

PÔLE MANAGEMENT DE L'ENTREPRISE ENVIRONNEMENT

LES BÂTIMENTS À BILAN ÉNERGÉTIQUE POSITIF



***Yasmine GUYOT
Arthur GIAVITTO
Axel LE PENNEC
Brieuc PEY
David NICOLAS***

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	4
COMPLEMENT.....	4
INTRODUCTION.....	5
PARTIE 1 : <i>Enjeux des bâtiments passifs ou à énergie positive</i>	6
1. Un climat fortement modifié	6
2. Une consommation en énergie en forte augmentation.....	8
3. Des ressources énergétiques épuisables.....	9
4. Des coûts énergétiques.....	10
5. Pourquoi développer des bâtiments à énergie positive ?.....	11
PARTIE 2 : <i>Qu'est-ce qu'un bâtiment à énergie positive ?</i>	14
1. Les bâtiments performants	14
2. Le bâtiment à énergie positive	14
3. Techniques utilisées.....	15
3.1. <i>Isolation thermique</i>	15
3.2. <i>L'étanchéité à l'air</i>	17
3.3. <i>La ventilation contrôlée</i>	17
3.4. <i>Construction compacte</i>	19
3.5. <i>Limitation des consommations d'énergie des appareils ménagers</i>	20
3.6. <i>Moyens de production d'énergie</i>	20

Partie 3 : <i>Évolution du concept</i>	21
Partie 4 : <i>Quel intérêt ? Pour qui ?</i>	26
1. Avantages pour les particuliers ou les entreprises	26
1.1. <i>Avantages financiers</i>.....	26
1.2. <i>Autonomie et responsabilisation des citoyens</i>.....	28
2. L'image des villes.....	28
Partie 5 : <i>Le bâtiment à énergie positive et les hommes</i>	29
1. Une douce illusion pour certains	29
2. Une réalité à considérer sérieusement pour d'autres	29
3. Risques et limites	30
CONCLUSION	32
BIBLIOGRAPHIE	33

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Christian BRODHAG du centre SITE et ancien délégué ministériel au développement durable, ainsi que Jean-Loup BERTEZ, ancien élève de l'Ecole des Mines, dirigeant de Zénergie, une entreprise dans le secteur des bâtiments performants, et par ailleurs coorganisateur des Assises Nationales de la Construction Passive (3eme édition cette année, à Grenoble), qui ont su répondre à nos questions, et nous aiguiller vers des sources d'informations précieuses à notre rapport.

Nous remercions également à Rajini SOKHI, assistante de projet à l'AREG, une société de conseil et de stratégie environnementale à Aberdeen en Ecosse, contactée à l'occasion du voyage à Edimbourg organisé par l'Ecole des Mines, et qui, elle aussi, a pris le temps de répondre à nos questions.

COMPLEMENT

Une affiche informative a été élaborée en parallèle de ce rapport, dans l'objectif de sensibiliser aux grandes lignes de ce thème. L'affiche, dans une présentation simple, retrace quatre questions élémentaires vis-à-vis de ce sujet : qu'est-ce qu'un bâtiment à énergie positive, pourquoi sa démocratisation est nécessaire dans la conjoncture actuelle, quelles techniques sont aujourd'hui accessibles, et finalement, quel investissement une telle habitation représente-t-elle ?

- **Nom du fichier :** *affiche_batiment_energie_positive.pdf*

INTRODUCTION

Le contexte actuel nous encourage à préserver l'environnement et à réfléchir sur les principaux enjeux qu'il représente : réchauffement climatique, énergies fossiles non renouvelables et amenées à disparaître, hausse constante du prix de l'énergie... Les statistiques les plus récentes montrent que le bâtiment consomme 30% de l'énergie mondiale. Il s'agit donc d'un secteur pour lequel il est pertinent de trouver des solutions durables d'économie d'énergie.

Différentes étapes ont été franchies en la matière : d'une meilleure isolation thermique, au bâtiment à énergie positive en passant par l'habitat passif, des progrès remarquables ont été faits. Par exemple, la consommation d'énergie maximale pour le chauffage, la ventilation et l'eau chaude sanitaire est 5 fois plus importante pour une construction "normale" que pour les références de construction passive. Le bâtiment à énergie positive est totalement autonome énergiquement et produit même plus d'énergie qu'il n'en consomme.

Comment est-on arrivé à une telle technologie? Et comment fonctionne les bâtiments à énergie positive ? Sont les interrogations qui nous ont conduites à soumettre ce sujet pour le projet demandé.

Nous verrons ainsi quels sont les enjeux des bâtiments à énergie positive, en quoi ils consistent techniquement et quelle a été l'évolution du concept qui les a engendrés. Ensuite nous aborderons l'intérêt des bâtiments à énergie positive pour les différents acteurs de la société et enfin nous conclurons sur la perception de ce projet par la société.

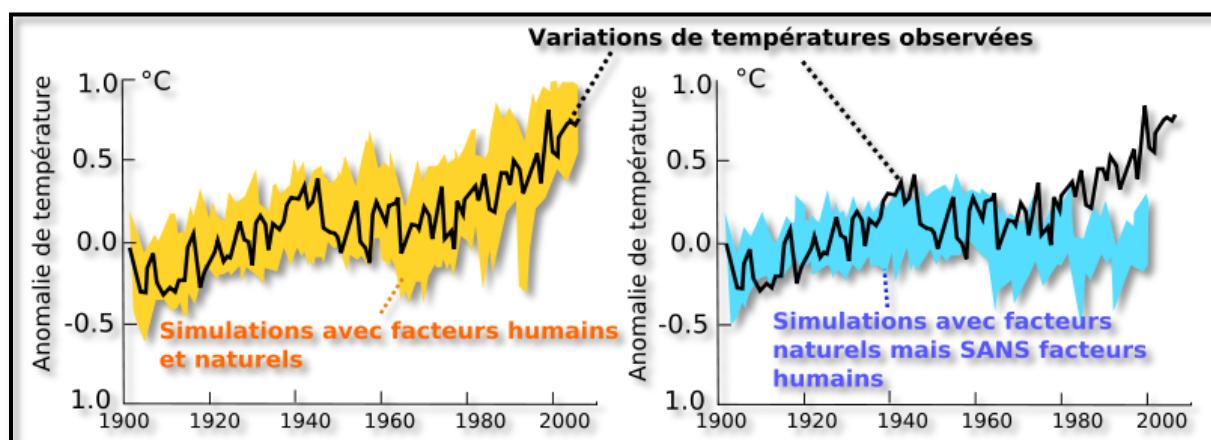
PARTIE 1 : *Enjeux des bâtiments passifs ou à énergie positive*

On assiste à un accroissement de plus en plus important de la population mondiale depuis les années 1950. En effet, celle-ci tend à doubler tous les demi-siècles pour atteindre un seuil maximal de 10 voire 12 milliards d'êtres humaines dans les années 2050. Cet accroissement de la population, auquel s'ajoute une société de consommation de plus en plus gourmande, va entraîner de graves problèmes de nature environnementale dans le futur. On peut par exemple citer l'émission des gaz à effet de serre ainsi que ses nombreuses conséquences sur la modification du climat.

1. Un climat fortement modifié

Une élévation du niveau de la mer de 10 à 20 cm au cours du XX^{ème} siècle, une augmentation des précipitations sous les hautes latitudes et une diminution sous les basses, une fonte des glaciers doublée d'un retrait des banquises... Les faits sont là. La planète est bien confrontée à un phénomène de réchauffement climatique agissant à l'échelle mondiale et sur une longue période de temps. Ce réchauffement est caractérisé par une augmentation de la température de l'atmosphère et par conséquent des océans.

