques: moins de 65 kWh/m².an de besoins de chauffage) et Minergie-P (passif) [14], en association avec un réseau d'architecte "ARCHITOS" [15] fédérant ces professionnels volontaires pour la promotion des maisons à haute performances énergétiques ou passives au label Minergie et à ossatures bois, dont un des fondateurs Werner Setz était présent.

Les termes "d'incroyable succès" et de "Minergie et Minergie-P sont les normes du futur" utilisés pour qualifier le résultat et les perspectives du label Minergie ne sont pas usurpés: déjà 4 000 bâtiments au label Minergie ont été certifiés, dont 42 au label Minergie-P (première réalisation: 2003). Et le rythme actuel, soit 931 593 m² en 2004,

représente déjà le quart de la surface des constructions neuves annuelles en Suisse !

Les deux figures ci-dessous tirées de [14] et [15] résument les différents niveaux de consommations d'énergie de chauffage des bâtiments Suisses conçus suivant différentes normes et labels (moins de 10 kWh/m².an pour le label Minergie-P) et les différences de solutions types préconisées:



Les surcoûts à la construction cités sont de 6 % pour le label Minergie et de 12 % pour le label Minergie-P, ce qui représenterait un temps de retour brut de "seulement quelques années". Et comme déjà indiqué, les banques ont déjà intégré qu'un bâtiment au label Minergie a 10 % de valeur en plus qu'un bâtiment sans ce label.

L'association de constructeurs industriels et d'architectes telles que celle présentée ici a des intérêts évidents:

- Chacun d'eux profite des expériences de l'autre pour la mise au point et la définition des composants.
- Les catalogues de produits et de prestations peuvent comprendre aussi bien des prestations absolument standardisées que celles adaptées aux désirs particuliers des clients.
- Ces catalogues recouvrent déjà tous les types de bâtiments: maisons individuelles à la demande, maisons individuelles personnalisées (types de toit, formes, couleurs), immeubles d'habitations, bâtiments tertiaires et industriels, bâtiments publics (exemples de réalisation: armée, douanes...).
- Les architectes peuvent déjà fournir des prestations pour la rénovation de bâtiments existants (déjà 20 % des

projets du cabinet de Werner Setz).

Comme déjà indiqué, la création de ce label a été une initiative privée, mais soutenue par les pouvoirs publics, avec un relais des cantons qui peuvent apporter des subventions qui même symboliques (1 000 CHF cités) témoignent de la reconnaissance publique portée à la fois aux promoteurs du label et au particulier ou au maître d'ouvrage qui l'exigent pour leur bâtiment.

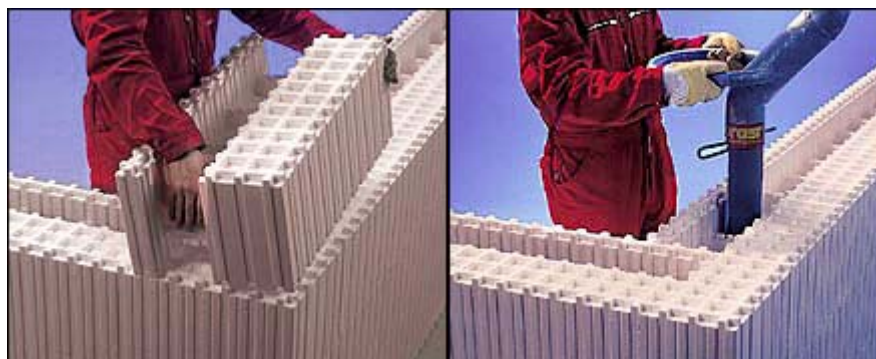
4.5 Des innovations encore possibles ?

