

La maison « ZEN » de Mr Ricaud



Elle n'échange rien d'autre que de l'air et de l'électricité avec le monde extérieur. En plus d'être très bien isolée, elle profite du solaire bioclimatique, avec des vitrages, une véranda et des expositions qui valorisent les apports solaires l'hiver, et des casquettes bien calculées qui limitent les surchauffes l'été. Les apports actifs se limitent à une pompe à chaleur et des tuiles photovoltaïques. Le surplus d'énergie électrique produit en été et vendu au réseau compense le déficit énergétique d'hiver prélevé sur le réseau.

«La maison zen »¹ de Montagnole (Savoie),

première maison à énergie positive construite en France.

Simplicité dans les choix des formes, des structures et des matériaux, «La maison zen » produit la totalité des énergies qu'elle consomme : chauffage, ventilation, électricité spécifique et eau chaude sanitaire. Le système SOLPAC² permet d'assurer la totalité des besoins énergétiques grâce au réseau public qui lui assure son «stockage» intermittent, diurne et inter saisonnier.

Au cours des dix dernières années, la préoccupation environnementale n'a cessé de prendre de l'importance. Aujourd'hui, l'intensité des problèmes de pollutions et d'épuisements des ressources naturelles et la relative impuissance des Etats, confirme **l'urgence, pour chaque acteur de la société**, de réduire les impacts environnementaux engendrés par ses propres activités. Chaque individu doit maintenant en prendre conscience et contribuer à cette évolution vers un développement durable. **L'habitat est le premier lieu où la prise de conscience individuelle puisse se traduire en un impact visible, sensible et mesurable.**

Le secteur résidentiel et tertiaire est le premier secteur consommateur d'énergie finale en France avec 98 Mtep, ce qui fait que 23% des émissions de gaz à effet de serre lui sont dûs³. Il se construit chaque année 170 000 maisons individuelles et 70 000 logements collectifs, un marché potentiel énorme pour l'intégration de l'énergie solaire au bâti.

La population française a une opinion très favorable sur le solaire, mais ignore ses possibilités technico-économiques réelles. Le chauffage électrique à partir de convecteurs ou de panneaux rayonnants a une très mauvaise réputation auprès des consommateurs mais pourrait très avantageusement être remplacé par la pompe à chaleur si celle-ci pouvait retrouver la crédibilité perdue au début des années 80.

¹ ZEN = « Zero Energy Net »

² SOLPAC est un système développé par Cythelia sarl.

³ L'utilisation d'énergies fossiles pour le chauffage est non seulement une aberration technique (point n'est besoin d'une combustion à 800 °C pour alimenter un plancher chauffant à 28°C), mais aussi économique (les 3 000 litres de fioul consommés annuellement dans une habitation moyenne, sont certainement mieux utilisés pour propulser une automobile pendant quatre ans à raison de 5 litres /100 km et 15 000 km /an). Même avec le développement de l'hydrogène comme vecteur énergétique, le pétrole restera en effet pendant très longtemps la source d'énergie de choix pour les applications embarquées, à cause de sa très forte densité énergétique : 11,6 kWh /kg.

Ce projet a pour ambition de démontrer qu'il est possible de **construire avec les techniques disponibles aujourd'hui des maisons « zéro émission »⁴ et « zéro énergie net »** dont la consommation énergétique prélevée à l'extérieur et intégrée sur l'année soit globalement nulle.

Nous avons mis en œuvre ce concept en combinant des fonctions non encore économiquement rentables mais porteuses d'avenir à court terme (production d'électricité par le solaire photovoltaïque intégré au bâti et connecté au réseau) et des fonctions dont la rentabilité est prouvée (super-isolation, économie d'énergie, chauffage par pompe à chaleur, puits canadien), mais encore insuffisamment connues et exploitées.

Descriptif technique

L'habitation de 200 m² est construite à Montagnole (Savoie) dans la région de France la plus avancée dans le domaine des énergies renouvelables, à proximité du Bourget du Lac un des principaux pôles du solaire français avec notamment l'institut national de l'énergie solaire (INES).

Le bâtiment n'échange rien d'autre que de l'air et de l'électricité avec le monde extérieur. Autrement dit, le surplus d'énergie électrique renouvelable produit en été et livré au réseau, compense exactement le déficit énergétique d'hiver prélevé à la fois dans l'air ambiant et sur le réseau. Dans la pratique, l'intégralité de l'énergie solaire électrique est injectée dans le réseau, et c'est dans ce même réseau que les besoins électriques sont prélevés.

L'étude de faisabilité a démontré que pour réaliser un « **bâtiment zéro énergie** » à des coûts accessibles, il faut mettre en œuvre les matériaux les plus performants et les principes bioclimatiques avant l'utilisation des énergies renouvelables.