Le récent réchauffement n'est cependant pas le seul et unique réchauffement que la planète Terre ait connu. On a de nos jours la certitude (après analyse des carottes glacières ou de la faune et flore fossile) que le climat de la Terre évolue de façon cyclique, alternant ainsi entre périodes de refroidissement et périodes de réchauffement. Ces périodes, variables tant par leur durée que par leur amplitude, constituent alors des cycles d'une durée moyenne de cent milles ans. Cependant il apparaît que le réchauffement auquel l'humanité est confrontée actuellement ne peut être entièrement justifié par ces cycles climatiques. De nombreux modèles climatiques tentent de comparer le réchauffement climatique sans impact de l'homme d'une part (et donc uniquement du cycle climatique) et le réchauffement climatique avec impact de l'homme (impact de facteurs humains variés) d'autre part. Les courbes suivantes, qui sont les résultats de ces modèles numériques, parlent d'elles-mêmes.



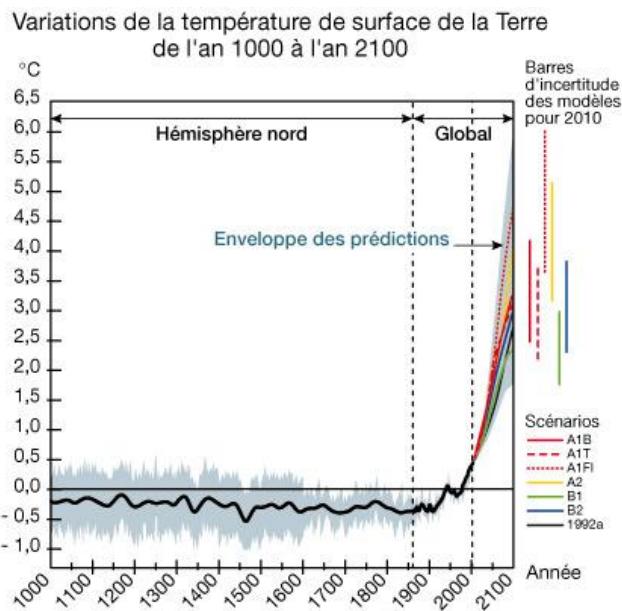
Comparaison des modèles numériques en tenant compte ou non des facteurs humains¹

¹ Source : Wikipédia, article « Réchauffement climatique »

On remarque que la première augmentation de température qu'a connu le siècle (1920-1945) peut-être expliquée par des raisons naturelles et correspond donc aux variations cycliques du climat (réchauffement dû à l'activité solaire). Le constat est totalement différent pour la seconde augmentation notable de température du siècle (1970 à nos jours). En effet on remarque que la courbe des données réelles correspond parfaitement à l'évolution obtenue par le modèle en tenant compte des facteurs humains.

On peut donc conclure que le réchauffement global actuel est à la fois dû à des facteurs naturels (activité solaire par exemple) et à des facteurs humains (émission de gaz à effet de serre). Ainsi la communauté scientifique s'accorde maintenant à dire que l'homme est impliqué dans ce réchauffement climatique, qui ne semble pas faiblir, bien au contraire. Seule l'ampleur de la participation au réchauffement reste contestée. Le 4^{ème} rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), rédigé par près de 2500 scientifiques du monde entier, conclut d'ailleurs que la probabilité que le réchauffement planétaire enclenché dans les années 50 soit d'origine anthropique est de près de 90 %.

Selon les différents scénarios scientifiques actuels, la température mondiale devrait s'élever de 1,8°C à 4°C d'ici la fin du XXI^e siècle, et l'eau de 18 à 59 cm.



Variation de la température à la surface terrestre entre l'an 1000 et l'an 2100 (prévisions)²

La culpabilité de l'homme dans ce phénomène mondiale est certaine. Il faut dès lors s'intéresser aux causes de cette élévation de température. La principale cause est sans aucun doute les rejets additionnels de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, rejets provenant des activités de l'homme (notamment rejet de CO₂ à travers l'industrie, les transports et les bâtiments). Cette émission a pour phénomène d'accroître le phénomène naturel d'effet de serre qui permet de

² **Source** : Agence canadienne d'évaluation environnementale – www.ceaa-acee.gc.ca

réchauffer l'atmosphère et la surface de la Terre (par réflexion du rayonnement infrarouge de la planète). La déforestation, ou encore la fonte du permafrost en Sibérie, constituent d'autres causes du réchauffement climatique mondial. On assiste cependant à des interactions complexes, ou à un cercle vicieux. En effet une augmentation de la concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère entraîne un réchauffement climatique, responsable de la fonte du permafrost (qui va alors libérer davantage de CO₂).

Il en est de même pour la déforestation qui rejette près de 1,5 milliards de tonnes de carbone, soit l'équivalent de 20% des émissions de gaz ayant une origine humaine. De plus, la température augmente et les forêts restantes risquent de souffrir de cette augmentation.

Nous venons de la voir, la situation est alarmante. La prise de conscience sur ce réchauffement doit être la plus rapide possible : il est plus que grand temps d'agir afin de lutter contre ce réchauffement planétaire. Maintenant que les technologies permettant à l'homme de réduire ses émissions de gaz existent sur le marché, il ne reste plus à celui qu'à les adopter afin d'orienter son futur vers un monde plus respectueux de la nature.

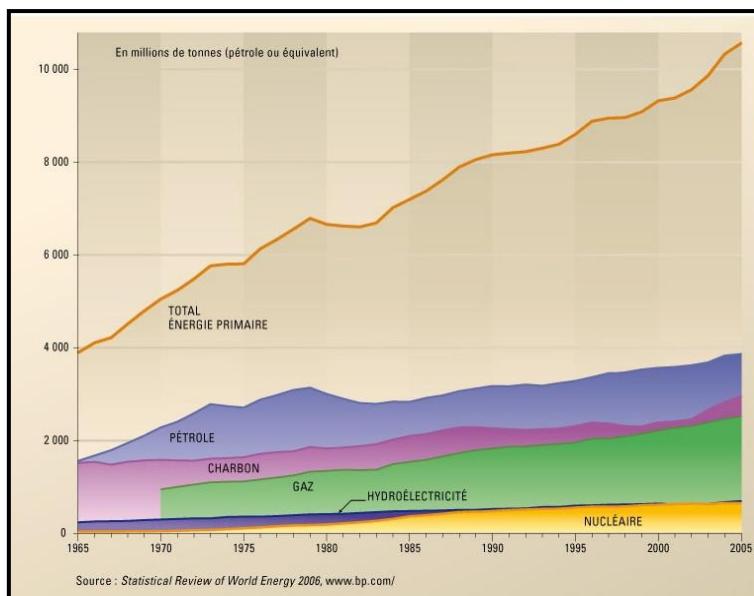
2. Une consommation en énergie en forte augmentation

Il est évident que les besoins énergétiques de l'humanité sont, aujourd'hui plus que jamais dans le passé, énormes et augmentent constamment. Par conséquent la consommation en énergie primaire (disponible dans la nature mais qui nécessite transformation avant d'être consommée) ne cesse de croître. Elle a même doublé entre 1980 et 2005. Cette énergie primaire consommée quotidiennement par les pays du monde entier a des origines variées. Cependant la majorité de cette énergie provient de matières premières dites fossiles telles le pétrole, le charbon, le gaz ou encore l'uranium pour l'énergie nucléaire. C'est ensuite aux grands producteurs énergétiques de répondre à cette demande toujours croissante.

