

Mémoire de recherche fin d'études M2irt 2009

*Les maisons vertes à énergie positive en
France, un rendez-vous à ne pas
manquer ?*

Auteur :

Marion Lepage
Option Siba

Directeur de mémoire :

Dany Allaoui



Table des matières

I. DÉFINITION DU SUJET.....	4
II. MÉTHODOLOGIE.....	5
III. ANALYSE DE L'EXISTANT.....	7
1. HISTORIQUE DE CONSTRUCTIONS DE CIVILISATIONS ANCIENNES.....	7
2. CONSTRUCTION TRADITIONNELLE.....	7
3. ENVIRONNEMENT.....	8
3.1 Problèmes.....	8
3.2 Engagements politiques.....	9
4. CONTEXTE ÉCONOMIQUE.....	9
5. VERS LA CONSTRUCTION POSITIVE.....	10
5.1 Tenir compte de l'environnement.....	10
5.2 Structure d'une maison verte.....	11
Le bois.....	11
Structure isolante.....	11
5.3 Isolation.....	12
5.3 Produire de l'énergie.....	14
Structure de la production d'électricité.....	14
L'éolien.....	14
Le solaire.....	15
La géothermie.....	16
La biomasse.....	17
L'Hydraulique.....	17
L'eau de pluie.....	18
5.4 Eco-gestes.....	18
5.5 Aides, normes, réglementations.....	19
Règlementations.....	19
Labels, démarches.....	20
Aides.....	21
5.6 Rôle de l'informatique.....	21
Des logiciels pour concevoir une maison économe en énergie.....	21
La domotique au service des économies d'énergies.....	22
5.7 Limites.....	23
Prix.....	23
Rénovation.....	23
Règles d'urbanisme.....	24
Ecologie.....	24
Acceptation de l'éco habitat par les français.....	25
IV. DESCRIPTION DES AMÉLIORATIONS.....	26
1. ANALYSE DE LA TYPOLOGIE DES FRANÇAIS SUR L'ÉCO-HABITAT.....	26
2. AIDER LES MÉNAGES AU FINANCEMENT.....	27
3. ACCOMPAGNER LES ENTREPRISES.....	28
4. DURCIR LA RÉGLEMENTATION EN FAVEUR DE L'ÉCOLOGIE.....	28
5. L'ÉTAT : UN MODÈLE À SUIVRE ?.....	29
6. AMÉLIORER LA TECHNOLOGIE.....	29
6.1 Réduire la consommation des technologies.....	29
6.2 Développer les énergies renouvelables.....	29
6.3 Piéger le CO2.....	30
IX. SOURCES.....	32
1. BIBLIOGRAPHIE.....	32
2. WEBOGRAPHIE.....	32
1. MATÉRIAUX.....	34
XI. ANNEXES.....	34



1.1 Vitrages	34
2. RÉGLEMENTATION	34
2.1 Isolation RT 2005 (Source ADEME)	34
3. FINANCEMENT.....	35
3.1 Crédits d'impôts (source ADEME)	35
3.2 Eco PTZ (Source Testé pour vous en partenariat avec ADEME)	35
3.3 Tarif Electricité (source EDF)	36
3.4 Tarif revente électricité (source EDF)	36
4. INTERVIEWS.....	37
4.1 Propriétaire d'une maison positive en Belgique.....	37



I. Définition du sujet

Et si ma maison produisait plus d'énergie qu'elle n'en consomme, tout en préservant la Nature ?

Voici le concept de la 'maison verte à énergie positive'. Pour ce faire, il est nécessaire qu'elle réunisse deux qualités essentielles pour l'Homme, tel qu'on aimerait le voir évoluer à l'aube du XXI^{ème} siècle : une maison respectueuse de l'Environnement et économique en consommation d'énergies. Cependant, il ne faut pas confondre ces deux terminologies aussi distinctes qu'indissociables pour aborder cette notion de « maison positive ».

Comme premier exemple, si l'on parle de maison écologique (verte), on ne décrit nullement une maison positive. Celle-ci répond à des solutions envisageables pour un habitat prenant davantage en compte l'Environnement que la valeur économique propre. Actuellement, le tout 'écolo' coûte encore trop cher, en France comme ailleurs. C'est pourquoi je m'attacherai à rappeler certaines définitions de base de ces maisons 'vertes', saines autant pour la planète que pour leurs occupants.

Une maison écologique se construit avec des matériaux 100% naturels et recyclables. En grande partie, elle tient compte de l'énergie cachée, dite « énergie grise », qui définit notamment le rejet en CO₂ et autres gaz à effet de serre sur l'ensemble du cycle de production, de transport, d'entretien et de recyclage des matériaux de construction. En règle générale, les matériaux naturels ont une énergie cachée beaucoup plus basse que ceux qui sont produits de manière industrielle. Et un matériau le plus écologique possible se devrait de générer une énergie grise nulle.

Bien que reprenant des idées parfois infiniment proches, une maison climatique se construit selon le climat, en valorisant ses avantages et en se protégeant de ses inconvénients. Plus optimisée, la maison bioclimatique dépasse la précédente en exploitant son environnement végétal et minéral afin d'assurer sa régulation thermique, bête noire des dépenses énergétiques d'une habitation individuelle actuelle. Une maison bioclimatique entame le pas vers une maison plus économique, car elle reste moins consommatrice en énergies non renouvelables pour réguler sa température intérieure.

Ainsi, il existe de nos jours trois degrés de maisons économiques en énergies :

Une maison considérée « basse consommation » doit respecter des normes, telle que Haute Performance Énergétique (HPE), et consommera en moyenne trois fois moins qu'un logement traditionnel.

Mieux conçue, une maison dite « passive » mise sur l'isolation extrême, afin de réduire au maximum ses besoins en énergie pour conserver la chaleur en hiver comme la fraîcheur en été. Elle est alors étudiée pour dépenser le moins d'énergie possible : une isolation maximale pour se protéger des pertes de chaleur dues aux ponts thermiques, des matériaux qui stockent l'énergie, une orientation pensée pour bénéficier au maximum du rayonnement solaire, ainsi qu'une forme simple limitant les complications architecturales (sources de pertes énergétiques).

L'optimisation maximale est donc actuellement représentée par la maison dite « positive ».



C'est à dire une maison autosuffisante qui fabrique et maîtrise elle-même son énergie, celle-ci pouvant même très vite dépasser ses propres besoins. Les ressources naturelles mises à sa disposition, telles que l'énergie solaire, la géothermie ou encore l'éolien sont utilisées au maximum. Elle reprend toutes les techniques d'économies de l'énergie citées au préalable, tout en se dotant des plus récentes évolutions technologiques pour produire, entretenir et maîtriser l'ensemble des besoins énergétiques (chaleur, électricité, eau). La domotique s'y fraie un chemin bien au-delà du simple gadget.

A terme, la maison positive devient totalement autonome, mais son développement se heurte à de nombreuses contraintes, économiques notamment. Le même paradoxe se présentera quant à envisager une maison positive composée de matériaux écologiques. Dans ce sens, il s'agit donc d'étudier comment une maison peut être la plus écologique et la plus rentable possible, énergétiquement comme financièrement.

Je cible mon mémoire sur la maison individuelle puisqu'elle représente l'habitat préféré des français avec une part de marché de plus de 56% du bâti. Depuis déjà plusieurs années, il existe des solutions pour réduire la consommation d'énergie dans l'habitat, mais elles n'étaient pas vraiment développées en France. À travers ce mémoire, je souhaite voir comment les choses pourraient évoluer, d'autant que ce domaine commence à se démocratiser.

La composante économique m'intéresse tout particulièrement, et j'aimerais comprendre pourquoi la construction d'une maison positive n'est pas généralisée, étant donné ses nombreux avantages économiques en comparaison avec une maison traditionnelle. Car l'intérêt financier n'est pas qu'individuel (l'habitant), étant donné qu'un véritable marché novateur pourrait très rapidement se mettre en place (constructeurs, promoteurs, architectes, entretiens, etc...).

Ce choix a également été soutenu par l'intérêt grandissant que rencontre ce sujet parmi mes connaissances. Moi-même, je serai amenée à penser et concevoir mon propre habitat futur.

Si le développement durable est au cœur de l'actualité, la préoccupation principale de la majorité des français reste leur pouvoir d'achat, dont le logement constitue le principal poste de consommation. Considérer et tenter de rapprocher ces deux préoccupations se révélerait-il une lubie idéologique, une utopie avant-gardiste ou tout simplement une ingénieuse progression ? Une maison peut-elle être intégralement autonome énergétiquement, et de surcroît s'intégrer pleinement dans l'Environnement ? Est-ce envisageable de vouloir l'appliquer au contexte économique français actuel ?

II. Méthodologie

L'objectif de ce mémoire est donc de rassembler les différentes solutions pour concevoir, construire (aussi bien du neuf que de la rénovation) et entretenir une maison verte à énergie positive en France. Ces notions très techniques nécessiteront une grande documentation de ma part, ainsi qu'un suivi averti de leurs actualités, de plus en plus médiatisées. Je vais également prévoir plusieurs entretiens, notamment parmi mes contacts directs (ingénieur en recherche et développement au sein d'une multinationale de l'immobilier, connaissance formée en



constructions écologiques, utilisateurs de systèmes géothermiques et de récupération des eaux de pluie, promoteur immobilier).

En première partie, j'analyserai l'existant. Je rappellerai les méthodes de constructions des civilisations passées, riches d'enseignements trop facilement oubliés. Puis, je me pencherai sur la construction d'une maison individuelle traditionnelle française, pour constater et comparer la logique actuelle de conception.

Je ferai ensuite un état des lieux des problèmes environnementaux, dus notamment à la surconsommation d'énergie, et des engagements politiques d'actions, tels que le Grenelle de l'Environnement et le Protocole de Kyoto.

Surtout, je décrirai en détails les meilleures orientations concernant l'architecture d'une maison individuelle 'idéale', de la maison verte tendance jusqu'à la maison positive optimale. Je présenterai les nouvelles techniques de construction, ainsi que les différents matériaux écologiques actuellement commercialisés. J'évoquerai les normes environnementales et les labels de qualité, qui se multiplient chaque jour. Je tenterai d'entrer en contact avec des entreprises qui proposent des produits et des solutions spécifiques pour la construction de maisons vertes positives, afin de réaliser une étude de l'existant et des nouveautés ou évolutions à venir. Je développerai également le rôle non négligeable de l'informatique avec la conception assistée par ordinateur dans l'architecture, les logiciels de simulation de consommation d'énergie et les prometteuses centrales domotiques.

J'aborderai concrètement les réelles possibilités pour développer le marché des maisons vertes positives en France. Ainsi, l'un des défis majeurs serait de limiter au maximum notre consommation d'énergie, tout en gardant un confort moderne. Je verrai si 'technologie' pourrait définitivement rimer avec 'écologie'. Je mentionnerai les aides que l'État propose aux particuliers, tant pour la construction que la rénovation. J'analyserai les intérêts de la France à encourager ce genre de construction et les désillusions éventuelles à prévoir.

Je traiterai des nouveaux métiers émergents, venant enrichir un domaine professionnel qui devra littéralement se recycler pour être le plus réactif possible dans les années à venir. Ces méthodes de conception et de construction nécessiteront des orientations nouvelles dans la formation des différents intervenants du milieu.

De grandes enseignes de vente et de distribution de matériaux de construction se convertissent petit à petit. J'étudierai ce nouveau business de la construction, avec notamment les répercussions économiques de la tendance 'écolo' actuelle, afin de cerner comment les entreprises pourraient en faire un avantage concurrentiel. J'interrogerai la profession sur les perspectives réelles de voir des maisons positives intégrer un jour l'ensemble du marché français.

Finalement, une offre répond à une demande. J'observerai les français dans leur ensemble pour tenter de déterminer s'ils semblent prêts à envisager ces nouveaux concepts. L'étude portera donc sur les raisons sociales de l'habitant et ses responsabilités, via un sondage que je diffuserai autour de moi, parmi des proches et des personnalités directement impliquées dans ces nouveaux marchés. Provoquer le questionnement et informer au plus juste, afin de mieux cerner la sociologie d'un échantillon représentatif des français actuels, futurs occupants probables de maisons vertes à énergie positive.



III. Analyse de l'existant

1. Historique de constructions de civilisations anciennes

Dans le passé, les Hommes ont su, plus souvent que l'on ne le pense, s'adapter à des conditions climatiques extrêmes en développant des constructions audacieuses. Ces procédés ancestraux devraient logiquement nous apporter des leçons d'économie d'énergie. Voici décrits ci-dessous les plus exemplaires d'entre eux :

Le patio de l'architecture arabo-andalouse se compose d'une cour fermée ombragée ou couverte d'une canopée de toile. Pendant la nuit, l'air frais le remplit du bas vers le haut, permettant d'y baisser les températures excessives de la journée.