L'habitation est construite en KLH (lamelles de bois massif contrecollées) car ce matériau présente d'excellentes propriétés isolantes et inertielles, sert de structure porteuse, et a la particularité de permettre la construction de la maison en une journée. Cette structure associée à une seconde couche isolante (liège expansé) et des ouvrants à la pointe de la technologie (triple vitrage peu émissif avec lame d'argon) permet de **limiter au maximum les déperditions**.

Pour minimiser les dépenses énergétiques, les occupants se sont équipés d'appareils à haute performance énergétique (**efficacité énergétique**) et sont parcimonieux quant à leur utilisation (**sobriété énergétique**). La conception de la maison est telle que toutes les pièces sont atteintes par l'éclairage naturel, à l'exception de la cave à vin

Lors de l'étude réalisée durant la conception et la modélisation de cette maison, un intérêt particulier a été porté aux apports solaires passifs. Ainsi cette habitation profite du savoir-faire lié au **solaire bioclimatique**, avec des vitrages et des expositions qui valorisent au maximum les apports solaires gratuits l'hiver, et des protections solaires qui limitent les surchauffes l'été.

Une **pompe à chaleur** sur air extrait, associée à un puits canadien/ provençal, assure les besoins de renouvellement d'air, de son chauffage, ainsi que le rafraîchissement d'été. Une **pompe à chaleur** air-eau assure les besoins d'eau chaude sanitaire et intervient en complément de chauffage sur murs chauffants faiblement inertiels quand la température extérieure est négative. Ce système réponds aux besoins avec une production d'énergie thermique quatre fois supérieure à l'énergie électrique consommée, et permet de limiter au minimum la climatisation active d'été. Par ailleurs ce système prend en compte les principes de confort thermique dans l'habitat⁵ en utilisant préférentiellement une source radiative pour le chauffage, et une source convective pour le refroidissement.

La **production décentralisée d'électricité renouvelable** est assurée par 13.5 kWc de panneaux photovoltaïques en couches minces intégrés en toiture en remplacement total de la couverture. Avec un productible annuel attendu de 12 000 kWh, ils couvrent **tous les besoins énergétiques de la maison (chauffage, ventilation, eau chaude sanitaire, électricité spécifique), soit 9 000 kWh (45 kWh /m² .an)**. Comme depuis Juillet 2006, l'électricité solaire intégrée en toiture peut être vendue à 0,55 €/kWh, nous avons choisi l'option de la vente totale de la production, soit un revenu annuel de l'ordre de 6 000 €

⁴ N'utilisant aucune énergie fossile le système énergétique proposé ne génère presque pas de gaz à effet de serre.

⁵ Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, de Claude-Alain Roulet, Presse Polytechniques et Universitaires Romandes.

Option véhicule électrique

On sait que nous dépendons du pétrole et du gaz pour 68% de notre approvisionnement si l'on compte en énergie finale. Les transports utilisent près du tiers de l'énergie consommée en France (51 Mtep d'énergie finale pour 16 Mtep d'énergie utile - rendement des moteurs). Même si le pétrole semble irremplaçable pour les transports dans le moyen terme, on peut montrer que pour les déplacements locaux (qui ne dépassent pas 40 km /jour en moyenne), la solution véhicule électrique rechargé au photovoltaïque représente un plus énergétique et environnemental très important.

Les déplacements annuels de 15 000 km effectués en 300 heures à bord d'un véhicule diesel TDI consommant 5,6 l/100 km représentent une consommation annuelle de 840 l de gaz-oil (soit 8 400 kWh d'énergie finale pour 2 600 kWh d'énergie utile) qui coûtent 966 € (1,15 € /litre soit 11,5 cents €/kWh) et qui génèrent 672 kg eqC /an ans l'atmosphère.

Recharger les batteries d'un véhicules électrique sur le réseau pour les mêmes déplacements annuels consommerait 2 600 kWh d'énergie utile, soit en tenant compte du rendement de charge – décharge des batteries et du rendement du moteur : 4 200 kWh d'énergie finale, ce qui ne coûterait que 400 € (9,5 cents €/kWh au tarif de nuit), soit moins de la moitié du coût du gaz-oil, et génèreraient par an entre 330 et 95 kg eqC /an dans l'atmosphère⁶. Une puissance solaire de 3.5 kWc permet de générer les 4 200 kWh nécessaires.

Si l'on prend en compte d'autres paramètres tels que la durée de vie comparée des moteurs électriques et thermiques, la faible maintenance, le couple au démarrage, l'absence totale de nuisances (bruit, pollution, GES,...), on peut facilement montrer que le véhicule rechargé au soleil n'est finalement pas si coûteux... et que ce projet est une superbe opportunité pour en donner l'exemple.