En ce qui concerne la production de l'énergie, deux tiers sont assurés par des hydrocarbures, le troisième par le charbon, alors que les énergies renouvelables et le nucléaire ne participent qu'à 5% à cette production. Pour ce qui est de l'évolution de la consommation des ressources, on remarque que le pétrole tend à laisser place au gaz (-5% pour le pétrole entre 1980 et 2005, +5% pour le gaz dans ces mêmes dates).

En 2005, la consommation mondiale d'énergie avoisinait les 8 milliards de tonnes d'équivalent pétrole (production proche de 11,5 milliards de TEP). Les pays les plus consommateurs de pétrole ou de gaz sont les pays industrialisés d'Europe, d'Amérique du Nord et d'Asie. On assiste d'ailleurs à une croissance exponentielle de la consommation énergétique en Asie (Chine : +100% entre 1990 et 2005 par exemple). Le charbon reste quant à lui majoritaire dans les pays qui ont d'importantes réserves (Chine, Etats-Unis, Inde).

Le graphique suivant rend bien compte de l'évolution de la consommation en énergie à l'échelle mondiale. Cette consommation a clairement une tendance à la hausse.

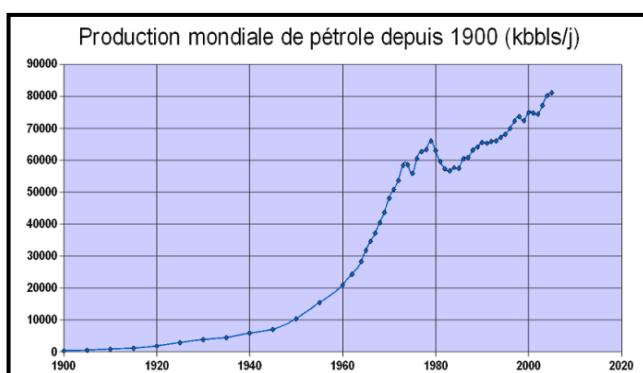


Consommation mondiale d'énergie depuis 196³

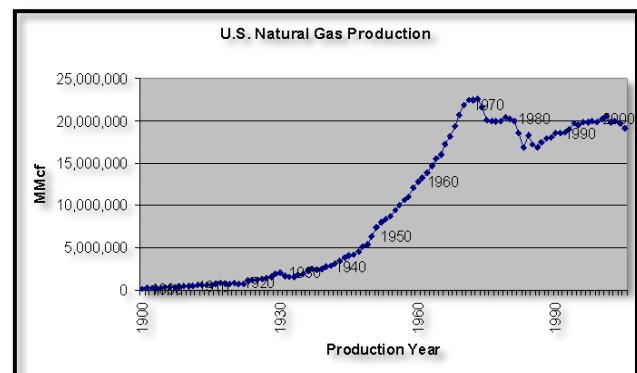
Si la consommation mondiale d'énergie continue de croître à la même vitesse, le manque de ressources naturelles fossiles va se faire ressentir dans les décennies futures. Il est de nos jours nécessaire de réduire cette consommation énergie mondiale.

3. Des ressources énergétiques épuisables

Nous venons de le voir, l'humanité consomme chaque jour davantage d'énergie provenant de matières premières fossiles pour faire fonctionner ses usines, pour se déplacer, ou pour vivre à son domicile. Mais cette consommation toujours croissante pose aujourd'hui la question des réserves de ces matières. On se doute bien que celles-ci sont limitées et que leur production va diminuer. Si on s'intéresse aux courbes de production de pétrole et de gaz au cours du dernier siècle, on observe une très forte augmentation de l'extraction de ces matières. Cette augmentation ne laisse en aucun cas présager un ralentissement de cette production.



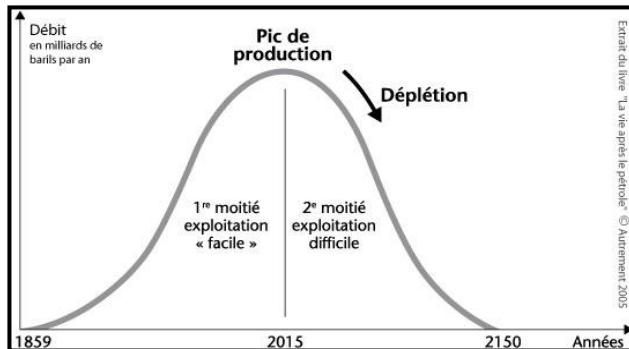
Production mondiale de pétrole depuis 1900 en milliers de barils par jour ⁴



Production américaine de gaz depuis 1900 en Million Cubic Feet ⁵

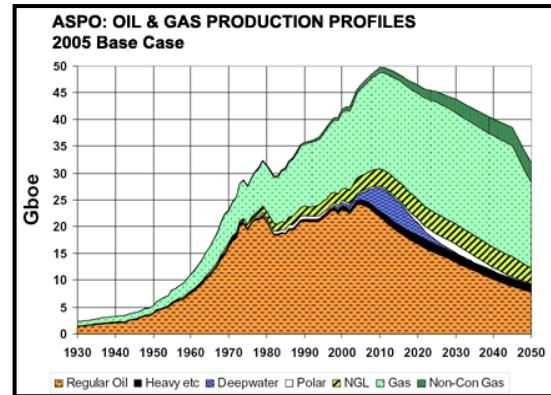
³ Source : Statistical Review of World Energy 2006 (www.bp.com) via Cartographie Sciences Po

Cependant le géophysicien Marion King Hubbert proposa dans les années 40 une courbe ayant un profil de cloche pour traduire la production d'une matière première. Cette courbe admet un maximum, que l'on appelle le pic de Hubbert. Les dernières prévisions laissent à croire que ce pic aura lieu aux alentours des années 2010 pour le pétrole.



Courbe de Hubbert appliquée au pétrole

6



Productions de pétrole et de gaz entre 1930 et 2050 (prévisions)

7

Les estimations de la durée de vie des réserves de ces matières premières (qui ont toutes un pic de Hubbert) sont les suivantes :

- Pétrole : 40 ans
- Gaz naturel : 60 ans
- Uranium : 100 ans
- Charbon : 200 ans

Ces chiffres sont obtenus en se basant sur notre consommation actuelle en ressources, mais ils sont trompeurs. En effet, ils indiquent une pénurie de matière première, mais celle-ci ne se fera pas du jour au lendemain. Il faut en effet garder à l'esprit le phénomène de déplétion, c'est à dire la diminution progressive de la production, qui va nous concerner sous peu. Il faudra alors mieux consommer l'énergie et non pas en produire davantage, tout en continuant le développement de nouvelles solutions, malheureusement non finalisées avant un demi-siècle.

4. Des coûts énergétiques

Ainsi la raréfaction des matières premières, à laquelle s'ajoutent des demandes croissantes des pays émergents comme la Chine et l'Inde, entraîne une flambée du prix de ces matières. L'année 2008 est d'ailleurs celle des records pour le prix du pétrole avec un baril à 147\$ en juillet. Même si le cours du pétrole est revenu à sa valeur d'avant la crise (baril à 50\$), il y a de quoi s'inquiéter sur le prix des matières fossiles.