La yourte est une habitation démontable d'Asie Centrale et de Mongolie, formée d'une armature de bois et d'un couvert de feutre aspergé de lait de jument fermenté, afin de l'imperméabiliser, ainsi que de sangles tissées en laine. Cela lui permet de résister aux vents violents tout en isolant convenablement durant les rudes hivers et les étés torrides.

Les Inuits ont fait preuve d'adaptation et d'ingéniosité avec leur igloo typique, idéal pour combattre le froid polaire. Paradoxalement, cet hémisphère de glace, de part sa forme aérodynamique, limite la résistance (frottements) au blizzard sur ses parois extérieures tandis que la chaleur (feu) est conservée à l'intérieur par accumulation dans le dôme ainsi formé.

Les huttes Mongolu des Pygmées Akkas sont conçues de fines tiges courbées en forme de demi-sphères plantées dans le sol et recouvertes de larges feuilles, maintenues par des cordelettes d'écorces. Cet habitat écologique protège de la pluie incessante et de la chaleur tropicale.

Les moucharabiehs arpentent les fenêtres des maisons arabes pour diminuer la lumière et la chaleur excessive. Ces treillages, constitués de balustres de bobines et de baguettes retenues par des chevilles, réduisent les rayons du soleil, limitant alors l'excès de chaleur.

De l'Andalousie espagnole aux provinces chinoises de Shanki, les maisons troglodytiques sont armées pour le climat. Ces habitats, creusés à même la roche ou la montagne, bénéficient de l'inertie thermique naturelle importante de la terre qui leur garantit une température stable toute l'année.

2. Construction traditionnelle

En France, au lendemain de la Seconde Guerre Mondiale, 550 000 logements sont à reconstruire. Le béton s'impose de part son faible coût de fabrication et sa facilité de pose, ne requérant pas de main d'œuvre qualifiée.

Encore de nos jours, la majorité des maisons françaises sont toujours conçues sur le même modèle avec ce matériau : une dalle de béton sur le sol pour des fondations solides, des piliers en béton armé servant de contreventements, du béton aggloméré et des parpaings en béton pour les murs.



Très facilement devenu leader pour la construction depuis les années 1950, le béton reste pourtant un isolant médiocre à la fabrication, de plus fortement émettrice en CO₂. C'est pourquoi, désormais, il serait préférable de repenser la logique traditionnelle de construction, en commençant par choisir des matériaux plus performants.

3. Environnement

3.1 Problèmes

Depuis des millénaires, la planète Terre a subi de nombreux dérèglements, signes de son façonnement naturel et de ses transformations successives.

Cependant, selon les grandes pensées scientifiques contemporaines, l'impact sans cesse croissant de l'activité humaine de ces cent dernières années jouerait un rôle non négligeable dans les changements naturels les plus récents, pour ne pas dire actuels. Ainsi, les forts bouleversements climatiques observés depuis les années 1970, qui semblent n'aller qu'en s'accroissant, n'auraient pas dû se dérouler sur une période aussi courte (100 à 200 années environ) à l'échelle des 4,55 milliards d'années estimées de notre planète bleue. Ces inquiétudes sont accentuées par les études des précédentes périodes de transformations brutales des conditions environnementales, sur l'ensemble du globe, qui se déroulaient au minimum sur des dizaines de milliers d'années, voire des centaines de milliers. De tels changements radicaux sur la biosphère impliquèrent des séries d'extinctions de masse d'espèces végétales, puis d'espèces animales lorsque la chaîne alimentaire finit irrémédiablement par se rompre.

Bien qu'un élan global pro-écologie pour la protection de la planète se réveille peu à peu dans toutes les grandes sociétés responsables du Monde, c'est principalement cette notion de risque majeur pour l'espèce humaine, de plus en plus déterminée par son environnement d'évolution, qui participera aux réelles volontés de changements nécessaires de nos modes de vie et de consommation d'énergies de tous types.

Définitivement ancré dans la conscience collective, après l'avènement puis les désillusions de l'an 2000, l'impact de l'espèce humaine sur la Nature répondrait finalement, voire à peine, à la violence de cette dernière à chaque fois qu'elle 's'exprime' aux Hommes. L'ère industrielle du début du XX^{ème} siècle, et ses conséquences, serait l'un des premiers causes concrètes d'un emballement général de la 'machine naturelle'. Alors, la banquise fond trop précipitamment dans les pôles, les glaciers reculent dans les plus hauts massifs, la grande barrière de corail du Pacifique (écosystème marin indispensable) se détériore irrémédiablement, les grands courants marins modifient leur course, les cyclones s'aggravent en intensité et en fréquence, d'immenses incendies ravagent les forêts des zones tempérées (véritables 'poumons' de la planète) bien trop souvent pour qu'elles ne puissent se renouveler.-

La France n'est pas épargnée. Située dans une zone géographique où le climat est tempéré, les phénomènes météorologiques extrêmes semblent s'y multiplier. Pour principaux exemples, de part leur traumatisme sur la population, sont notables les tempêtes de Décembre 1999 (près de 100 morts et 15 milliards d'euros de dégâts) et Janvier 2009 (des milliers d'hectares de forêts à nouveau, ou définitivement, détruites), mais également la canicule exceptionnelle de l'été



2003 avec de graves conséquences (10000 morts directes ou indirectes, records de pic d'ozone, augmentation des feux de forêts).

Comme rappelé précédemment, la planète a connu de grandes périodes de fortes glaciations mais également de grandes sécheresses. Mais le phénomène actuel semble, par sa **rapidité et son ampleur**, bel et bien dépasser tous ces épisodes de ces 400 000 dernières années.

Au cours du XX^{ème} siècle uniquement, la température moyenne sur la planète Terre a augmenté de 0,6 °C, suivant les zones géographiques. L'étude géologique et biologique des carottes de glace des différentes couches de l'Antarctique (depuis les années 1960-70) corrobore des relevés dans ce sens, et ce sur plusieurs centaines d'années en arrière (plus on creuse en profondeur, plus on remonte le temps). L'effet de serre, phénomène atmosphérique naturel de régulation de la température en surface de la planète par limitation de l'influence du rayonnement solaire, joue un rôle primordial dans le changement climatique global décrit actuellement. Le trou dans la couche d'ozone, principale conséquence du dérèglement du phénomène précité, est devenu la cause inévitable de l'élévation continue des températures sur l'ensemble du globe. A l'échelle de la Terre, cet équilibre pourrait se résorber de lui-même ou s'adapter à de nouvelles conditions d'évolutions. Mais à l'échelle de l'Homme, son adaptabilité s'avèrera inévitable pour parvenir à surmonter ces changements sévères, à plus ou moins long terme. Et ce tout en considérant que nos émissions de gaz à effet de serre deviendraient dès à présent nulles...

3.2 Engagements politiques

En 1992, le Sommet de la Terre de Rio marque une prise de conscience internationale qu'il est temps d'agir pour l'Environnement, en réduisant notablement les émissions de gaz à effet de serre. En 1997, le Protocole de Kyoto traduit cette constatation par des engagements communs. Les pays signataires s'engagent alors à réduire de 5% (en moyenne) leurs émissions respectives entre 2008 et 2012, dans l'objectif de redescendre aux niveaux atteints en 1990. Pour entrer en vigueur, ce protocole doit être ratifié par plus de 55 pays totalisant plus de 55% des émissions. De nombreux états (Union Européenne, Japon, Canada ...) le ratifient en 2002, suivis par la Russie en 2004. Les Etats-Unis ont choisi de s'en retirer dès 2001. Le Protocole de Kyoto est finalement entré en vigueur en février 2005.

Plus localement, en France, le Grenelle de l'Environnement d'Octobre 2007 tente de mettre en place des mesures concrètes favorisant le développement durable. Six groupes ont travaillé sur des sujets divers, dont un qui nous intéressera tout particulièrement : « *lutter contre les changements climatiques et maîtriser la demande d'énergie* ».

Concernant les domaines du bâtiment, l'objectif est donc de réduire la consommation d'énergie et d'accroître l'utilisation des énergies renouvelables. D'un côté, il faut entreprendre des actions pour les rénovations énergétiques des bâtiments existants, et de l'autre encourager les constructions à très basse consommation ou à énergie positive. Plusieurs mesures s'étant déjà mises peu à peu en place, j'en décrirai les principales dans le paragraphe sur les « aides, normes et réglementations ».

4. Contexte économique



La « crise des subprimes » (été 2007 aux Etats-Unis) provoque un écroulement généralisé des valeurs de l'immobilier. Les banques consentent à des emprunts à taux variables pour des ménages modestes qui, lorsque les taux d'intérêts montent brusquement, commencent à ne plus pouvoir rembourser. Mais ces emprunts, dits « toxiques », ont déjà été revendus dans divers packages, provoquant ainsi une irrémédiable faille dans le système.

En octobre 2008, la faillite de Lehman Brothers, grande banque d'investissement américaine, marque le début d'une véritable crise mondiale. Depuis lors, la majorité de l'intégralité des établissements bancaires sont toujours en difficulté, et font appel aux états pour renflouer leurs propres caisses.

Le climat de tension générale s'aggrave avec l'affaire Madoff, un citoyen américain arrêté le 12 décembre 2008 pour fraude. Sa société gère des fonds garantis à des taux de profit de près de 17% par an. Accumulant des pertes, il a alors mis en place un système pyramidal, où les dépôts des nouveaux investisseurs payent les intérêts des premiers ayant intégré la pyramide. Ce n'est que lorsque la majorité des clients souhaitent retirer leur capital, suite à la crise financière, que le système s'écroule sur lui-même. Cette malversation engendre des milliards de dollars de pertes pour des établissements financiers et de multiples actionnaires. En Janvier 2009, les annonces de fraudes se poursuivent avec l'affaire Stanford, ce millionnaire étant accusé d'une escroquerie portant sur 8 milliards de dollars. Quant à Arthur Nadel, il est accusé d'avoir fourni des informations mensongères aux investisseurs concernant l'historique du rendement de ces fonds, en surestimant volontairement de quelque 300 millions de dollars la valeur des investissements dans ces fonds.

Cet état de crise remet en cause le système financier actuel. Des plans de relances se mettent en place dans divers pays pour réamorcer l'économie mondiale, mais on ne peut pas encore prédire un retour à la normalité de la situation économique.

En France, une baisse de l'immobilier s'installe peu à peu, tandis que les banques demandent des garanties de plus en plus élevées pour accorder un prêt immobilier. Les français ont du mal à vendre leur logement, et le problème des crédits relais fait surface. La crise entraîne une baisse de la consommation, car les ménages font bien plus attention à leurs dépenses.

Ainsi, la priorité de la majorité des personnes, dans leur choix financiers, semble s'orienter vers un logement réellement plus économique, aussi bien pour la construction que pour l'entretien futur...

Chaque année la demande en électricité augmente en moyenne de 1.6% en France. Afin de satisfaire ces nouveaux besoins, la capacité de production doit s'accroître, ce qui laisse entrevoir le formidable potentiel des énergies renouvelables. La dynamique du secteur pourrait relancer l'économie.

5. Vers la construction positive

5.1 Tenir compte de l'environnement

Tirer parti de l'environnement plutôt que de le subir, telle est la devise de la maison bioclimatique. Si notre soleil se comporte comme une gigantesque ampoule qui chauffe le globe, il existe aussi d'autres composantes météorologiques comme la pluie ou le vent.



C'est pourquoi un architecte ne devrait pas construire la même maison sur la Côte d'Azur que dans le Nord-Pas-de-Calais. Et bien plus encore, deux maisons dans le même quartier n'auront pas les mêmes caractéristiques de terrain. Par exemple, une maison entourée de bâtiments qui la protège du soleil et du vent ne présentera pas les mêmes caractéristiques bioclimatiques qu'une maison isolée sur une colline.

La première règle consiste à repérer les particularités géographiques (régions, ensoleillement annuel...) d'un lieu puis du terrain (hauteur, végétation environnante ...) afin de profiter des avantages de l'implantation. Par exemple, il faut orienter la façade vers le sud (maximum d'ensoleillement) afin de réduire au maximum la facture énergétique.

Ce concept n'a rien de nouveau, comme on l'a vu précédemment. Nos ancêtres ont su adapter leur habitat à l'environnement pour créer le meilleur confort thermique possible. Sauf que la majorité des bâtiments récents sont construits sans prendre en compte cet environnement, en dépit du bon sens.

5.2 Structure d'une maison verte

La structure gros œuvre est la base de la construction de la maison. C'est pourquoi, il est important de choisir des matériaux à forte inertie thermique. Plusieurs possibilités existent en matière de construction écologique.