Un exposé du cabinet d'architecture Suisse AEU (Architecture, Energie, Environnement) sur les solutions constructives des maisons passives a eu l'intérêt de montrer le foisonnement d'idées et de solutions qui permettent d'aboutir aux performances requises pour les maisons passives, typiquement pour les parois un coefficient de déperdition U bien inférieur à $0,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$ (par exemple $0,105 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$ et épaisseur totale 485 mm pour les composants à ossature bois de la société Renggli) au lieu de $U = 0,3$ suffisants pour satisfaire aux réglementations thermiques courantes.

Deux grandes familles se distinguent: construction légère à ossatures bois (avec les besoins d'inertie couverts par exemple par les planchers) et construction à grande inertie.

Dans la première famille, l'exemple montré de réalisation pilote en Autriche en "treillis bois tridimensionnel et isolation par ouate de cellulose" (épaisseur totale de 650 mm) permet d'aboutir à un coefficient de perte de seulement $0,06 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$. Une expérience de parois en balles de paille traitées (épaisseur 340 mm pour une épaisseur totale de 500 mm) aboutit à un coefficient $U=0,11$. Un des intérêts de cette famille de solutions utilisant du bois et de la biomasse est de ne contenir qu'une petite quantité "d'énergie grise", la quantité d'énergie primaire commerciale nécessaire à la fabrication des composants.

Dans la deuxième famille, deux exemples de composants "massifs" innovants ont été présentés: des briques à base d'argile du lias (150 millions d'années) contenant beaucoup de matières organiques qui après cuisson à $1\,200 \text{ °C}$ permettent à performances thermiques égales de gagner 30 mm sur l'épaisseur (440 mm au lieu de 470) et des briques "Isorast" [16], permettant d'obtenir des surfaces composites en béton coulé entre des blocs isolants ultralégers en polystyrol se montant comme des "briques Lego" et ayant pour les plus performantes au total un coefficient $U = 0,1 \text{ W/m}^2$:



Clichés: Isorast

5. ET LES SYSTEMES ACTIFS ?

Cette conférence a aussi été l'occasion de faire le point sur des applications des systèmes actifs à énergies renouvelables dans le secteur du bâtiment.

Pour le chauffage au bois par granulés, un exemple remarquable est un des nouveaux centres de l'ONF Irlandaise. Le parti pris a été de favoriser le bois, à la fois comme puits de carbone dans la construction et comme source d'énergie renouvelable. Le bâtiment d'une qualité architecturale exemplaire fait appel à un maximum d'éclairage naturel, aux apports solaires passifs (sans être aux normes "maisons passives"), au contrôle de l'étanchéité à l'air et à la ventilation naturelle, y compris la nuit pour un bon rafraîchissement couplé avec l'inertie du bâtiment. Les besoins thermiques des $2\,000 \text{ m}^2$ chauffés sont assurés dans un "Energy Center", petit bâtiment séparé équipé de 10 m^2 de capteurs solaires thermiques plans et de 10 m^2 à tubes pour l'eau chaude et qui abrite la chaufferie à granulés de 100 kW. A noter qu'avec seulement 20 g de CO_2 émis par kWh et 1,3 à 3 c€/kWh l'intérêt des granulés bois en Irlande est maintenant à la fois environnemental et économique.

Pour le solaire actif, deux exposés Danois ont permis de sensibiliser les acteurs Irlandais à l'intérêt de la filière qui est actuellement très peu utilisée localement: les applications de très grande puissance pour fournir un appoint solaire de typiquement 15 % sur les réseaux de chaleur et un exposé des résultats d'une étude Danoise de définition d'un "plan soleil" pour l'Irlande, avec des propositions qui ressemblent étrangement aux choix d'objectifs, de moyens et de types

d'action du "Plan soleil" Français !

Une autre illustration de la volonté de l'Agence SEI de profiter de l'expérience d'autres agences et opérateurs de référence en Europe a été la présentation du résumé de l'étude faite pour eux par l'équipe du centre de recherche Autrichien Arsenal Research spécialisée dans les pompes à chaleur géothermales [17].