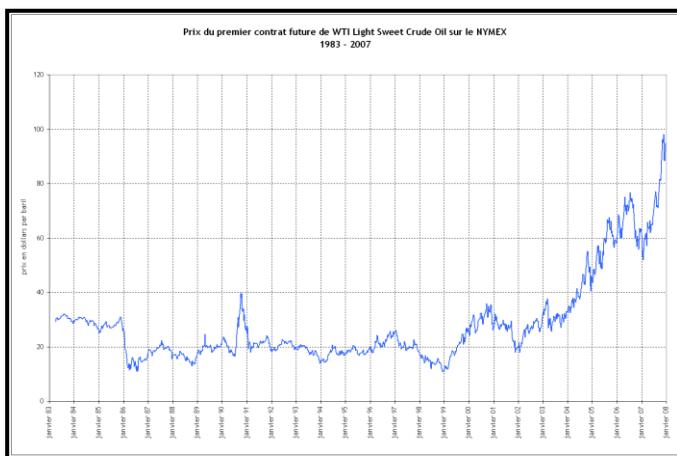
⁴ Source : BP – www.bp.com

⁵ Source : Energy Information Administration – www.eia.doe.gov

⁶ Source : Extrait du livre « La vie après le pétrole », © Autrement 2005

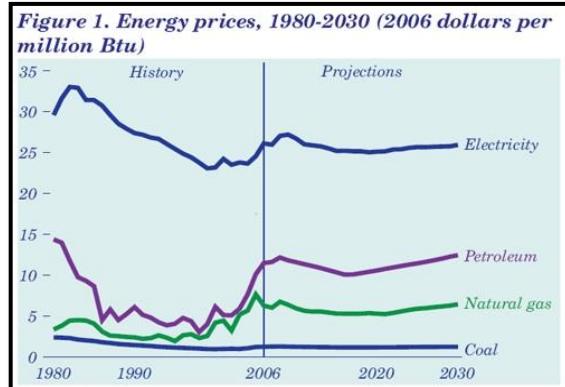
⁷ Source : Association for the Study of Peak Oil & Gas – www.peakoil.net & <http://aspofrance.org>

On voit bien que les prix du pétrole, de l'électricité, du gaz, et du charbon ont fortement augmenté ses dernières années.



Prix du baril de pétrole en dollars entre 1983 et 2007

⁸



Prix des différentes énergies entre 1980 et 2030 (prévisions)

⁹

Ainsi il semble plus qu'urgent de trouver d'autres sources d'énergies, à la fois moins cher et moins polluantes.

5. Pourquoi développer des bâtiments à énergie positive ?

On peut se demander, à prime abord, en quoi des modifications dans la conception des bâtiments vont permettre de lutter efficacement contre les rejets de gaz à effet de serre, le réchauffement climatique, et l'augmentation de la consommation énergétique.

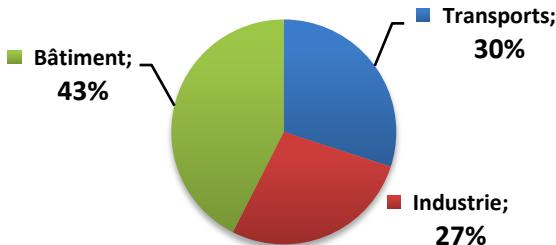
Il faut cependant savoir que le secteur de l'habitat est l'un des principaux émetteurs de gaz à effet de serre en Europe et, contrairement au secteur industriel et énergétique, ses émissions continuent de croître (+22,3 %) par rapport à l'année 1990 (année de référence du protocole de Kyoto).

Le secteur du bâtiment (constitué par l'habitat et le tertiaire) représente environ 25% des émissions nationales de **Gaz à Effet de Serre (GES)** et 42,5% de la consommation d'énergie recensée en France. Ainsi environ une tonne d'équivalent pétrole est consommée chaque année par un français. De surcroît, si on regarde de plus près la consommation énergétique des ménages, on réalise que la majeure partie de l'énergie (et par conséquent des dépenses énergétiques des ménages) est consacrée au chauffage avec près de 80%.

⁸ Source : Wikipédia, article « Pétrole »

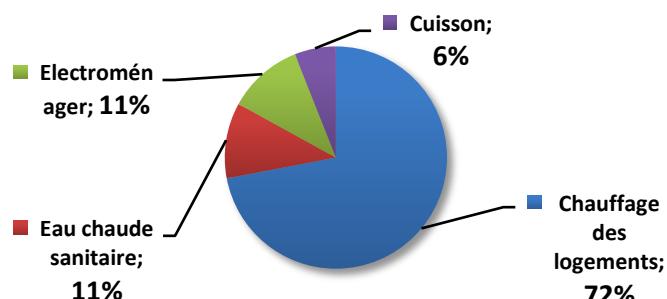
⁹ Source : Energy Information Administration – www.eia.doe.gov

Part des secteurs dans la consommation française d'énergie



10

Répartition de la consommation énergétique au sein d'un ménage



11

L'ensemble des bâtiments existant consommait en moyenne en 2007 près de 240 KWh/m²/an en 2007 (avec une émission de 123 Mt/an de CO₂). Ainsi, ce parc représente le gisement principal d'économie d'énergie exploitable immédiatement et permet de réduire les dépenses énergétiques, de dégager des marges de pouvoir d'achat, de répondre à l'enjeu majeur de réduction des GES, de développer le secteur du bâtiment (en créant près de 100 000 emplois) et éventuellement de réserver l'énergie qui devient limité à d'autres domaines gourmand, telle l'industrie.

Il faut garder à l'esprit que les « 3x20% », fixée à l'horizon 2020 par le Conseil Européen, consiste à réduire de 20% les émissions de GES, à baisser de 20% la consommation d'énergie et à produire 20% de l'énergie à partir d'énergies renouvelables. De plus la France, dans le cadre des accords de Kyoto, des directives européennes et au lendemain du Grenelle de l'environnement, s'engage à diviser par quatre (le fameux « facteur 4 » du Grenelle Environnement) ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050, en gardant comme objectif d'atteindre une consommation de 50 KWh/m²/an.

Toujours dans ce cadre du Grenelle Environnement, des objectifs ambitieux ont été retenus pour le bâtiment, tel qu'un plan de rénovation visant à réduire de plus du tiers les consommations énergétiques à l'horizon 2020 dans l'existant ainsi que la généralisation, à cette date, des bâtiments à énergie positive dans le neuf.

Avec toutes ces mesures, les bâtiments passifs ou à énergie positive (bâtiments produisant plus d'énergie qu'ils n'en consomment) présentent un véritable potentiel d'amélioration à la fois dans le domaine énergétique et environnemental. Le but de ces bâtiments est d'être construit efficacement par rapport à l'enjeu énergétique. Un exemple de donnée qui doit être prise en compte est le coût de chaque énergie pour les ménages (ou argus de l'énergie selon l'Ajena ¹⁰).

¹⁰ Source : Grenelle Environnement - <http://www.legrenelle-environnement.fr/>

¹¹ Source : Institut français de l'environnement - www.ifen.fr - et Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie – www.ademe.fr



Comparatif du coût des énergies pour les ménages exprimé en euros TTC par kWh¹²

Ainsi, ces nouvelles techniques de constructions, applicables à la fois pour la construction neuve que pour la rénovation des habitations, devraient permettre des économies importantes pour les ménages, avec un amortissement devenu réaliste grâce aux aides de l'état et aux crédits d'impôts. Ces techniques devraient aussi permettre de lutter contre l'émission des gaz à effet de serre.

Pour clore cette partie, nous pouvons dire que le coût des énergies non renouvelables, leur raréfaction, leur action sur l'environnement et notamment sur l'effet de serre, concourent à ce que nous changions profondément nos habitudes de vie et de consommation d'énergie dans notre habitat, notamment car il est maintenant possible d'agir.