- Le bois

Les qualités d'isolation et le faible coût de construction font du bois un excellent matériau. On l'utilise par deux techniques principales:

La maison à ossature bois, qui se bâtit à partir d'un squelette formé de petites poutres de bois verticales, séparées de 40 à 60 cm, entre lesquelles sont placées les matériaux isolants. Puis viennent les parois extérieures et intérieures, matérialisées par des panneaux de bois.

Souvent appelée chalet, une maison en bois massif est constituée de murs en bois montés par empilement de rondins (finitions lisse), de madriers (finition rectangulaire) ou de fustes (finition rustique). Derrière la paroi extérieure, on place l'isolant, puis des planches de bois pour la finition intérieure.

- Structure isolante

L'utilisation de certains matériaux ne nécessite pas d'isolation supplémentaire des parois :

Composée de terre et d'eau, la brique monomur présente de multiples alvéoles. En hiver, elle absorbe la chaleur du chauffage et la rediffuse dans la maison. En été, elle régule, de manière naturelle, la température et permet de garder la fraîcheur à l'intérieur de l'habitation.

La paille se révèle être un excellent choix : à la fois économique et facile à mettre en œuvre. Les ballots sont montés les uns sur les autres et assemblés avec un mortier à la chaux. Les joints sont épais afin d'obtenir une certaine solidité. Les faces, intérieure et extérieure, sont

enduites de plusieurs couches de mortier. Ainsi on obtient un immense bloc coulé en place avec un ballot de paille à l'intérieur.

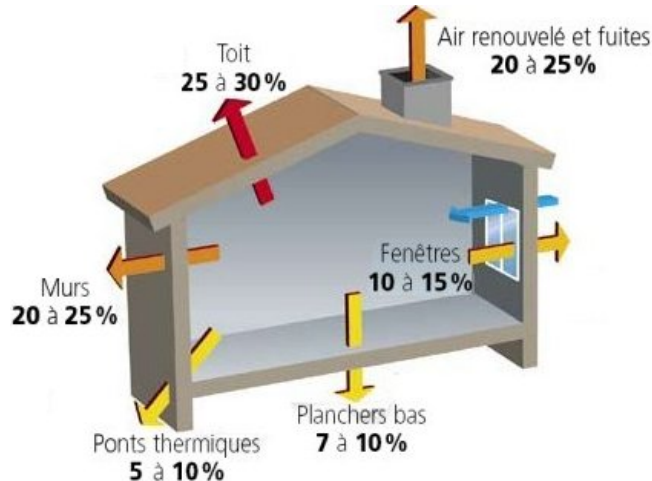
Composée d'un mélange de chanvre et de chaux, la brique de chanvre a une épaisseur de 10 à 30 cm. Les briques sont montées au mortier de chaux et de sable. La terre crue peut également être utilisée sous diverses formes (bloc de terre comprimée, pisé, adobes, torchis). Elle régule la température grâce à son inertie thermique.

5.3 Isolation

L'isolation est la base d'une rénovation, et une maison positive est forcément conçue avec une forte isolation. Une bonne isolation thermique permet de réduire les déperditions et d'améliorer le confort. L'hiver, les besoins en chauffage sont diminués, et l'été l'isolation assure une barrière contre la chaleur extérieure. De plus, une maison bien isolée nécessite moins de travaux d'entretien, et ses nuisances sonores sont diminuées. Enfin, une bonne isolation rime avec une bonne ventilation. Cela réduit les risques de condensation et améliore la qualité de l'air pour l'occupant. Ainsi, la maison sera à l'abri de l'humidité et des moisissures.

Les calories profitent du moindre point faible pour s'échapper. D'après le schéma ci-dessous, on peut identifier les principales sources de déperditions. Les parois non isolées sont froides l'hiver et chaudes l'été, ce qui provoque un inconfort. Il faut minimiser ces ponts thermiques.

Perte de chaleur d'une maison individuelle non isolée (source ADEME).



Le choix des matériaux est primordial. Pour choisir un produit isolant, on prend en compte sa résistance thermique (R) figurant sur l'étiquette du produit. Plus sa valeur est élevée, plus le matériau sera isolant. La résistance thermique d'un matériau isolant est d'autant plus importante que son épaisseur est grande, et que son coefficient de conductivité (λ) est faible. Pour les parois vitrées, c'est le coefficient de transmission thermique U qui qualifie la performance isolante : plus U est faible, meilleure sera l'isolation.

L'isolation de la toiture est un objectif prioritaire, tout simplement parce que l'air chaud monte. Si les combles ne sont pas utilisés, on peut poser l'isolant directement au-dessus du plafond, en vrac ou en rouleaux. Sinon, mieux vaut poser l'isolant sur le toit. Plusieurs



isolants naturels existent : chanvre, laine de mouton, fibre de bois, plumes d'oie, lin, coco, liège, laine de coton. Ils ne provoquent pas d'irritation (contrairement à d'autres matériaux).

Une toiture végétale peut apporter l'isolation recherchée. Elle se compose d'une couche d'étanchéité matérialisée par une membrane étanche. Une couche drainante (graviers, mousse..) est installée par-dessus, elle permet d'évacuer les eaux superflues issues du complexe végétale. Sur l'élément drainant, se trouve un filtre, il s'agit d'une membrane géotextile qui évite que le drainage ne se bouche. Enfin, se trouve sur le dessus un substrat constitué d'un mélange de minéraux à pores ouverts, dont la composition dépend du choix de la végétation. Ainsi, cette toiture verte améliore la performance thermique. Grâce à la photosynthèse elle augmente la production d'oxygène et diminue le taux de CO₂. De plus, elle sert d'isolant phonique en atténuant les bruits venant de l'extérieur.

Les déperditions sont beaucoup moins importantes par le sol que par le toit, néanmoins l'isolation du sol apporte un réel gain de confort. En effet, les habitants sont en contact direct avec le plancher, et un sol froid pousse à augmenter le chauffage. Parmi les matériaux écologiques pouvant être utilisés on trouve : le bois, le chanvre, la laine de lin, la laine de mouton, le liège ou encore la ouate de cellulose.

Plusieurs techniques permettent d'isoler les parois de l'habitat ancien (déjà existant). L'isolation des murs par l'intérieur peut être utilisée quand le ravalement extérieur est en bon état. Si les enduits muraux sont défectueux, l'isolation par l'extérieur sera bien meilleure. Pour construire une maison, l'isolation des murs dans leur épaisseur semble une bonne solution. Cela permet de construire avec un seul produit, à la fois porteur et isolant.

Sur le même principe que la toiture, le mur végétal améliore les performances thermiques et acoustiques des parois. Constitué de matières organiques et d'acier, il régule les gains et pertes de chaleur de la maison, mais également l'humidité et la qualité de l'air. Modulable et utilisable partout sur différents types de supports (ossature bois, murs en pierre...), il offre une grande liberté de conception.

Une fenêtre mal isolée cause une déperdition d'énergie, mais procure aussi une sensation de froid pour l'habitant. C'est pourquoi l'isolation des fenêtres est une opération rentable tant en terme d'économie d'énergie que de confort. La qualité du verre est primordiale, il doit allier un fort pouvoir d'isolation thermique et profiter de la luminosité du soleil. Il est indispensable d'utiliser au minimum du double vitrage, voire du triple vitrage. Le procédé VIR (vitrage à isolation renforcée) permet d'augmenter nettement les performances du vitrage. Sur un vitrage à isolation renforcée, une fine couche transparente, souvent en argent, est déposée dessus. Cette couche peu émissive réduit les transferts de chaleur via les fenêtres ou les baies vitrées. De plus, le remplacement de l'air (contenu entre les vitrages) par l'argon ou encore mieux par le krypton apporte une amélioration de l'isolation.

Néanmoins, le vitrage ne fait pas tout dans l'isolation. La performance thermique d'une fenêtre dépend aussi de la nature de la menuiserie, de la qualité de la mise en œuvre de la fenêtre, et de la nature des fermetures (volets, persiennes). Il est important que le pourtour reliant le vitrage au cadre de la fenêtre soit bien étanche.

Comme dit précédemment, une bonne ventilation est essentielle dans l'isolation d'une maison. La VMC double-flux permet de limiter les pertes de chaleur inhérentes à la ventilation : elle récupère la chaleur de l'air extrait de la maison et l'utilise pour réchauffer



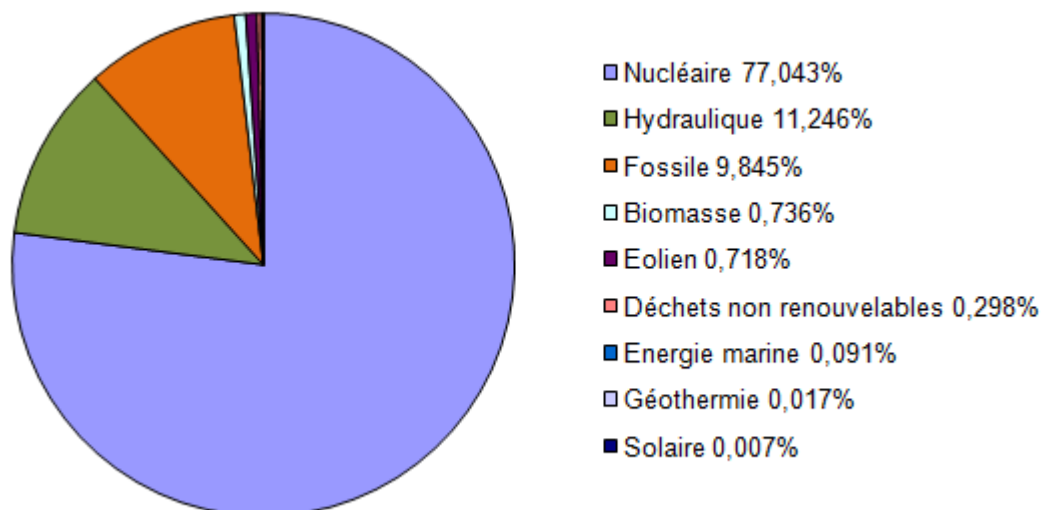
l'air neuf filtré venant de l'extérieur. Un ventilateur pulse cet air préchauffé dans les diverses pièces de l'habitat par le biais de bouches d'insufflation. Cet équipement permet de réaliser des économies de chauffage importantes: en récupérant jusqu'à 70 % (90 % dans les systèmes haute performance) de l'énergie contenue dans l'air vicié extrait et en profitant de la chaleur dégagée par la cuisson ou la toilette.

5.3 Produire de l'énergie

- Structure de la production d'électricité

Avec 570,852 TWh d'électricité produite en 2007, la France est le deuxième plus gros producteur européen derrière l'Allemagne. Une des particularités de la France est la part prépondérante du nucléaire. Les énergies renouvelables représentent seulement 12,81% de la production totale.

Structure de la production d'électricité française en 2007 (source Energies Renouvelables).



Les énergies renouvelables sont qualifiées d'énergies « flux », par opposition aux énergies « stock » constitué de combustibles limités (nucléaire, fossile, déchets non renouvelables). Non seulement ces dernières engendrent des effets néfastes sur notre planète, mais en plus, elles ne suffiront plus à satisfaire notre besoin croissant en électricité. Selon les estimations, elles seront épuisées dans une soixantaine d'années, si on continue à les utiliser de la même manière. Il apparaît donc important de se pencher vers ces nouvelles sources d'énergies, encore trop peu exploitées dans notre pays.

- L'éolien

Les aérogénératrices modernes, appelées couramment éoliennes, permettent une production électrique décentralisée, sans aucune émission de gaz à effet de serre.

Une grande éolienne est constituée d'un mât de 50 à 110 m de haut. À son sommet se trouve une nacelle équipée d'un rotor à axe horizontal, à trois pales. Le vent fait tourner les pales, d'un diamètre de 40 à 120 m, entre 10 et 25 tours par minute. L'énergie mécanique produite



est transformée en énergie électrique dans la nacelle grâce à une génératrice, sur le même principe que les barrages hydroélectriques, ou plus simplement la dynamo d'une bicyclette.

La production d'une éolienne dépend donc de la vitesse du vent, du rendement de son rotor et de la surface déployée via ses pales. Certes, mieux vaut habiter une région suffisamment ventée pour avoir de l'électricité en quantité intéressante mais on peut utiliser l'éolien dans toute la France grâce aux nouvelles éoliennes qui offrent un rendement nettement meilleur (productives avec un vent de 3 m/s seulement). De plus, les génératrices nécessitent peu d'entretien.

- Le solaire

L'énergie la mieux répartie dans le monde, le soleil, peut être utilisée de deux façons différentes : la conversion thermique et le photovoltaïque.