Bilan carbone

Les matériaux retenus (essentiellement du bois massif de type KLH pour la structure et du liège pour l'isolation) sont ceux qui minimisent les déperditions, tout en ayant le meilleur « bilan carbone », et si possible la ressource locale à un prix modéré.

La totalité de l'énergie consommée par la maison et par les déplacements locaux, si elle est assurée par photovoltaïque, sera très peu génératrice de gaz à effet de serre, comme le montre le tableau suivant.

Bilan carbone	Chauffage / ECS		Elec spécifique		kWh/m ²	Transport		Total conso kWh	Total kg eqC
	Conso gaz kWh	kg eqC /kWh	Conso élec réseau kWh	kg eqC /kWh		Conso diesel kWh	kg eqC /kWh		
Standard neuf	12 000	0,062	6 000	0,023	90	8 400	0,080	26 400	1 554
"ZEN"	5 374	0,008	3 303	0,008	43	4 800	0,008	13 477	108
"ZEN" / standard					48%			51%	7%

On a pris par excès pour des modules photovoltaïques au CIS 16 kg eq C/m² de capteur, soit sur 20 ans: 8 g eqC/kWh (du même ordre que les émissions de GES du kWh nucléaire). Le temps de retour en GES est le temps que doit fonctionner le capteur avec un productible donné pour que l'économie en GES qu'il a permis de réaliser par rapport à l'électricité à laquelle il se substitue, couvre les émissions de GES générés lors de sa fabrication. Il est de 7,1 ans si la substitution se fait par rapport à de l'électricité d'origine française, de 1 an en Allemagne et de 0,9 ans en Italie.

La généralisation d'un tel concept pour les 170 000 maisons individuelles qui se construisent en France chaque année, permettrait d'économiser 250 000 t eqC.

⁶ Suivant que l'on fait l'hypothèse que la charges des batteries est effectuée par le courant électrique solaire, soit 8 g eqC/kWh ou par le courant du réseau français, soit 23 g eqC /kWh.

Descriptif économique

Du point de vue économique, l'étude de faisabilité calcule le surcoût pour les quatre options de substitution : bois, gaz, fioul, tout électrique, pour quatre configurations de matériaux de construction différents et pour deux applications différentes : habitation et tertiaire.

Pour la maison de démonstration de 200 m², les surcoûts bruts sont de l'ordre de 150 000 € par rapport à une construction de base qui coûterait 300 000 € (1500 €/m²). Ces surcoûts proviennent pour 80 000 € des aspects liés au concept de ZEH, pour 40 000 € des aspects liés à la qualité des matériaux et équipements mis en oeuvre, et pour 30 000 € des aspects expérimentaux liés au prototype.

Le surcoût générique d'une deuxième maison semblable qui serait moins exigeante sur la qualité des matériaux ne serait plus que de 100 000 €, soit un total de 400 000 € (2 000 €/m²).

Avec le nouveau crédit d'impôt à 50% plafonné à 8 000 € pour un couple, et la tarification favorable à 0,55 €/kWh pour le photovoltaïque intégré au bâti, **le temps de retour du surcoût total d'une telle installation est inférieur à 20 ans; il est de 10 ans pour la seule partie photovoltaïque.**

Les paramètres économiques ont été déterminants dans tous les arbitrages lors de la conception de cette maison. Nous avons recherché avant tout la simplicité dans les choix des formes, des structures et des matériaux **En effet ce projet exemplaire se veut certes innovant, mais aussi et surtout reproductible, de sorte que tout un chacun puisse aussi construire sa maison « ZEN ».**

Le montant total de l'opération est de 450 000 € HT avec l'option véhicule électrique.

Monitoring

Il importe de faire une distinction entre les installations courantes, basées sur une technique éprouvée dans des conditions d'exploitation bien connues et un projet de démonstration comme celui-ci.

Dans le premier cas, l'onduleur fournit normalement les indications nécessaires pour s'assurer du bon fonctionnement de l'installation. En outre des relevés réguliers des compteurs de production permettront de déceler très vite une divergence entre les valeurs de l'énergie mesurées et celles calculées.

Dans le cas présent, un suivi plus précis est nécessaire, dont les résultats seront communiqués par Internet aux organismes qui participeront au financement.

Le système de mesure, muni d'un « data-logger » (dispositif permettant la sauvegarde des données mesurées) et d'un modem relié à une centrale d'acquisition des données, analysera :

- La production des deux champs de modules en fonction de l'éclairement (avec modules de référence calibrés).
- Les consommations d'électricité spécifique (cuisine, éclairage, HiFi, ...).
- Les consommations électriques des pompes à chaleurs pour le chauffage, le rafraîchissement, l'eau chaude sanitaire et la ventilation.
- L'efficacité du puits canadien-provençal, en fonction de la température extérieure et de la température à la sortie du puits.
- Le niveau de confort avec la mesure de l'hygrométrie de l'air intérieur et des températures dans les différentes pièces de vie de la maison.