¹² Source : Magazine *Habitat Naturel* hors série n°6 et Argus de l'énergie Ajena – www.ajena.org

PARTIE 2 : *Qu'est-ce qu'un bâtiment à énergie positive ?*

1. Les bâtiments performants

Les bâtiments dits « performants » sont associés, contrairement aux bâtiments plus ordinaires, à des préoccupations environnementales, en particulier vis-à-vis de leurs besoins énergétiques. Ces différents concepts se différencient par leurs performances énergétiques de plus ou moins haut niveau.

- **Le bâtiment à basse consommation :**

Les consommations en énergie de ce type d'édifice sont plus faibles que les bâtiments ordinaires, sans toutefois inclure de moyen de production d'énergie.

- **Le bâtiment passif :**

Ce bâtiment présente des consommations en énergie très faibles. Les apports d'énergie dits « passifs » comme l'énergie solaire ou l'énergie dégagée par les appareils internes à l'habitat suffisent, combinés à des systèmes de ventilation, à assurer une température suffisante dans l'édifice. Ce concept associe également à ces économies d'énergies, une réduction de la consommation électrique.

- **Le bâtiment « zéro énergie » :**

Ce type de bâtiment utilise des moyens de productions d'énergie locaux, qui suffisent à fournir la quantité d'énergie nécessaire. Le bâtiment étant à très faible consommation, le bilan énergétique annuel est donc nul.

- **Le bâtiment autonome :**

Son apport d'énergie ne dépend d'aucune source extérieure, car toute l'énergie nécessaire est produite sur place. Le principe est similaire au bâtiment « zéro énergie », à la différence près que le bilan énergétique d'un bâtiment autonome est nul à tout instant, et non pas de façon globale sur une année.

Reste le concept du bâtiment à énergie positive, détaillé ci-après.

2. Le bâtiment à énergie positive

Parmi les nombreux concepts de bâtiments performants, celui du bâtiment à énergie positive est le plus récent et donc peu formalisé. Sa définition n'est pas encore clairement établie, et il n'existe à ce jour aucune réglementation qui standardiserait ce concept. Il repose pourtant sur l'idée suivante : un bâtiment à énergie positive produit, globalement, autant voire plus d'énergie qu'il n'en consomme. Une telle construction doit donc être raccordée à un réseau électrique, qui lui permet de distribuer l'éventuel surplus d'énergie produite.

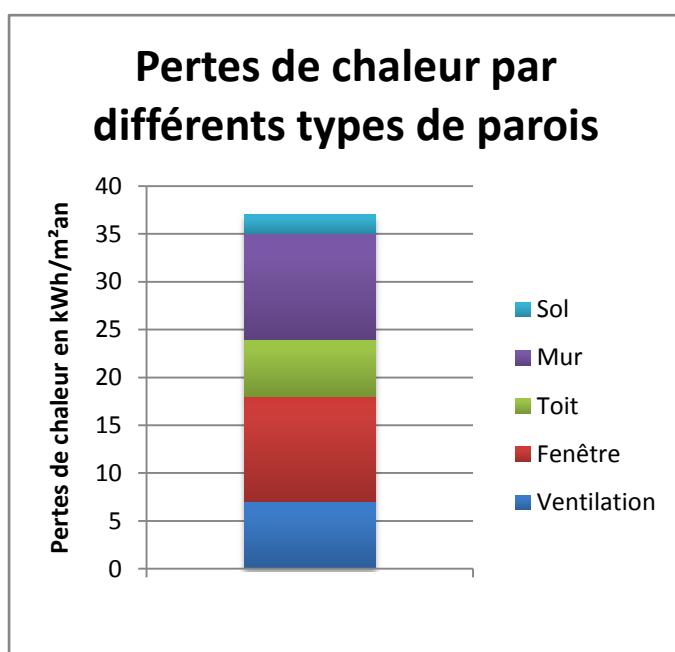
Dans l'ensemble des bâtiments performants, les habitats à énergie positive sont bien sûr ceux qui exigent le plus haut niveau de performances. Il existe néanmoins un certain nombre de solutions techniques éprouvées, et qui pourront constituer un bâtiment à énergie positive. Ceux-ci reprennent donc les principes des bâtiments dits « passifs », mais sont complétés par éléments de production d'énergie.

Les besoins, équipements et structures des bâtiments à usage résidentiel ont de nombreuses similitudes, ce qui permet de généraliser facilement un certain nombre de ces techniques. Les immeubles à énergie positive sont, au contraire, encore sujets à de nombreuses études, car très peu développées, et vraisemblablement plus difficiles à mettre en place, leur devant être faite au cas par cas.

3. Techniques utilisées

3.1. Isolation thermique

3.1.1. Pourquoi isoler ?



¹³Une isolation thermique haute performance est essentielle dans un bâtiment à énergie positive. Celle-ci présente plusieurs avantages : le premier, le plus évident, est de conserver la chaleur en hiver et l'air frais en été au sein de l'habitat, en économisant l'énergie nécessaire au chauffage ou au rafraîchissement des pièces. De plus, le confort thermique d'une habitation nécessite également que la température des parois intérieures et celle de l'air ambiant soit les mêmes, une bonne isolation assurant ce critère. Finalement, l'isolation thermique permet d'éviter l'apparition de moisissure.

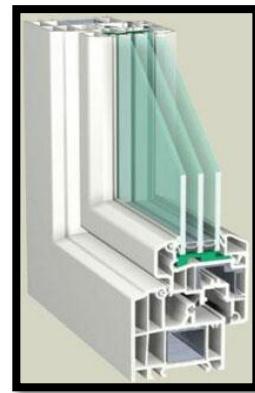
3.1.2. Comment isoler ?

L'isolation thermique du bâtiment est un point clé de son caractère « à énergie positive ». En effet, celle-ci doit être faite sans interruption sur toute la surface opaque de l'édifice, qui doit, de surcroît, être assez compact pour limiter la surface extérieure du bâtiment. Le coefficient de transmission de chaleur ne doit pas excéder, pour les murs, $15 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, la Réglementation Thermique française de 2005 (RT2005) imposait un coefficient maximum de $45 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Les toitures

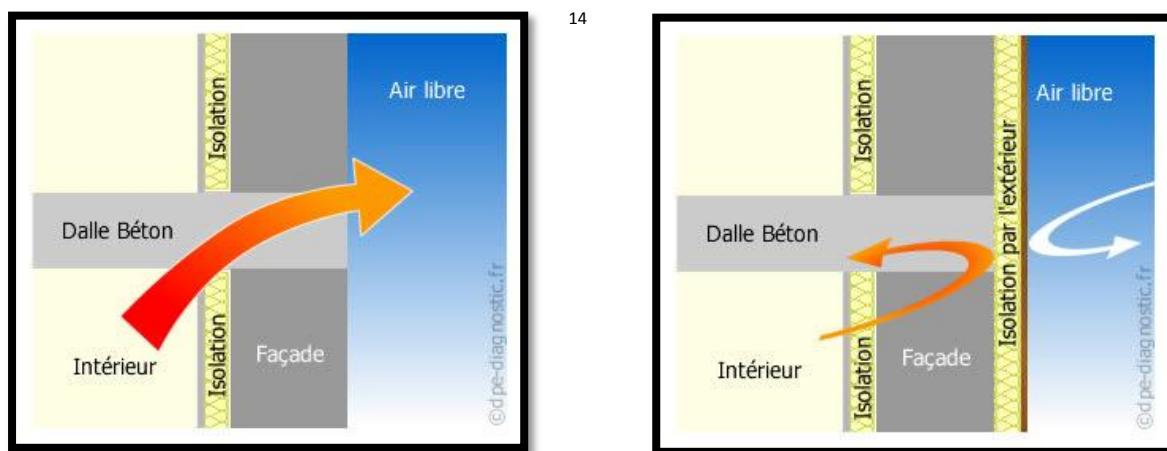
¹³ D'après une étude du projet *Cepheus* de Hanovre

sont fortement isolées, avec une grande épaisseur de matière ; au contraire pour les murs, étant donné qu'on cherche à minimiser l'épaisseur des parois, un jute milieu doit être adopté.