Le solaire thermique convertit le rayonnement solaire en énergie calorifique grâce à des capteurs solaires. Ils se composent d'un absorbeur (surface de couleur foncée), placé généralement derrière une vitre. La chaleur absorbée par la surface noire se transmet dans un fluide caloporteur. Deux types de capteurs existent : le capteur à eau (le plus utilisé), et celui à air. Le chauffe-eau solaire utilise cette technique pour chauffer l'eau contenue dans un ballon de stockage, qui assure les besoins en eau chaude. D'autres systèmes, comme le solaire combiné, permettent de couvrir les besoins de chauffage. Les capteurs solaires dits "haute température" produisent de l'électricité par vapeur interposée : quelques grandes centrales de ce type existent dans le monde.

Un panneau solaire est constitué d'un ensemble de cellules photovoltaïques reliées entre elles électriquement. Grâce aux panneaux solaires, l'énergie solaire contenue dans la lumière (photons) se transforme en courant électrique (électrons). Ensuite, un onduleur en courant alternatif transforme le courant et supprime les variations d'intensité, causées par les intermittences du soleil. Puis, le redresseur permet de repasser en courant continu. Enfin, des accumulateurs stockent l'électricité.

Il faut adapter la surface des panneaux à l'ensoleillement de la région, mais il n'est pas nécessaire d'habiter sur la Côte d'Azur pour profiter de l'énergie solaire. Selon la technologie utilisée pour les cellules photovoltaïques (certaines étant moins écologiques que d'autres, au demeurant), le rendement sera plus ou moins optimisé pour s'adapter aux réelles conditions d'éclairement d'un site choisi. La puissance d'un panneau solaire est de l'ordre de 100 à 180 watts par mètre carré. La disposition des panneaux solaires reste primordiale. En effet, les performances varient du simple au double en fonction de l'inclinaison. Pour obtenir un résultat optimal, il faut les placer perpendiculairement au soleil. L'angle dépend de la latitude et de la saison : si on veut plus d'électricité en hiver, il faut un angle plus grand, et inversement en été. Ainsi, le mieux est d'avoir des panneaux orientables.

Deux possibilités existent pour intégrer des panneaux solaires dans un bâtiment :

- Installation en surimposition
- Panneaux intégrés à la toiture



Chaque solution possède son avantage : la première permet d'orienter les panneaux, la seconde est souvent plus esthétique, et surtout elle permet de bénéficier d'une prime importante de l'Etat.

- La géothermie

Tout comme le Soleil, la Terre nous offre une énergie renouvelable inépuisable. En effet, l'énergie calorifique, contenue dans le sol, est sans cesse renouvelée par le soleil, la pluie et le vent. Ce formidable réservoir d'énergie, installé juste sous nos pieds, peut être utilisé directement sous forme de chaleur ou transformé en électricité, procédé que l'on nomme communément géothermie.

Avant de choisir d'utiliser cette énergie, il faut étudier les caractéristiques du terrain afin d'estimer le potentiel énergétique (nature du terrain, surface, présence ou non d'une nappe phréatique). La température moyenne du sol français se situe généralement entre 10 et 14°C. Plus on explore la croûte terrestre en profondeur, plus la température augmente, en moyenne de 4°C tous les 100 m.

On distingue trois types de géothermie :

- la géothermie à haute énergie (production d'électricité),
- la géothermie à basse énergie (production de chaleur pour chauffage urbain),
- la géothermie à très basse énergie (production de chaleur individuelle).

Pour ce qui nous concerne, il s'agit de la géothermie à très basse énergie qui nécessite la mise en place d'une pompe à chaleur. Celle-ci puise à quelques dizaines, voire des centaines de mètres de profondeur, l'énergie calorifique pour climatiser, chauffer (chauffage au sol, eau chaude). Cela requiert un peu d'énergie électrique, en moyenne 30%, et l'utilisation d'un fluide frigorigène dont le changement d'état (de liquide à gazeux) permet d'augmenter la température.

Il existe trois différentes techniques :

Le système sol/sol fonctionne avec une pompe à chaleur (compresseur évolué), un évaporateur (matérialisé par un capteur extérieur), un condenseur (restituant la chaleur dans l'habitat) et un détendeur (diminuant la pression dans les canalisations). Le fluide traverse les tuyauteries. Puis il parcourt le capteur extérieur, et sort en basse pression jusqu'au détendeur. Etant froid, le fluide se réchauffe au contact du sol, jusqu'à son point d'ébullition pour se transformer en vapeur. Grâce à ce changement d'état, le fluide prélève l'énergie contenue dans la terre. En effet, toute vapeur absorbe de la chaleur. Le compresseur aspire cette vapeur, puis la comprime, élevant encore la température, pour la refouler à haute pression vers le parquet chauffant de la maison. Sous la pression, la vapeur se transforme en état liquide et se refroidit, ainsi l'énergie accumulée se libère; puisque un gaz qui se liquéfie dégage de la chaleur. Cette technique ne permet pas de climatiser, ni même de régler le chauffage pièce par pièce.

La solution sol/eau se base sur le même principe. Un capteur enterré, dans lequel circule le fluide frigorigène, capte l'énergie dans le sol. Ensuite, le fluide transmet la chaleur vers un générateur libérant l'énergie. La chaleur est conduite dans la maison par un circuit hydraulique alimentant un plancher chauffant, ou des radiateurs.



La technique eau /eau utilise deux circuits hydrauliques. Le premier à l'extérieur constitue le capteur enterré. De l'eau glycolée (additionnée d'antigel) permet le transport de l'énergie du sol vers le fluide frigorigène. Le deuxième se situe dans la maison, alimentant soit un plancher chauffant, soit des radiateurs.

Comme nous l'avons expliqué, la pompe à chaleur prélève la chaleur de la terre pour la restituer vers le logement. Si le principe est inversé, alors la pompe fonctionne comme un climatiseur. Les pompes à chaleur réversibles permettent d'utiliser ces fonctions dans un système sol/eau ou eau/eau.

- La biomasse

La biomasse rassemble l'ensemble des matières organiques pouvant se transformer en sources d'énergies. Les principaux matériaux utilisés comme sources d'énergies sont le bois et la paille, qui peuvent être brûlés pour produire de la chaleur ou de l'électricité.

Pendant des millénaires, le bois était la source principale d'énergie des hommes et il est encore très utilisé. Le bois de chauffage, appelé « bois-énergie », peut être utilisé avec différents appareils (cheminée, chaudière, insert, poêle...). Il faut cependant veiller à choisir un équipement dont les émissions polluantes seront quasi nulles.

Le bois peut aussi servir à produire de l'électricité, le feu engendre de la vapeur, qui fait tourner des turbines, générant du courant. Néanmoins, ce système a un rendement assez faible. Plus performante, la nouvelle machine à cogénération domestique, alimentée aux granulés de bois, permet de produire de l'électricité et de la chaleur.

L'utilisation de 4 m³ de bois pour chauffer économise 1 tonne de pétrole (tep) en moyenne. De plus, cette technique permet de lutter doublement contre l'effet de serre : en effet, grâce à la photosynthèse, les végétaux absorbent du gaz carbonique et rejettent de l'oxygène. Une tonne de bois produite réduit le CO₂ de 0,5 tonne.

En France, le bois est une énergie renouvelable puisque le prélèvement forestier reste inférieur à l'accroissement naturel de la forêt, mais ce n'est pas le cas partout dans le Monde.

D'autres formes de biomasses existent :

- le biogaz issu de la fermentation des déchets organiques
- les biocarburants tirés des plantes cultivées (colza, tournesol, betterave...)
- le biodiesel : éthanol, éthyl-tertio-butyl-ether... (souvent mélangés à de l'essence)

- L'Hydraulique

Autrefois utilisée pour moulin le grain (moulin à eau), la force motrice de l'eau peut être utilisée pour produire de l'électricité grâce à des barrages hydrauliques.

La quantité d'énergie produite est fonction de 2 facteurs : la hauteur de chute et le débit du cours d'eau. Ainsi une faible quantité d'eau tombant de haut produit autant d'électricité que beaucoup d'eau dévalant un faible dénivelé.



L'eau récupérée descend jusqu'au site de production, et fait tourner une turbine, ce qui produit de l'énergie mécanique, ensuite transformée, grâce à un alternateur, en électricité.

Une usine marémotrice fonctionne sur le même principe qu'une centrale hydraulique, mais avec l'eau de mer en fonction des marées. A marée montante, la mer envahit le bassin, tandis que le barrage est fermé à marée basse. Cette solution possède un avantage sur les simples centrales hydrauliques, car elle est prévisible longtemps à l'avance. Pour le moment, cette technique est très peu développée (barrage de la Rance en France). Même si le potentiel est difficile à calculer, on estime qu'il pourrait se situer entre 500 et 1000 TWh/an.

- L'eau de pluie

En France, nous consommons en moyenne 150 à 200 litres d'eau par jour et par personne, directement fournie par les services généraux de distribution des eaux. Cette ressource précieuse, souvent critique mais vitale pour les espèces vivantes, pourrait être directement entretenue de manière individuelle, via un réservoir de récupération des eaux de pluie.

Le principe est simple : la pluie qui tombe sur le toit de la maison est récupérée dans des gouttières reliées à une cuve. Une pompe électrique achemine l'eau de la cuve vers la maison où elle alimente les sanitaires et appareils ménagers (lave-linge, douche, WC...). L'eau de pluie étant impropre à la consommation, on ne peut pas la boire directement, à moins d'installer un filtre à osmose.

De plus, comme l'eau de pluie n'est pas calcaire, elle évitera l'entartrage et permet d'économiser de la lessive (on peut utiliser 40% de détergents en moins avec de l'eau douce). Selon les besoins, il existe différents types de cuves et de différentes tailles (300 à 100 000 litres). Les citernes extérieures doivent être vidées en hiver en raison du gel, c'est pourquoi il est préférable d'utiliser les citernes d'intérieur ou enterrées, pouvant ainsi être utilisées toute l'année.

5.4 Eco-gestes

Afin que la maison soit la moins nocive possible pour l'Environnement, l'habitant doit adopter un comportement éco-citoyen. Il est très important de surveiller la consommation de chauffage et d'électricité, afin d'éviter les gaspillages. Mais il existe d'autres moyens pour aider à préserver la planète.

Certaines habitudes entraînent des dépenses inutiles de l'eau. Par exemple, laisser couler l'eau pendant le brossage des dents ou le rasage consomme 12 litres d'eau à la minute. La simple utilisation d'un verre à dent permet d'économiser 10 000 litres d'eau par an et beaucoup d'énergie. Il faut aussi privilégier la douche plus économique : 50 litres d'eau au lieu de 150 litres pour un bain. Une utilisation du lave-vaisselle consomme en moyenne moins d'eau, 15 à 19 litres, que faire la vaisselle à la main (30 à 80 litres).

Différents appareils ont été conçus pour optimiser et raisonner les débits d'eau. Ils s'adaptent, pour la plupart, directement sur la robinetterie. Une pomme de douche avec aérateur permet d'économiser 30% à 40%, l'injection de bulles d'air donnant la sensation d'utiliser la même quantité d'eau. Sur le même principe, les « mousseurs » sont des réducteurs de débit à



installer sur les robinets. Ils permettent, en mélangeant de l'air avec de l'eau, de réduire le débit de moitié (de 13 l/min à 6 l/min) sans réduire le confort. Enfin, l'équipement des toilettes d'un mécanisme de chasse d'eau économique permet d'utiliser 3 à 6 litres d'eau au lieu de 10 litres. De plus, économiser de l'eau entraîne aussi un gain d'énergie : le traitement et la distribution de l'eau nécessitent des installations consommant beaucoup d'énergie.

La consommation d'électricité peut être réduite par de simples gestes. Il est important de choisir des équipements électroménagers peu consommateurs. Des étiquettes de A à G indiquent leur consommation d'énergie. Il existe aussi les lettres A+ et A++ pour des produits dont la consommation énergétique est très économe. Un appareil A+ consomme 25% d'énergie en moins qu'un appareil de classe A. De même, un appareil A++ consomme 20% de moins qu'un A+.

L'éclairage constitue une part importante dans la consommation d'électricité. Les ampoules basse consommation permettent de dépenser 4 à 5 fois moins d'énergie pour la même qualité de lumière. Certes plus coûteuse à l'achat, une ampoule basse consommation dure en moyenne 6 fois plus longtemps. Par ailleurs, une ampoule bien dépoussiérée offre 40% d'éclairage supplémentaire. Les lampes sont dotées d'une étiquette énergie qui indique leur niveau en terme d'économie d'énergie, classé selon six catégories : de la classe A à la G.

Certaines astuces permettent de réduire la consommation d'énergie. Par exemple, quatre millimètres de givre dans un congélateur ou un réfrigérateur entraîne une surconsommation d'électricité pouvant atteindre les 50%, il est donc primordial de dégivrer régulièrement les appareils. Quand on fait chauffer une casserole, il ne faut pas oublier de mettre un couvercle ; la chaleur se diffusera plus rapidement et la consommation diminuera (d'environ 30 %). Il faut privilégier le micro-ondes pour réchauffer plutôt que le four traditionnel, c'est 5 fois moins d'énergie utilisée. Il faut privilégier les plaques à induction plus économiques que les plaques électriques, qui continuent de chauffer inutilement (énergie perdue) après utilisation et consomment deux fois plus que les premières.