L'intérêt du monitoring dans cette maison est multiple. Le monitoring apportera un grand nombre de données expérimentales dans le domaine des maisons à basse consommation qui en manque cruellement. Grâce à toute cette démarche la maison « ZEN » sera un véritable instrument de mesure scientifique. Les résultats obtenus seront un support idéal pour les étudiants des différentes formations où le professeur Ricaud intervient (Master Verdec, Master Ceder, ASDER, INES...). Par ailleurs le monitoring offre à l'occupant la possibilité de connaître ses consommations et donc de pouvoir mieux les maîtriser. Pour cela, la lecture des consommations se fera en direct sur le panneau électrique de la maison. La prise de conscience de ses dépenses énergétiques étant selon nous le premier pas vers une démarche de sobriété.

Visites

Ce projet doit être exemplaire et reproductible. C'est dans cette logique que nous avons décidé de partager nos découvertes, via une pièce de la maison qui sera spécialement aménagée pour accueillir des visiteurs. Ainsi, en plus de voir la maison qui représente l'aboutissement de nos travaux, les visiteurs pourront grâce aux différents posters et projections vidéo, découvrir le cheminement de nos recherches, et les raisons qui nous ont fait choisir au final les différentes solutions présentes dans la maison.

Le visiteur trouvera donc des informations sur les matériaux de constructions, les vitrages, les ouvrants, les isolants, les systèmes de chauffage, de climatisation, et le photovoltaïque connecté au réseau. Nous espérons que ces affiches explicatives seront de véritables outils pédagogiques, et qu'elles répondront aux différentes questions que le public se pose.

Dans cette pièce nous veillerons à faire connaître les noms des différents partenaires qui ont contribué à l'élaboration et au financement du projet. Un espace publicitaire spécifique avec les brochures des différents acteurs de ce projet pourrait même être aménagé.

Pour faciliter la venue des visiteurs, un dégagement spécial est prévu pour servir de parking. Un panneau avec les noms des partenaires sera installé au niveau du parking et sera visible de la voie communale desservant la maison.

D'autres opérations seront menées pour faire connaître la maison ZEN du grand public. Nous comptons principalement sur la presse écrite, les associations, les points info énergie, et les grandes chaînes de télévision nationales qui nous ont contacté récemment pour réaliser un reportage sur cette maison.



Figure 1 : La pose du KLH et la pose de l'isolation liège (face NORD-OUEST)

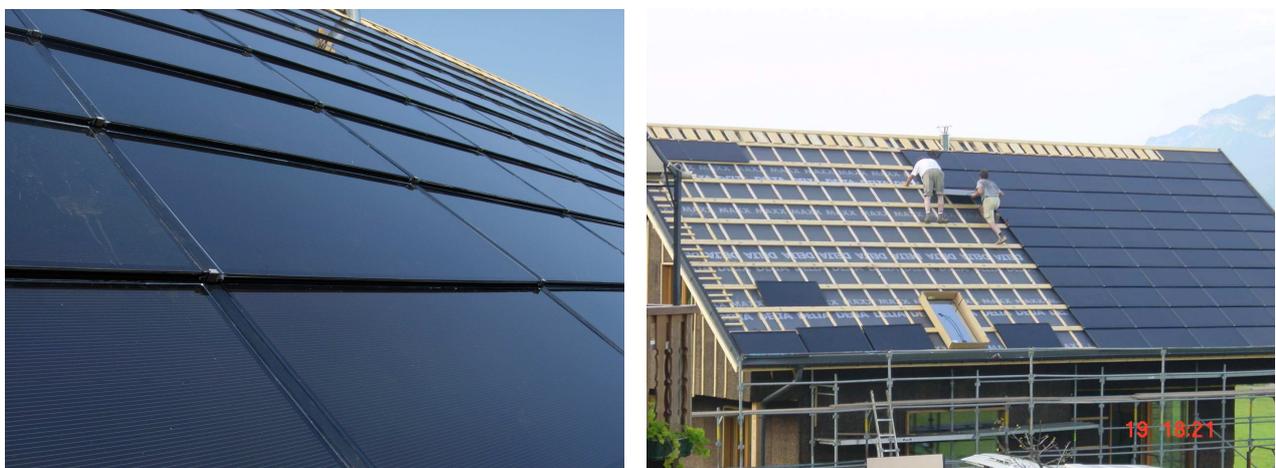


Figure 2 : Les modules au CIS de SULFURCELL et le système d'intégration « SOLRIF » de Schweitzer (face SUD)