Pour les fenêtres dont l'isolation doit également être irréprochable, ce coefficient ne peut dépasser $0.8 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Dans ce contexte, le triple vitrage est le plus souvent adopté, avec une attention toute particulière à la jonction entre la fenêtre et le bâti. De façon plus générale, l'isolation d'un bâtiment à énergie positive se fait souvent à l'extérieur, afin de créer une enveloppe autour de l'édifice.



3.1.3. Un point critique de l'enveloppe : les ponts thermiques



Si l'isolation thermique d'une façade est exclusivement intérieure, cette barrière isolante peut parfois être rompue, souvent à la jonction de deux parois (schéma de gauche). Une isolation extérieure crée alors une véritable couverture autour de l'édifice, et réduit ainsi les ponts thermiques (schéma de droite). Bien que dans un bâtiment ordinaire, les ponts thermiques ne représentent que 5% de la perte de chaleur, ils représentent, pour un bâtiment à énergie positive, un enjeu important dans l'isolation, considérant les exigences d'une telle construction.

3.1.4. Vérification de l'isolation



On utilise la thermographie infrarouge, qui permet de mettre en lumière les zones de mauvaise isolation. Malheureusement, cette technique ne peut être mise en œuvre qu'à la fin de la construction, d'éventuelles modifications étant alors parfois trop complexes à réaliser.

On aperçoit sur l'image de thermographie ci-contre, un bâtiment passif au premier plan, avec une excellente isolation et des dégagements de chaleur très faibles. A l'arrière plan, un bâtiment

¹⁴ Source : Diagnostique de Performance Énergétique - www.dpe-diagnostic.fr

ordinaire, où une grande partie de l'énergie est perdue à travers les parois et les fenêtres.

3.2. L'étanchéité à l'air

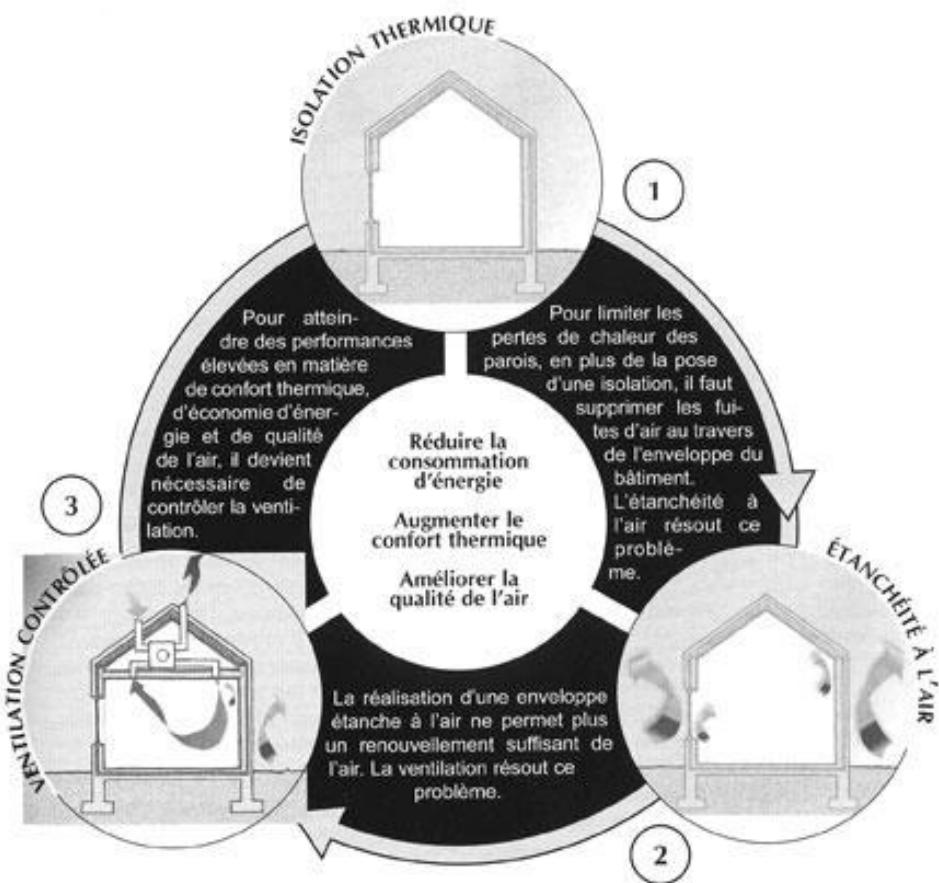
Pour un bâtiment à énergie positive, une excellente herméticité à l'air est nécessaire, car une faille perturberait toute l'efficacité de l'isolation et de la ventilation des locaux. Les fuites peuvent se situer à de nombreux emplacement, en particulier au niveau de tous les raccords et liaisons entre éléments, encadrements de fenêtres, et pénétrations de canalisations.

La qualité de l'étanchéité pourra être vérifiée par des tests d'infiltrométrie, en imposant des dépressions et des surpressions dans l'enceinte du bâtiment.

3.3. La ventilation contrôlée

3.3.1. Nécessité de la ventilation

Il est important de distinguer ventilation et isolation, et surtout de comprendre que ces concepts ne sont pas contradictoires mais complémentaires. Le schéma suivant montre pourquoi une ventilation est nécessaire lorsque l'étanchéité d'un bâtiment est de qualité, et pourquoi il est important d'avoir une ventilation efficace et contrôlée, pour ne pas dégrader une isolation qui le serait tout autant.



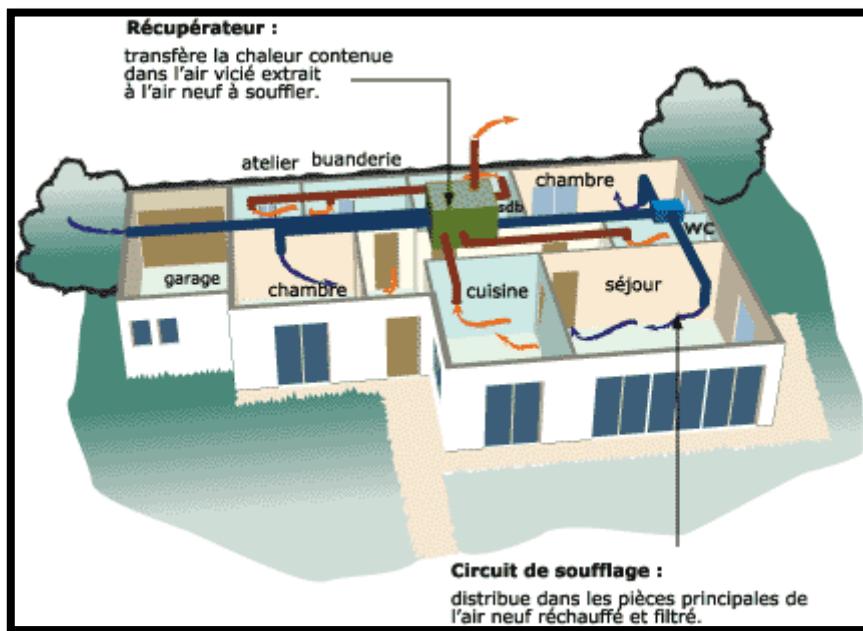
Le renouvellement de l'air, indispensable au bien-être et au confort dans une habitation, présente de nombreux avantages :

- Hygiène : le renouvellement de l'air est indispensable à l'évacuation du CO₂ et des substances toxiques éventuellement dégagées dans l'air. La mise en place de filtres permettra même d'avoir, dans l'habitat, une atmosphère plus saine que l'air extérieur.
- Humidité : un air renouvelé limite fortement la condensation et permet ainsi d'éviter tout problème de moisissures.
- Confort : l'air frais est renouvelé continuellement, permettant ainsi une aération continue de l'habitat. Les odeurs et poussières sont dissipées rapidement, apportant un confort de vie important.