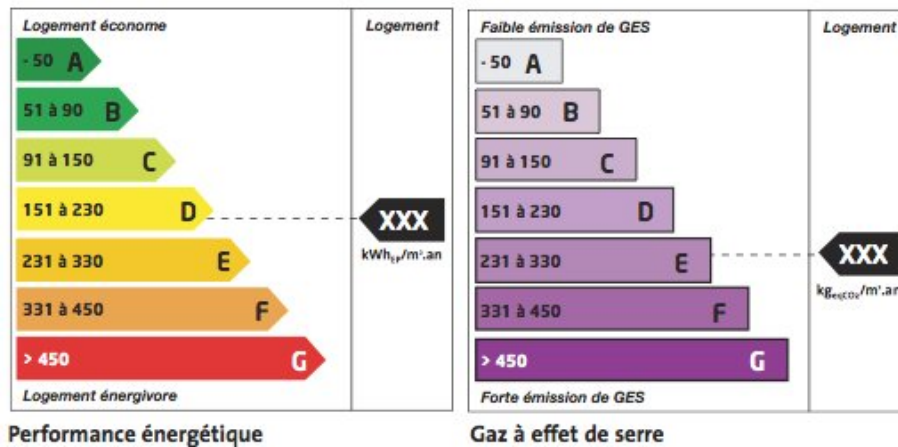
5.5 Aides, normes, réglementations

- Règlementations

La réglementation thermique 2005, dite RT 2005 est obligatoire depuis le 1^{er} Septembre 2006 pour toute construction neuve, et encourage l'amélioration et la rénovation des bâtiments existants. Depuis Novembre 2007, elle vise à améliorer la performance énergétique des bâtiments en imposant une limite de consommation énergétique (appelé Ceperf). Ce calcul se base sur des niveaux de référence permettant une économie d'au moins 15% sur les consommations d'énergie liées au chauffage, la ventilation et l'eau chaude dans les logements. Le constructeur doit justifier la conformité du bâtiment construit par la présentation d'une étude thermique standardisée. Un projet de RT2010 est actuellement en étude, afin d'exiger de meilleures performances énergétiques.

Le diagnostic de performance énergétique (DPE) dresse un état des lieux de la performance énergétique d'un bâtiment, illustré par la double étiquette suivante :

- une étiquette chiffrant la consommation d'énergie du bien
- une étiquette mesurant l'impact de ces consommations sur l'effet de serre



Aujourd'hui, la consommation moyenne des logements français se situe autour de 240 kWh/m². Pour renforcer les mesures d'information, le DPE comprend aussi des recommandations et conseils visant à améliorer la performance énergétique.

Le propriétaire doit remettre à l'acquéreur un diagnostic de performance énergétique à l'occasion de la vente d'un logement, depuis le 1^{er} Novembre 2006, et lors de la signature d'un contrat de location depuis le 1^{er} Juillet 2007. La durée de validité d'un DPE est de 10 ans. Dans un souci d'objectivité, les personnes réalisant des DPE doivent être indépendantes, et leurs compétences doivent être certifiées depuis le 1^{er} Novembre 2007.

La consommation des appareils et veille et en arrêt branché représente 1% des émissions CO₂ dans le monde. Afin d'y remédier, la directive européenne entrée en vigueur le 7 janvier 2009, limite la consommation d'électricité des nouveaux équipements en mode arrêt à 1 watt et 2 Watt pour la veille.

- Labels, démarches

Le label « haute performance énergétique », dit HPE, atteste le respect d'un niveau de performance énergétique globale supérieur à l'exigence réglementaire fixée par la RT 2005.

Ce label se décline en plusieurs niveaux :

- Le label « haute performance énergétique, HPE 2005 » correspond à une consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 10% à la consommation conventionnelle RT 2005.
- Le label « très haute performance énergétique, THPE 2005 » correspond à une consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 20%.

Pour aller plus loin, le label « EnR », associé à ces deux labels de performance énergétique, atteste du recours aux énergies renouvelables. Quant au nouveau label « bâtiment basse consommation, BBC 2005 », il correspond à une consommation d'énergie inférieure de 50% à la RT 2005, il s'allie avec le label « Effinergie ».



En supplément, tous ces labels attestent la conformité des bâtiments nouveaux à un référentiel qui intègre les exigences de sécurité, de durabilité et des conditions d'exploitation des installations de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire, de climatisation et d'éclairage ou encore de la qualité globale de l'habitat.

La Haute Qualité Environnementale (HQE) est un concept qui apparaît au début des années 90, et qui se démocratise grâce à l'association HQE. Il s'agit d'une démarche volontaire de construire en tenant compte de l'ensemble des préoccupations environnementales. Une certification « NF MI – Démarche HQE »¹ fonctionne avec succès depuis fin 1999.

Ces deux démarches diffèrent, mais elles sont compatibles et complémentaires.

- Aides

Propriétaires ou locataires, dans des logements neufs ou anciens, peuvent bénéficier d'aides pour réaliser un projet permettant une meilleure maîtrise de l'énergie.

Lors de travaux, avec achats de fournitures, visant à réduire les effets de serre, deux formes de réduction d'impôt existent : la facturation avec une TVA réduite à 5,5% et le crédit d'impôts. Celui qui paie des impôts verra une partie des dépenses des matériaux déduite de ses impôts, tandis que celui qui n'en paie pas, sera remboursé de la même somme avec un chèque ou un virement du Trésor Public.

Plusieurs autres sources de financements visent à développer la performance énergétique. Des aides peuvent être octroyées par divers organismes comme l'ADEME (agence de l'environnement et de la maîtrise d'énergie), l'ANAH (agence nationale de l'habitat). Par ailleurs, les collectivités comme les régions, les départements et les communes accordent de temps en temps des subventions. La CAF peut consentir à des prêts pour les ménages modestes afin de les accompagner dans leur projet écologique. Des prêts à taux privilégiés peuvent également être consentis par les fournisseurs d'énergie (EDF, GDF...).

Le gouvernement français vient d'adopter l'éco-prêt à taux zéro pour les particuliers. D'une durée de dix ans, pouvant être étendue jusqu'à quinze ans par la banque, ce prêt peut financer jusqu'à 30.000€ de travaux destinés à améliorer l'efficacité énergétique d'une habitation.

De plus, EDF rachète l'énergie non consommée produite par des énergies renouvelables (solaire, éolien, etc...), à un tarif préférentiel.

5.6 Rôle de l'informatique

- Des logiciels pour concevoir une maison économe en énergie

L'architecture d'une maison peut être préparée grâce à la Conception Assistée par Ordinateur. Les logiciels CAO permettent de dessiner les plans, les coupes, les façades, et générer les perspectives et les vues en trois dimensions de la maison. On peut choisir des contraintes techniques et architecturales, et inclure les équipements utilisant des énergies renouvelables.

¹ MI : Maison Individuelle



Certains logiciels permettent de choisir la taille des fenêtres en fonction de la consommation d'énergie, ou de designer des brise-soleil.

Des logiciels permettent de simuler la consommation d'énergie d'un bâtiment. Ils analysent les performances thermiques d'un habitat selon des conditions climatiques diverses. Ils peuvent prédire par exemple le trajet du soleil. Ces outils étudient les méthodes de chauffage et de climatisation, de conditionnement d'air et de ventilation et les matériaux d'isolation. Ainsi, l'objectif est de prédire la consommation d'énergie.

En outre, certains logiciels comme *Clima Win*, comparent le projet avec la norme RT2005, et indiquent quel label peut être obtenu. Par ailleurs, des logiciels comme *Elodie* permettent de mesurer l'impact sur le CO₂ d'une construction.

Le Centre de la technologie de l'énergie et des ressources naturelles de CANMET (Canada) a développé un logiciel d'aide à la construction économe en énergie : *RETScreen*. Cet outil permet d'évaluer la production et les économies d'énergies, le coût, les réductions des émissions, la viabilité financière et l'efficacité énergétique d'une construction. Ce logiciel gratuit et disponible en plusieurs langues, contient des bases de données de nombreux produits et projets.

- La domotique au service des économies d'énergies

Les progrès technologiques ont permis le développement de systèmes intelligents dans notre domicile. Ces services, regroupés sous le terme domotique, concernent plusieurs domaines tels que la sécurité, la communication, le confort mais aussi la gestion de l'énergie consommée.

Le principe de l'économie d'énergie grâce à la domotique, c'est avant tout limiter une énergie dépensée alors qu'elle n'est pas utilisée. En effet, un système domotique peut permettre de lutter contre deux types de gaspillages : celui de l'électricité et du chauffage.

De nombreux petits usages du quotidien (trop vite insignifiants) consomment de l'électricité sans nécessité réelle, comme les lumières oubliées ou allumées en plein jour, un éclairage surdimensionné, des prises alimentées pour des appareils en veille, des appareils enclenchés en cas d'absence....

On retrouve les mêmes gaspillages pour le chauffage avec les pièces non utilisées (et pourtant chauffées), les fenêtres laissées ouvertes, et les problèmes d'adaptation à la température extérieure. Les évolutions du climat peuvent induire des changements très rapides. Un simple passage nuageux, coupant le rayonnement solaire, influence la température de 3 à 5°C. À l'inverse, un ciel découvert permet un réchauffement. Ces variations modifient la température intérieure de la maison selon l'exposition. Ce phénomène se renforce dans une maison dotée d'une bonne isolation et conçue pour profiter du rayonnement solaire. Or en moyenne, 1°C de variation thermique multiplie la consommation par sept.

La domotique peut permettre de réguler ces points : grâce à sa grande précision, elle donne à chaque pièce la chaleur nécessaire en s'adaptant à l'environnement extérieur, ainsi que la lumière selon la présence des habitants. Ce système allie maîtrise de l'énergie et confort.



Un système domotique se compose de boîtiers de commandes encastrés dans les murs et de capteurs, répartis dans tout l'habitat, qui communiquent en filaire (électronique ou CPL) ou en wireless (technologie sans fil). Ils pilotent en temps réel le chauffage, l'éclairage, l'ouverture/fermeture des stores et l'alimentation des prises électriques.

En établissant une liaison entre une sonde extérieure ou un thermostat et un appareil de chauffage (chaudière, radiateur...), le fonctionnement du système de chauffage est régulé afin de maintenir la température de confort souhaitée. Les détecteurs de mouvements du système servent également à la relance automatique du chauffage, mais aussi au passage en mode éco lorsque tout le monde a quitté la maison. Les stores pare-soleil s'ouvrent moins quand le soleil est radieux, de sorte que le chauffage consomme moins d'énergie. Concernant l'éclairage, l'association d'une lampe avec un détecteur de mouvement et un minuteur, permet de commander une lumière à un moment donné pour une durée prédéfinie.

5.7 Limites

Si les maisons passives commencent à se démocratiser en France, la maison verte positive semble un concept isolé. En effet, que ce soit lors des salons de l'habitat, ou des offres de constructeurs, la maison positive est à peine abordée, quant au concept d'habitat positif et vert, il semble encore à l'étude.

Voici les différentes limites que j'ai pu recueillir lors de mes entretiens et sondages auprès de personnes, enrichies par mes recherches personnelles.

- Prix

Si les maisons positives sont rentables au bout de quelques années, elle nécessite un investissement de départ relativement lourd actuellement. Les ménages modestes sont les moins à même de financer des travaux de réhabilitation durable. Ce sont pourtant les premières victimes de la hausse des prix de l'énergie.

Selon le sondage réalisé par BVA pour l'ADEME en juillet 2008, si 97% des français sont favorables aux énergies renouvelables, seulement 30% ont déjà investi dans le domaine ou envisagent de le faire. Le principal frein est le coût des installations, plébiscité par 50% des suffrages. En effet, la majorité des français souhaite un retour d'investissement sur une courte durée (aux alentours de 5 ans). Or, en moyenne l'investissement dans une maison traditionnelle est réellement amorti sur une période beaucoup plus longue, de l'ordre de 10 à 15 ans.

Il paraît donc important d'étudier comment baisser les prix dans ce secteur en pleine évolution.

- Rénovation

L'un des défis majeurs est de rénover le parc ancien. Or, quelques obstacles se heurtent à ces travaux de réhabilitation.



Si la maison est mal orientée et ne profite pas pleinement de son environnement local, il n'y a pas de possibilité de changer son implantation, hormis la destruction puis la reconstruction, ce qui représente un coût très élevé.

L'isolation de la maison peut poser quelques contraintes : par l'intérieur, elle prend de la place sur la superficie habitable ; par l'extérieur, elle modifie les façades et donc la physionomie de la maison.