Enfin, deux présentations, une par l'agence danoise de l'énergie DEA [18] et l'autre par SEI ont été consacrées au traitement à prévoir pour les énergies renouvelables dans le cadre de la transposition de la directive Européenne sur les performances énergétiques des bâtiments et sur les dispositions plus générales de cette directive comme l'étiquetage énergétique des bâtiments. Rien ne peut mieux résumer les débats passionnés à l'issue de ces deux présentations que le cri du cœur du public Irlandais très motivé et compétent (architectes, thermiciens, industriels de la construction et professionnels du bâtiment): "Prenons donc exemple sur les Danois plutôt que sur les Anglais !".

6. CONCLUSIONS

Avec la qualité de cette conférence et l'ouverture Européenne qu'elle a su lui donner, le bureau des énergies renouvelables de l'Agence SEI a montré sa capacité de mobilisation, d'information et de renforcement des connaissances. L'approche "transversale" choisie et la place donnée au thème des "maisons passives" étaient à la hauteur des enjeux de l'intégration des énergies renouvelables dans une démarche complète de maîtrise de l'énergie reposant à la fois sur le comportement sobre des usagers et les efforts d'efficacité énergétique qui rendent alors l'utilisation des systèmes à énergies renouvelables passifs ou actifs plus facile et plus facilement rentable.

L'importance du développement récent du concept et des réalisations de "maisons passives" et l'avantage qualitatif que représente "l'effet tunnel" du saut direct vers des bâtiments sans chauffage et sans climatisation dans un contexte d'accélération à la fois des prix des énergies fossiles et de la prise de conscience de la nécessité de déduire drastiquement les consommations d'énergie primaire et les émissions de CO₂ plaident pour une mise en place rapide en France de labels comme le label "Minergie-P", le label "Passiv Haus" ou encore le label équivalent en cours de définition en Belgique. On a vu que ces derniers ont été définis et lancés par des initiatives privées, celles-ci seront-elles aussi au rendez vous en France ? En tout cas, les compétences Françaises dans le domaine existent bien sûr déjà: à titre d'illustration et de façon non exhaustive on peut citer la réalisation d'un bâtiment passif de 40 appartements "Salvatierra" à Rennes, projet mené dans le cadre du programme Européen CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standard) [19], [20] qui a fédéré les compétences de beaucoup d'acteurs Européens cités ici.

7. REFERENCES

- [1] "Sunny Days: France's Ambitions and Policies for Renewables in Buildings", See the light 2005, Galway.
- [2] Scandinavian Homes LMT: www.scanhome.ie
- [3] "First Steps: What Can be a Passive House in Your Region with Your Climate ?", Dr. W. Feist, Passiv Haus Institut, Darmstadt, 2004
- [4] "Passive House Planning Package 2004", Feist W. et Al., Passive House Institute, Darmstadt, April 2004
- [5] Passiv Haus Institut: www.passiv.de
- [6] www.minergie.ch
- [7] www.maisonpassive.be
- [8] "Are Your Energy Efficiency Projects Enough Profitable ? Check-it From the profitability index Method !", B. Chabot, actes de l'Ecole d'été ECEEE, Mandelieu, Mai 2005.
- [9] www.archkom.de
- [10] www.wagner-solartechnik.de
- [11] www.goteborg2050.nu
- [12] "Houses without heating systems: 20 low energy terrace houses in Göteborg", brochure téléchargeable à: www.ebd.lth.se/avd%20ebd/main/Gothenburg/Info.htm
- [13] www.renggli-haus.ch
- [14] www.minergie.ch
- [15] www.architos.ch
- [16] www.isorast.de
- [17] "Campaign for take off for renewable heat pumps in Ireland", trois rapports téléchargeables à: www.irish-energy.ie/content/content.asp?section_id=1396&language_id=1
- [18] www.ens.dk
- [19] www.cepheus.de
- [20] Jürgen Schneiders "Cepheus: measurement results from more than 100 dwelling units in passive houses", ECEEE 2003 summer study.