Les systèmes de ventilation peuvent néanmoins présenter plusieurs inconvénients : les filtres doivent souvent être entretenus, certains systèmes peuvent être bruyants, et l'homogénéité de la température dans toutes les pièces peut devenir gênante.

3.3.2. *Principe de ventilation*

Un seul système de ventilation est aujourd'hui envisageable pour les maisons à énergie positive : il s'agit d'une ventilation mécanique (l'extraction et l'alimentation en air sont mécaniques) contrôlée, qu'on appelle à « double flux ». Ce système permet d'éviter les pertes de chaleur inhérentes à une ventilation plus classique : la chaleur de l'air vicié, extrait de la maison, et récupéré, et utilisé pour réchauffer l'air neuf filtré venant de l'extérieur.



Un tel système permet de récupérer de 70% et 90% de la chaleur de l'air vicié, et de réutiliser la chaleur dégagée à l'intérieur de l'habitat, par les personnes elles-mêmes ou par les appareils électriques. Comme le montre le schéma suivant, les circuits d'insufflation d'air et ceux d'extraction sont séparés : l'air renouvelé est amené dans les pièces de vie commune comme les chambres ou le

séjour, et l'air vicié est extrait depuis la cuisine ou la salle de bain. La particularité d'une ventilation double flux contrôlée est que la température de l'air renouvelé est contrôlée électroniquement, pour éviter des consommations d'énergie inutiles.

Une pompe à chaleur supplémentaire, ou d'autres systèmes alternatifs, pourront apporter l'énergie de chauffage nécessaire, en plus de l'énergie récupérée à partir de l'air vicié.

L'avantage majeur d'une VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée) double flux est l'économie d'énergie par récupération de calories dans l'air vicié. Néanmoins, ce système est le plus coûteux à l'achat et à l'installation. Cette dernière doit d'ailleurs être faite avec précaution, car ces systèmes peuvent être particulièrement bruyants si l'isolation acoustique n'est pas adaptée.

3.3.3. *L'énergie solaire passive*

L'énergie solaire, captée par les parties vitrées, est une énergie extérieure indispensable au fonctionnement des habitations à énergie positive. Les surfaces vitrées dépendent donc de l'orientation du bâtiment : 40% à 60% de surface vitrée sur la façade Sud, 10% à 15 % sur la façade Nord, et moins de 20% sur les façades Est et Ouest.

Ainsi, pour pouvoir accumuler cette énergie, et la restituer lorsque cela est nécessaire, l'inertie thermique de l'habitat entre en jeu : une forte inertie peut être atteinte en utilisant des matériaux lourds lors de la construction.

Quand l'inertie est élevée, cela permet en effet par exemple, de conserver un intérieur frais en journée, pour que le soir, la chaleur accumulée par les matériaux soit restituée, et que la température reste agréable la nuit. Cela permet de raccourcir les temps de chauffage, et ainsi de réduire la consommation d'énergie associée.

3.4. Construction compacte

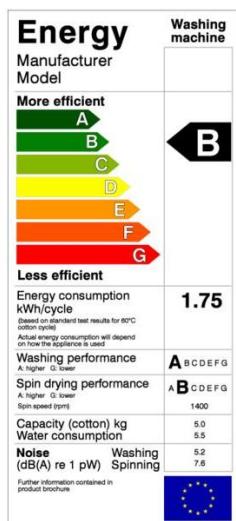


¹⁵La compacité peut jouer un rôle important dans le gain d'énergie de chauffage : la compacité d'un bâtiment est le rapport entre surface thermoconductrice et volume à chauffer. Ainsi, pour un même volume, la perte d'énergie par les parois sera plus faible dans une maison compacte, qui présentera donc une surface déperditive faible.

La maison passive ci-contre, construite en Allemagne, est un bon exemple de constructions compactes.

¹⁵ Maison passive à Darmstadt en Allemagne

3.5. Limitation des consommations d'énergie des appareils ménagers



De nombreuses économies d'énergies peuvent être faites dans le choix d'appareils électroménagers adéquats. Parmi les plus énergivores, on trouvera les lave-vaisselles et lave-linges, fours ou réfrigérateurs ; le principe de l'étiquette-énergie standardisée à l'échelle européenne, permet de choisir ses appareils électroménagers en fonction de leur consommation électrique.

Des réflexes doivent être adoptés dans le choix des éléments électriques des habitations, comme l'achat d'ampoules basse consommation, le fait d'éteindre tous les appareils lorsqu'ils ne servent pas, ne pas laisser un appareil en veille, responsable parfois des trois quarts de la consommation énergétique d'un appareil.

3.6. Moyens de production d'énergie

Pour une maison à énergie positive, la consommation globale d'énergie doit être plus faible que l'énergie qu'elle produit. Il est donc nécessaire d'associer aux techniques de réduction de consommation d'énergie, des moyens de production d'électricité et de chaleur, ainsi que des infrastructures adaptées pour stocker et transporter ces énergies. Ce type de maison pourra donc accueillir :

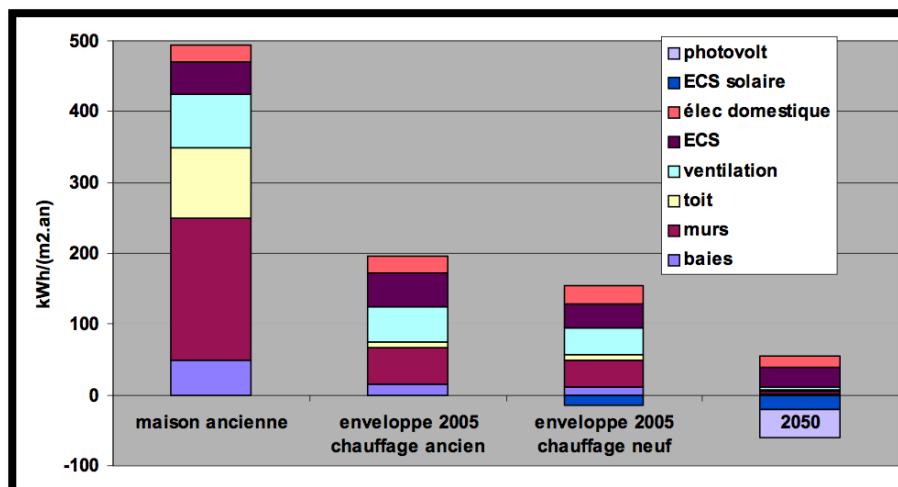
- Des modules solaires photovoltaïques installés sur le toit ou sur les façades fortement exposées au soleil, qui permettent de produire de l'électricité.
- Des capteurs solaires thermiques qui transmettent l'énergie solaire reçue à un fluide caloporteur, pour produire de la chaleur.
- Des aérogénérateurs comme les technologies micro-éoliennes pour produire de l'électricité.
- Utilisation de l'énergie géothermique pour récupérer de la chaleur, en utilisant souvent l'eau comme véhicule thermique.
- Utilisation de la biomasse (chaudière à cogénération biomasse fonctionnant à partir de bois ou d'huile par exemple) pour produire de l'électricité et de la chaleur.