Même si des économies d'énergie peuvent être réalisées sur une maison ancienne, il semble impossible de la transformer en maison verte positive.

- Règles d'urbanisme

En France, une construction est soumise aux règles d'urbanisme. Ainsi on ne peut pas construire une maison sur n'importe quel terrain, ou de n'importe quelle façon. Chaque construction nécessite, au préalable, l'obtention d'un permis de construire (et/ou de démolir), et certaines régions limitent le design des habitations selon des règles de conservation du patrimoine local.

Le choix de l'orientation de la maison peut difficilement se faire en ville. L'alignement sur la rue et les obligations réglementaires de distances entre les habitations sont des contraintes qui ne permettent pas de choisir l'orientation au sud pour profiter de la lumière et de la chaleur du soleil. Les règles urbanistiques constituent un héritage mis en place par nos anciens architectes.

Certaines énergies renouvelables sont soumises à des réglementations. La pompe à chaleur ainsi que les panneaux solaires s'imposent à la vue et certains règlements d'urbanisme ou des décisions administratives aboutissent à leur interdiction. L'utilisation d'éolienne sur le terrain est réglementée. La hauteur maximum du mat autorisé est de 12m. Au delà, un permis de construire doit être délivré par la mairie, et soumis à l'avis des voisins.

- Ecologie

Toujours dans l'optique de ne pas confondre maison verte et maison positive, je rappelle ici que tous les équipements permettant une meilleure maîtrise de la consommation d'énergie ne sont pas forcément écologiques.

La plupart des équipements producteurs d'énergies renouvelables ont besoin d'une batterie pour stocker l'énergie accumulée. Or, une batterie est difficilement recyclable, suivant la technologie, et une augmentation du marché des énergies renouvelables impliquerait indubitablement une augmentation bien plus importante de ces accumulateurs d'électricité.

Envisager de ne pas stocker ces énergies, pour une habitation individuelle, n'est pas impossible si toutes les sources d'énergies renouvelables sont utilisées de manière optimale et ce pour une production/consommation d'électricité instantanée. La conséquence principale est une perte de confort sur le contrôle des ressources propres à l'habitation : dépendre du climat pour obtenir une énergie plus ou moins constante car non stockée. Pour faire plus simple : avec un système avec accumulation, on conserve ce que l'on ne consomme pas, pour les



phases ou aucune électricité n'est produite, ou bien on le revend à EDF ; mais pour un système sans accumulation, on revend à EDF ce que l'on a en trop et on n'a plus d'énergie jusqu'à une nouvelle production d'électricité (selon les conditions et l'équipement).

Cette dernière situation ne peut pas être envisagée pour promouvoir l'investissement des futurs constructeurs/habitants dans les énergies renouvelables. Toutefois, des systèmes de stockage et de répartition de ces énergies pourraient être envisageables pour un ensemble d'habitations individuelles, avec une répartition suivant les besoins entre chaque habitation d'un même quartier ou lotissement, par exemple. Ce principe est déjà d'actualité pour les futurs immeubles des grandes villes, où d'immenses panneaux solaires fournissent de l'électricité qui est ensuite répartie selon les besoins des différents appartements.

La construction de barrages hydrauliques ou de centrales solaires a souvent un impact écologique non négligeable sur l'environnement.

La plupart du temps, les études thermiques ne prennent pas en compte l'énergie grise. Néanmoins, il est possible de se renseigner sur l'impact écologique des matériaux de construction. En effet, les industriels producteurs doivent fournir une déclaration environnementale sur leurs produits de construction suivant une norme, publiée par l'AFNOR, référencée NF P01-010. L'ensemble de ces données environnementales et sanitaires disponibles est restitué dans une base de données, dénommée INIES, accessible gratuitement sur Internet. Cependant, cette base, fondée sur les déclarations des industriels, n'est pas audité.

Construire une maison la plus verte possible suppose de choisir des produits écologiques même en dehors des équipements directement liés à la consommation énergies, tel que la décoration. Par exemple, privilégier les peintures bios qui ont une fabrication moins dommageable pour l'Environnement que les peintures chimiques. Les écolabels environnementaux officiels garantissent la bonne qualité du produit et un impact limité sur l'Environnement. Ils sont au nombre de deux en France : NF Environnement et l'Ecolabel Européen. Il est primordial de consommer en priorité des produits locaux, qui consommeront moins d'énergie pour le transport. Par exemple, lors des achats de fruits et légumes, il faut favoriser les produits de saisons et cultivés localement, à l'instar des locavores (mouvement originaire de Californie) qui consomment à moins de 160 kilomètres de chez soi et favorise le bio. L'importation des fruits des îles lointaines en plein hiver a de lourdes conséquences sur l'Environnement, de même pour les cultures sous serres.

Il faut aussi minimiser l'utilisation des emballages et des produits jetables (vaisselle, rasoirs, mouchoirs, piles classiques), et privilégier l'achat de produits recyclables. L'habitant doit faire attention à ses déchets et les trier afin de pouvoir en recycler un maximum.

- Acceptation de l'éco habitat par les français

Les français sont tous plus ou moins formatés dans un schéma typique de construction. Le changement est toujours assez difficile à faire accepter aux gens.

Certaines régions ont des traditions de constructions qui ne sont pas compatibles avec une maison positive. Dans le sud, beaucoup de maisons sont ornées de tuiles rouges. Tandis qu'en Bretagne ou dans les Pays de la Loire, la toiture se compose souvent d'ardoises. Le grand



succès de la pierre est à l'origine de la prédominance du béton, ce qui limite les possibilités techniques dans le domaine de la construction économe en énergie.

Les habitants sont souvent attachés à ces modèles de maisons traditionnelles. Des villages entiers sont conçus avec des maisons parfaitement identiques. Parfois, certains habitants sont soumis à une réglementation sur l'esthétisme de leur maison. Ils prennent conseils auprès de grands cabinets d'architectures qui conçoivent ces lotissements. Ils seraient probablement prêts à suivre de nouvelles habitudes si elles viennent à se démocratiser sur d'aussi grands projets.

De plus, la plupart des consommateurs ne prêtent pas attention à la maison positive, parce qu'ils pensent que c'est hors de prix, sans même se renseigner au préalable. Ainsi, il faut mieux informer les français sur les possibilités de ce nouveau marché. Il faut trouver des moyens de donner envie aux français d'investir sur du long terme dans une maison positive.

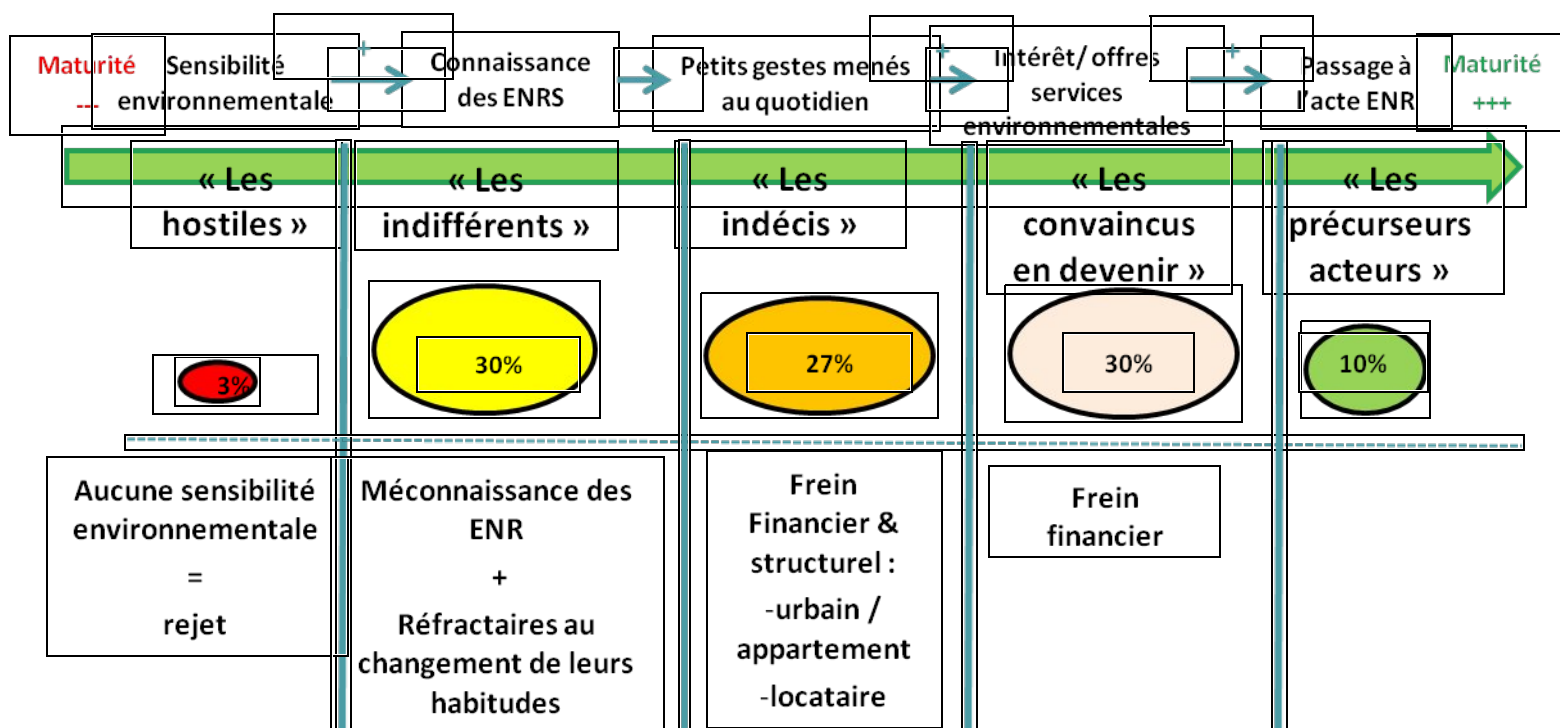
De la même manière, il faut se confronter aux réticences des professionnelles de la construction. Des solutions doivent être trouvées afin de les amener vers le marché de la maison positive.

IV. Description des améliorations

L'un des défis primordiaux, avant toute action globale, est de faire comprendre à chaque français que ses propres gestes quotidiens ont un impact sur la planète, et qu'il peut agir pour le bien-être de tous et l'avenir de ses proches.

1. Analyse de la typologie des français sur l'éco-habitat

Il m'a semblé intéressant de reprendre ce sondage réalisé sur les français en juillet 2008. Voici le bilan de l'ADEME :





Pour les deux groupes suivants, les principaux freins sont économiques et structurels. C'est pourquoi, la solution serait d'aider les investissements.

2. Aider les ménages au financement

L'investissement de départ est souvent freiné par un manque de ressources financières. Or, un coup de pouce financier sous forme de prêt pourrait aider là où l'investissement est rentabilisé par les économies d'énergies. De plus, réduire le système de taxation de la construction (impôt sur le revenu, taxe d'habitation, taxe foncière, TVA) constitue un levier efficace pour promouvoir l'éco-habitat.

Certes, l'Etat a mis en place plusieurs actions pour favoriser des travaux de rénovation, mais elles sont soumises à des règles qui sont beaucoup trop restrictives. Par exemple, l'éco prêt est utilisable seulement pour des maisons construites avant le 1^{er} janvier 1990. De même, l'exonération temporaire de cinq ans, sur décision des collectivités, est valable uniquement pour les logements achevés avant le 1er janvier 1989. Il serait préférable de supprimer les restrictions de date.

Si les crédits d'impôts sont une bonne intention, le ménage n'en bénéficie que l'année suivante de ses achats. Ainsi le prêt bancaire constitue la meilleure solution pour le financement. Les offres bancaires ne sont pas nombreuses pour un prêt d'acquisition d'une maison économe en énergie. De plus, ces offres diffèrent dans chaque banque et selon les régions, si bien qu'il est difficile pour le consommateur de s'y retrouver. L'Etat pourrait mettre en place dans les banques un prêt à taux préférentiel, réservé aux économies d'énergies, avec une réglementation nationale comme le livret A.

Les français ont besoin d'être orientés dans leur rapport au prix. Ils ont la mauvaise habitude de comparer le coût immédiat (coût d'achat) lorsqu'ils mettent en balance deux biens. Ainsi, par exemple, les convecteurs électriques peuvent paraître beaucoup plus économiques qu'une pompe à chaleur. Mais il faut prendre en compte le fait que cet équipement, qui a une durée de vie d'environ 20 ans, coûtera énormément plus cher en utilisation (entretien et énergie). De plus, il est très probable que les prix de l'énergie fossiles augmentent à l'avenir.

Ainsi, beaucoup de ménages s'équipent en chauffage électrique en croyant faire une bonne affaire. De plus, contrairement aux idées reçues, il n'existe pas de radiateurs électriques « à économie d'énergie ». Certains accumulent la chaleur en heures creuses, ce qui explique une baisse de la facturation, et fournissent une chaleur agréable (rayonnement ou bain d'huile, contrairement à la convection). Mais ils consomment toujours la même quantité de kilowattheures. Seule l'isolation de la maison détermine les besoins en chauffage, et non pas le radiateur.

D'autres parties, lors de la construction d'une maison économe en énergies, pourraient être revues à la baisse. Les assureurs ne jouent pas pleinement leur rôle de gestionnaire du risque. Par exemple, lors d'une construction en bois, les tarifs d'assurance construction sont augmentés, ou l'assureur n'indemnise pas l'habitant en cas de problème au moment de conception.

S'ils sont développés à plus grande échelle, les coûts de fabrication des équipements des énergies renouvelables et des matériaux écologiques seront réduits. De plus, lorsque la



concurrence s'installera dans ce domaine, les prix baisseront naturellement, selon la règle de l'offre et de la demande.

3. Accompagner les entreprises

Les entreprises de construction doivent être encouragées à s'orienter vers la maison positive. C'est pourquoi des aides seraient plus qu'utiles pour les entreprises innovantes, et à fort potentiel, positionnées dans les secteurs des énergies renouvelables. Ces aides pourraient prendre plusieurs formes, telles que la réduction des charges ou les crédits à taux préférentiels. L'Etat pourrait également prendre des parts de marchés dans certaines entreprises.

4. Durcir la réglementation en faveur de l'écologie

Afin d'élargir les offres vertes disponibles sur le marché français, les matériaux écologiques devraient être valorisés. La fabrication en France doit être privilégiée, pour réduire le transport ainsi que la pollution liée au trajet des matériaux. On peut imaginer une réglementation qui impose d'afficher les kilomètres de transport entre le lieu de production et le magasin. En effet, l'impact d'un même produit est différent en fonction de la distance parcourue entre sa fabrication et sa distribution.

Les propriétaires bailleurs ne sont pas concernés par la consommation d'énergie pendant la durée de vie du bâtiment. C'est pourquoi ils privilégient souvent l'installation de chauffage électrique dans les logements qu'ils louent. Il faut mettre en place un système qui les incite à économiser l'énergie. Par exemple, instaurer une indexation de la consommation d'énergies des maisons sur la taxe foncière. Les propriétaires qui ne feraient pas attention aux économies d'énergies paieraient plus d'impôts que les autres.

Selon une forte probabilité, ce qui est qualifié de basse consommation aujourd'hui ne sera plus dans le standard des années 2020. Ainsi, pour éviter l'obsolescence, il faudrait développer les niveaux de réglementations. Pour aller plus loin, on pourrait obliger les constructions neuves à être plus écologiques. L'un des principaux problèmes en France est la proportion importante du chauffage électrique (de l'ordre de 30%). Prenons l'exemple du Danemark qui interdit l'installation de chauffages électriques dans les constructions neuves. Il faudrait qu'une labellisation HDE soit le minimum requis lors d'une construction, et que, à terme, les aides soient orientées pour favoriser la maison verte à énergie positive.

D'une manière encore plus radicale, une mesure qui s'avèrerait sûrement efficace serait d'accroître les prix des énergies fossiles, utilisées pour l'habitation, en augmentant la fiscalité. Tout ce qui émet des gaz à effet de serre, ainsi que leurs équipements (radiateurs électriques...), seraient taxés pour dissuader l'usage, un peu à l'image de la taxe sur le tabac. Cependant, cette mesure reste délicate, car elle se heurterait à beaucoup de mécontentement de la part des consommateurs.

5. L'Etat : un modèle à suivre ?



L'Etat français se doit d'occuper une place modeste. C'est pourquoi il serait juste de mieux former les acheteurs publics à l'éco-habitat, et les agents publics à l'éco-utilisation.

Pour montrer l'exemple, les bailleurs sociaux devraient être les premiers à construire et rénover les logements à très basse énergie. D'autant plus qu'une augmentation des coûts de l'énergie touche beaucoup plus sévèrement les ménages aux revenus les plus modestes. Les bailleurs sociaux ont la responsabilité de favoriser le logement, et ils doivent l'assumer.

La France a tout intérêt à développer les énergies renouvelables afin de devenir autosuffisante. Pourtant, l'Etat français est encore loin de viser en priorité la réduction de nos consommations énergétiques et de favoriser les énergies renouvelables. La confirmation d'une deuxième centrale nucléaire ERP du 30 janvier 2009 en est la preuve.

6. Améliorer la technologie

Pour développer le marché de la maison positive, la recherche est fondamentale. L'Etat français doit investir dans ce domaine, et s'appuyer sur les recherches des différents pays.

Trois principaux axes de recherche seraient à étudier :

- l'amélioration de l'efficacité énergétique des procédés industriels et des usages domestiques (éclairage, chauffage, cuisson...)
- le développement des énergies renouvelables
- le piégeage du CO₂ et son stockage afin d'éviter son émission dans l'atmosphère

6.1 Réduire la consommation des technologies

Certaines innovations améliorent l'efficacité énergétique des électroménagers. Les chinois ont inventé une machine sans lessive à l'aide d'un procédé d'électrolyse séparant les composants de l'eau. Les ions OH⁻ attirent et retiennent les salissures, tandis que les ions H⁺ stérilisent le linge. Quant aux britanniques, ils développent une machine fonctionnant avec seulement une tasse d'eau, grâce à l'utilisation de petites pastilles de plastique. Non seulement, ces petits morceaux enlèvent la saleté du linge, mais en plus elle les laisse presque secs. A la fin du cycle, le plastique est évacué, et réutilisé pour la prochaine fois.

6.2 Développer les énergies renouvelables

Certaines techniques pourraient permettre de développer l'utilisation des énergies naturelles. La société Dickson développe un store composé d'une toile recouverte de cellules photovoltaïques. Ce produit permettant de protéger sa maison du rayonnement tout en produisant de l'électricité, devrait être commercialisé fin 2010.

Un bureau d'ingénierie allemand travaille sur la possibilité de combiner l'énergie du vent et l'énergie hydraulique. De cette idée, un concept est né : la pile hydro-éolienne qui produirait de l'énergie verte. Une pile fonctionne par charge et décharge. En présence de vent, l'éolienne produit du courant, alimentant des pompes qui remontent de l'eau dans un bassin. Lorsqu'il



n'y a plus assez de vent, la turbine alimentée par la réserve d'eau prend le relais, et vide le réservoir. Le cycle se poursuit à l'infini.

6.3 Piéger le CO₂

En premier lieu, il importe de savoir que l'atmosphère ne peut pas être filtrée pour en retirer le gaz déjà émis. La recherche ne semble rien pouvoir faire sur ce plan.

Le piégeage et le stockage du CO₂ (PSC) consistent à séparer le dioxyde de carbone de ses sources industrielles, puis à le transporter dans un lieu de stockage pour l'isoler définitivement de l'atmosphère. Trois méthodes existent pour isoler le CO₂ dégagé par un combustible fossile primaire (charbon, gaz naturel ou pétrole) des autres produits gazeux :

Le procédé postcombustion sépare le CO₂ des autres gaz dans l'air. Un solvant liquide (de 3 à 15% en volume) capture la partie de CO₂ présente dans le courant gazeux. Un solvant organique plus naturel (tel que la monoéthanolamine) peut être utilisé dans les centrales récentes, au charbon pulvérisé ou au gaz naturel à cycle combiné.

La méthode précombustion traite le combustible dans un réacteur, en utilisant de la vapeur, de l'air ou de l'oxygène, de façon à créer un mélange constitué de monoxyde de carbone et d'hydrogène. Dans un deuxième réacteur, le monoxyde de carbone réagit avec la vapeur et permet d'obtenir plus d'hydrogène que de CO₂. Ensuite, les deux flux sont séparés grâce à une forte pression. L'hydrogène est réinjecté dans l'industrie pour produire de l'énergie. Ce procédé est employé dans les centrales à cycle combiné avec gazéification intégrée.

La technique d'oxycombustion utilise de l'oxygène (pur à 95-99%) afin de produire un gaz constitué de vapeur d'eau et de CO₂. Le refroidissement et la compression du flux gazeux permet d'extraire la valeur d'eau. Un traitement ultérieur des gaz est nécessaire pour supprimer les polluants atmosphériques et les gaz non condensés avant de transporter le CO₂ vers le lieu de stockage. Cette méthode est encore au stade de la recherche dans les chaudières, et dans les turbines à gaz.

La plupart du temps, le CO₂ est acheminé par gazoduc (canalisation pour le transport du gaz). Le gaz est amené à une haute pression afin d'accroître sa densité, ce qui facilite le transport et réduit les coûts. Il peut également être transporté en liquide par voies maritimes, routières ou ferroviaires, stocké dans des citernes isothermes à faible température (plus basse que l'air ambiant) et à faible pression.

Pour stocker le CO₂, les réceptacles possibles doivent l'emprisonner. Il peut s'agir :

- De nappes phréatiques salines profondes
- D'anciens gisements de pétrole ou de gaz naturel
- Des mines de charbon non exploitées
- Autre réservoir géologique étanche

Actuellement, la même technique est utilisée pour injecter du CO₂ pour la prospection du pétrole et du gaz naturel. D'autres techniques sont en cours d'études. Lors de l'injection sous terre, le gaz se comprime et occupe les espaces vides en déplaçant une partie des fluides présents.



Toutefois, la séquestration présente aussi quelques inconvénients. Tout d'abord, pour le piégeage du gaz carbonique, il faut utiliser de l'énergie (de l'ordre de 10 à 20%). De plus, ce procédé permet de capturer seulement les sources concentrées de CO₂ (production d'électricité des grosses usines, soit environ 50% des émissions provenant de l'énergie). Par ailleurs, cela ne résout en rien le problème de l'épuisement des énergies fossiles. Néanmoins, la recherche doit continuer dans cette voie. Cette technologie pourrait devenir une passerelle entre le système énergétique actuel, fondé sur les énergies fossiles et le système futur qui tend vers l'émission nulle.



IX. Sources

1. Bibliographie

Livre « La maison à énergie zéro » de Brigitte VU (juin 2008)

Hors Série Sciences & Vie « La maison du XXI^e siècle» (décembre 2007)

Magazine *Le Guide de la Maison Positive* (n°1)

Magazine *Le Guide de la Maison Positive* (n°2)

Magazine *Le Guide de la Maison Positive* (n°3)

Magazine *Le Guide de la Maison Positive* (n°4)

Journal *La Tribune* – Cahier spécial développement durable (1^{er} avril 2009)

Journal *Courrier International* (du 26 au 31 mars 2009)

2. Webographie

Site Internet de l'ADEME (l'Agence De l'Environnement Et de la Maîtrise de l'énergie)
www.ademe.fr

Site Internet du ministère du Logement et de la Ville
www.logement.gouv.fr

Site Internet du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire
www.developpement-durable.gouv.fr

Site Internet du Grenelle de l'Environnement
www.legrenelle-environnement.fr

Site Internet de l'ANIL (Agence Nationale d'Informations sur le Logement)
www.anil.org

Site Internet de l'association HQE (Haute Qualité Environnementale)
www.assohqe.org

Site Internet de l'ANAH (Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat)
www.anah.fr

Site Internet de l'AFNOR (Association Française de Normalisation)
www.afnor.org



Site Internet de la réglementation pour l'éco-habitat
www.rt-batiment.fr

Site Internet de l'effinergie
www.effinergie.org

Site Internet de l'Observatoire des énergies renouvelables
www.energies-renouvelables.org

Site Internet de l'habitat durable
www.habitat-durable.com

Site Internet Inies, base de données française sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction
www.inies.fr

Site Internet, propriétaire d'une maison positive
www.michamps4b.be



XI. Annexes

1. Matériaux

1.1 Vitrages

Type de Vitrage	Coefficient de transmission thermique maximale (en W/m ² .K)
Vitrage simple	5,7
Vitrage double classique	2,7
Vitrage double VIR, air	2,2
Vitrage double VIR, lame d'argon	1,1
Vitrage triple, lame d'argon	0,8
Vitrage triple, krypton	0,6

2. Règlementation

2.1 Isolation RT 2005 (Source ADEME)

Type de Paroi	Résistance thermique minimale (en m ² .C°/W)	
	Régions H1 et H2	Régions H3
Mur extérieur, toiture de pente > 60°	2,3*	2
Mur ou plancher bas donnant sur un local non chauffé	2	2
Plancher bas donnant sur l'extérieur ou sur un parking collectif	2,3	2
Comble perdu	4,5	4,5
Comble aménagé, toiture de pente < 60°	4**	4**
Toiture terrasse	2,5	2,5

* : $R = 2$ possible, si la diminution de surface habitable est supérieure à 5 %.

** : $R = 3$ possible si la diminution de surface habitable est supérieure à 5 %.

Type de Paroi	Coefficient de transmission thermique maximale (en W/m ² .K)
Cas général	2,3
Menuiserie coulissante	2,6

Carte visualisant les régions h1, h2 et h3 :





3. Financement

3.1 Crédits d'impôts (source ADEME)

Equipements	Depuis le 1er janvier 2009
Chaudières à condensation, individuelles ou collectives, utilisées pour le chauffage ou la production d'eau chaude	25 % ou 40 %
Matériaux d'isolation thermique et coût de la main d'œuvre pour les parois opaques	25 % ou 40 %
Appareils de régulation et de programmation des équipements de chauffage	25 % ou 40 %
Equipements de production d'énergie utilisant l'énergie solaire, éolienne ou hydraulique	50 %
Appareils de chauffages au bois	40 %
Pompes à chaleur à capteur enterrés ou air / eau	40 %
Equipements de raccordement à certains réseaux de chaleur	25 %
Frais engagés pour la réalisation d'un diagnostic de performance énergétique, en dehors des cas où la réglementation le rend obligatoire	50 %
Intérêts d'emprunt pour l'acquisition d'une résidence principale neuve dont la performance énergétique correspond à la norme "Bâtiment Basse Consommation 2005"	40 % sur les 7 premières annuités

Le montant des dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt est plafonné à 8 000 € pour une personne seule et 16 000 € pour un couple soumis à imposition commune. Cette somme est majorée de 400 € par personne à charge. Ce plafond vaut pour les dépenses effectuées au cours d'une période de cinq années consécutives comprises entre le 1er janvier 2005 et le 31 décembre 2012. Le contribuable qui effectue des dépenses à plus de 5 ans d'intervalle pourra bénéficier du plafond à deux reprises. Le crédit d'impôt est calculé sur le montant des dépenses éligibles déduction faite des aides et subventions reçues par ailleurs. Les travaux doivent être réalisés par l'entreprise qui fournit les matériaux.

Le diagnostic de performance énergétique ne peut bénéficier du crédit d'impôt qu'une seule fois sur une période de 5 ans. Pour une chaudière à condensation, raccordement à un réseau de chaleur et travaux d'isolation, le taux de 25 % est porté à 40 % à la double condition que ces équipements soient installés dans un logement achevé avant le 1er janvier 1977 et que leur installation soit réalisé au plus tard le 31 décembre de la deuxième année qui suit celle de l'acquisition du logement.

3.2 Eco PTZ (Source Testé pour vous en partenariat avec ADEME)

L'Etat, 11 établissements financiers et les fédérations professionnelles de l'immobilier et du bâtiment ont signé fin février la convention officielle annonçant le lancement de l'Eco PTZ, créé par la loi de Finances pour 2009. Comme son nom l'indique, cet Eco PTZ vous permettra de financer à 0% des travaux de réhabilitation thermique dans votre résidence principale construite avant le 1^{er} janvier 1990.

Pour obtenir ce prêt, il faut faire réaliser un « bouquet de travaux », c'est-à-dire au moins 2 des rénovations suivantes :

- Isolation performante de la toiture ;
- Isolation performante des murs donnant sur l'extérieur ;
- Isolation performante des fenêtres et portes donnant sur l'extérieur ;
- Installation ou remplacement d'un chauffage ou d'une production d'eau chaude sanitaire ;
- Installation d'un chauffage utilisant les énergies renouvelables ;



- Installation d'une production d'eau chaude sanitaire utilisant les énergies renouvelables.

D'une durée de 10 ans, pouvant être étendue à 15 ans par la banque prêteuse, cet éco PTZ permet de financer jusqu'à 30 000 euros de travaux. Ceux-ci doivent être réalisés dans les deux ans suivants l'octroi du prêt.

Ce prêt devrait être mis en place à partir du 1^{er} avril par les établissements financiers suivants : BNP Paribas, Crédit Agricole, LCL, Société Générale, Caisse d'Épargne, Banque Populaire, Crédit Mutuel, la Banque Postale, Crédit Foncier, Crédit Immobilier de France, Banque Solfea et Domofinance.

3.3 Tarif Electricité (source EDF)

puissance souscrite (kVA)	réglage disjoncteur (A)	abonnement annuel TTC contrat de base	abonnement annuel TTC contrat heure creuse / heure pleine	Contrat de base / Heures Pleines TTC pour 1 kWh	Heures Creuses TTC pour 1 kWh
3	15	24,84		0,1350 (seulement contrat de base)	
6	30	62,99	109,06	0,1106	0,0673
9	45	124,18	195,78	0,1106	0,0673
12	60	177,88	282,36	0,1106	0,0673
15	75	231,58	368,95	0,1106	0,0673
18	90	285,28	455,53	0,1106	0,0673
24	40	476,76	762,73	0,1106	0,0673
30	50	668,24	1069,93	0,1106	0,0673
36	60	859,72	1377,13	0,1106	0,0673

3.4 Tarif revente électricité (source EDF)

Filières des contrats	Durée	Tarifs
Biogaz et méthanisation	15 ans	Entre 7,5 et 9 c€/kWh selon la puissance, + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh, + prime à la méthanisation de 2c€/kWh.
Énergie éolienne	15 ans (terrestre)	Éolien terrestre : 8,2 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 2,8 et 8,2 c€/kWh pendant 5 ans selon les sites. Dans les DOM, Saint-Pierre-et-Miquelon et Mayotte, le tarif d'achat est de 11 c€/kWh.
	20 ans (offshore)	Éolien en mer : 13 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 3 et 13 c€/kWh pendant 10 ans selon les sites.
Énergie photovoltaïque	20 ans	Métropole : 30 c€/kWh, + prime d'intégration au bâti de 25 c€/kWh. Corse, DOM, Mayotte : 40 c€/kWh, + prime d'intégration au bâti de 15 c€/kWh.
Géothermie	15 ans	Métropole : 12 c€/kWh, + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh. DOM : 10 c€/kWh, + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh.



4. Interviews

4.1 Propriétaire d'une maison positive en Belgique

Caractéristique de la maison :

Isolation :

Mur intérieur : bloc de terre cuite + 10 cm de laine de verre

Plafond : la laine de verre d'une épaisseur de 20cm

Sol : couche de polyuréthane de 9cm

Pare-vapeur

Energie :

Pompe à Chaleur (chauffe l'eau, plancher chauffant)

Panneaux photovoltaïques en superposition sur le toit : production 5500 Kwatt/an

Eau :

Récupération d'eau de pluie - groupe hydrophore

Tous les points d'eau chaude situés à moins de 5 mètres de la production d'eau chaude

Comparaison des consommations :

Voici notre consommation en 2008 lorsque nous étions dans notre ancienne maison :

- Chauffage : 1950 litres/an : 134,8€/mois
- Electricité : 2800 Kwatt/an : 61,7€/mois.
- Eau : 21,65€/mois
- Total : 218,15€/mois

Voici l'estimation de la consommation de notre maison en 2009 (nous avons estimé au maximum) :

- Pompe à chaleur : 3000 kwatt/an (eau chaude comprise).
- Electricité : 2500 Kwatt/an
- Eau : 8,66€/mois
- Certificat vert : 200€ d'aide /mois pendant 15 ans
- Total : -181,34€ /mois

Combien avez-vous investi dans votre maison pour parvenir à un tel résultat ?

C'est une question que l'on me pose souvent, si tu me le permets, je vais y répondre à moitié car je vais créer cette page pour bien expliquer aux internautes quel est le budget que nous avons utilisé.

Dans notre cas, en Belgique, le prix d'une maison positive revient au même prix qu'une maison passive. L'explication est simple, plus on isole une maison plus le prix devient exorbitant. Le budget de l'isolation a donc été utilisé pour produire son électricité en plaçant des panneaux photovoltaïques.

Notre maison est donc une maison de type « basse-énergie » avec un taux d'isolation performant (K35). Les spécialistes estiment que c'est à partir de ce taux que la maison devient chère. Il faut rappeler que dans une maison, le chauffage représente plus de 50% de la



consommation d'énergie. Il faut donc la réduire au maximum pour que la maison positive soit performante.

Tous nos choix ont subi la dure loi de la rentabilité. Un achat se dit rentable lorsqu'il a été amorti avant d'être remplacé. Par exemple, les panneaux solaires sont payés en 9 ans (ente 6 et 8 ans pour une TVA à 6%), mais ils ont une durée de vie de 25 ans.

Avez-vous des conseils à donner aux consommateurs qui se lanceraient dans l'aventure ?

Si vous avez le budget, c'est le meilleur moyen pour que votre maison vous rapporte de l'argent, car comme son nom l'indique, une maison positive fournit plus par rapport à ce qu'elle consomme, donc cet excédant est financier sera dans votre poche.

Bien choisir les spécialistes dans chaque domaine! Le manque de connaissance est flagrant dans ce domaine des énergies renouvelables, il faut donc trouver les personnes compétentes et cela demande du temps.

Un autre aspect intéressant, c'est l'indépendance énergétique tout en étant solidaire (car on donne de l'énergie aux autres). L'envolée des prix des carburants d'essences, bois, gaz vont augmenter dès la crise finie. Ne plus subir les augmentations prix est un très grand avantage car toutes ses ressources ont été trop exploitées et sont désormais difficiles à extraire. Qui dit rareté dit prix qui augmente de manière empirique !

Si une personne désire construire une maison positive, il faut connaître les bons gestes pour consommer le moins possible sans changer sa manière de vivre. Comme par exemple regarder 6 heures la TV ne nous pose pas de problème, mais qu'elle fonctionne sans personne devant juste pour mettre un bruit de fond musical par exemple, là est le problème !

Il faut contrôler sa consommation en plaçant des appareillages adaptés et peu « énergivore ». Surgélateur classe A+, plaque à induction, four basse température permettent de diminuer sa consommation et surtout, combattre les veilles, notre véritable guerre ! Les veilles, c'est des appareils qui continuent à consommer malgré qu'ils sont éteints, un appareil qui indique l'heure comme un four ou un four à micro-onde, est une veille en soit ! Il représente plus de 20% de notre facture d'électricité. Dernièrement la commission Européen a établi une loi pour les diminuer au maximum.

Quels sont les points de blocages du développement de la maison positive en France ?

L'immense problème en France, c'est que l'énergie ne coûte pas chère et rend les énergies renouvelables peu rentables voir pas du tout. En France, le prix de 1 kwatt (tva comprise) coûte environ 0,10 cent, en Belgique, il coûte au minimum 0,18 cent et dans certaine région comme la notre, cela monte à 0,23 cent. C'est plus du double du prix ! On ne peut investir à perte !

C'est aussi un aspect « idéologie » qui appartient aux fournisseurs d'électricités, c'est de produire à un endroit en grosse quantité pour le distribuer à des milliers de maison. Lorsque les énergies renouvelables c'est l'inverse, c'est produire localement en faible quantité grâce à une éolienne ou une installation photovoltaïque. Cela n'a rien de comparable avec la puissance d'une centrale nucléaire. Il y a du chemin pour que les fournisseurs d'électricité pensent autrement, et là, c'est les plus réticents à développer ces énergies renouvelables, exemple « vent de colère » qui se bat contre les éoliennes sont des anciens EDF. Cherchez l'erreur.



Quelles seraient les solutions possibles pour développer la maison positive en France ?

L'idée va te paraître extravagante, mais je pense réellement que tout passe par là :

« Augmenter le prix de l'électricité ». Si on augmente le prix de l'électricité, automatique la rentabilité des énergies renouvelables devient intéressante pour de nombreux investisseurs, notamment pour construire des maisons positives.

Je prends l'exemple du pétrole, l'année passée, tout le monde à changer sa façon de se déplacer à cause du prix à la pompe. Transport en commun ou le vélib à Paris, des cours d'éco-conduite sont donnés, les conducteurs lèvent le pied, toutes ses actions « écologiques » n'ont qu'un seul facteur, l'augmentation du prix.

L'inconvénient, c'est que les gens à faible revenu vont subir de plein fouet cette augmentation, ce qui est en soit injuste. Il faut bien se rendre compte, que vu le coût ridicule de l'électricité française, vous ne vous en souciez pas voir vous la gaspillez, mais est-ce moral ? Il faut apprendre aux citoyens de tout bord comment diminuer sa consommation via des cours par exemple que j'ai eu l'occasion de suivre, et ça marche !

Un jour ou l'autre, tout le monde devra surveiller ce qu'il consomme, pourquoi pas dès maintenant?

La formation ainsi que les connaissances techniques à monter des pompes à chaleur par exemple est cruciale. La maison du futur passe par la connaissance de chacun et nous avons tout notre rôle à jouer. Que ce soit un simple ardoisier pour monter les panneaux solaires, qu'un ingénieur qui conçoit la maison de demain !