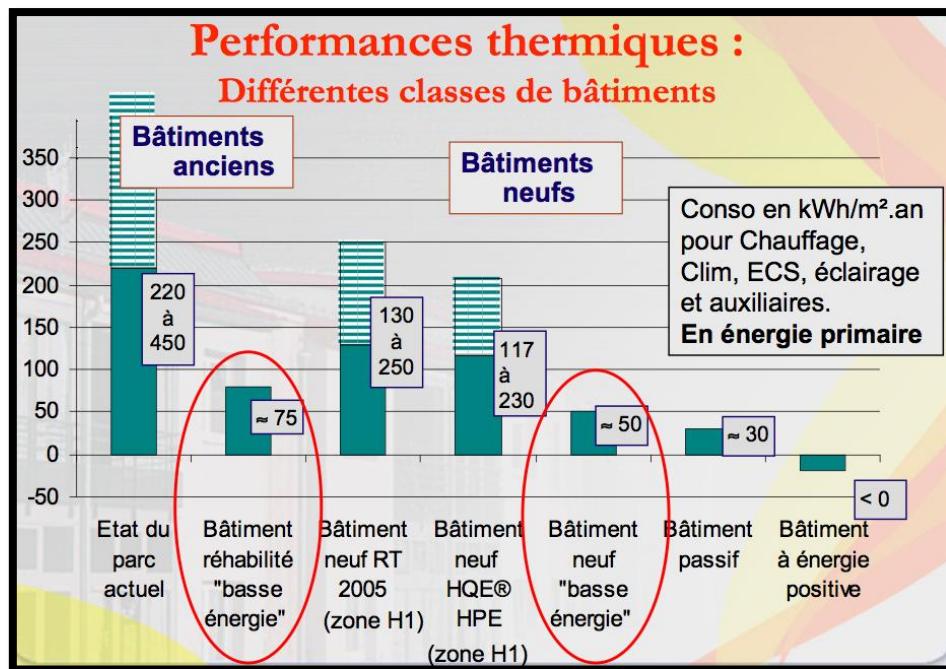
Partie 3 : *Évolution du concept*

Depuis quelques années, les bâtiments à énergie positive sont passés de simples chimères à de véritables objectifs pour les années 2050. En effet, l'influence des bâtiments sur l'environnement ainsi que le développement d'énergies renouvelables et de techniques de réduction de consommation d'énergie ont fait prendre conscience de l'obligation de préserver les ressources énergétiques. Ainsi les pouvoirs publics se sont engagés à développer tous les cinq ans des réglementations thermiques (RT) qui limitent la consommation en énergie des bâtiments. Cette réglementation thermique est née après les premiers chocs pétroliers des années 70. Elle s'applique aux bâtiments du secteur de l'habitat et du tertiaire. Elle est donc révisée tous les cinq ans et impose dans ses seuils minimaux des valeurs résultant d'un consensus entre les ambitions affichées par les politiques publiques et les contraintes technico-économiques mises en avant par les professionnels du secteur. Elle offre aussi, en option, des seuils plus ambitieux de performance énergétique que les maîtres d'ouvrage plus motivés peuvent mettre en œuvre.

Ainsi la RT 2005, mise en œuvre en 2006-2007, affiche pour les logements un seuil moyen de 110 kWh/(m².an) avec des possibilités de label « HPE » et « THPE » (haute et très haute performance énergétique) avec ou sans énergie renouvelable, ce qui donne 4 niveaux et un label BBC (bâtiment basse consommation) à 50 kWh/(m².an). Cette réglementation s'applique à toutes les constructions neuves résidentielles ou tertiaires. La RT 2005 s'inscrit dans la continuité de la RT 2000 en durcissant les objectifs à atteindre. Les nouveaux bâtiments doivent alors respecter certaines conditions : tout d'abord la consommation d'énergie du bâtiment doit être inférieure à une certaine valeur seuil dépendant du climat et du chauffage utilisé. De plus pour l'isolation thermique ou la ventilation, des valeurs minimales sont également demandées. La RT 2005 incite ainsi à l'utilisation d'énergie renouvelable et à la limitation de l'utilisation de climatisation. Depuis 2008 les exigences de la réglementation ont été renforcées notamment en ce qui concerne la climatisation et la performance des chaudières.

L'objectif est donc d'avoir d'ici 2050 des bâtiments qui produisent l'énergie dont ils ont besoin. Cette objectif se divise en deux étapes : tout d'abord obtenir une consommation de 40 kWh/(m².an) d'ici 2020 avant d'avoir des bâtiments à énergie positive pour 2050.





Quelques chiffres sur les objectifs à atteindre et sur la situation actuelle¹⁶

Aujourd’hui la consommation moyenne est de plus de 300 kWh/(m².an) alors qu’elle était de 500 kWh/(m².an) il n’y a pas si longtemps ce qui montre les progrès déjà réalisés dans ce domaine. Cependant la réglementation française ne semble pas évoluer assez vite pour espérer atteindre l’incontournable « facteur 4 ». Des acteurs sociaux, des industries de l’isolation, des centres techniques et des organismes bancaires ont décidé de promouvoir un label énergétique dans le contexte français : Effinergie. Les exigences de ce label reposent sur la RT 2005 et deviendront les exigences minimales pour la RT 2010. Ce label exige une consommation en énergie primaire inférieure à 50kWh/(m².an) pour les logements neufs (pondérée en fonction de la région et de l’altitude). Pour la réhabilitation de logements existants, la proposition est de 80 kWh/(m².an). Ces exigences de performance permettront de se rapprocher des exigences du facteur 4. En effet rien que pour le chauffage le parc actuel consomme environ 200 kWh/(m².an) en moyenne. Effinergie promeut ainsi les bâtiments à basse énergie et fournit une certaine coordination entre les décisions nationales et initiatives régionales tout en essayant de les regrouper sous forme de label pour assurer une certaine lisibilité dans le domaine des bâtiments à basse consommation. Effinergie se propose enfin comme un moyen de fédérer l’ensemble des acteurs du marché tels que les banques ou les promoteurs en essayant de trouver des solutions financières appropriées. En plus de cela, pour aider les professionnels à prévoir la mise en place technique de bâtiment à basse ou très basse consommation d’énergie et pour anticiper sur la future réglementation thermique de 2010, le gouvernement a mis en place PREBAT un programme de recherche sur les économies d’énergies dans le bâtiment. Ce programme investit plus de 62 millions d’euros dans le développement de

¹⁶ Source : Alain Maugard, Président du CSTB, Jean-Robert Millet, division Énergie du CSTB, Daniel Quénard, division Caractérisation, physique des matériaux du CSTB - « Vers des bâtiments à énergie positive » <http://www.cstb.fr>

Samuel Courgey, chargé de missions Approches environnementales AJENA et ARCANNNE

solutions pour la construction de bâtiments neufs consommant moins de 50 kWh/(m².an) et pour la réhabilitation énergétique de bâtiments et enfin la construction de bâtiments à énergie positive.

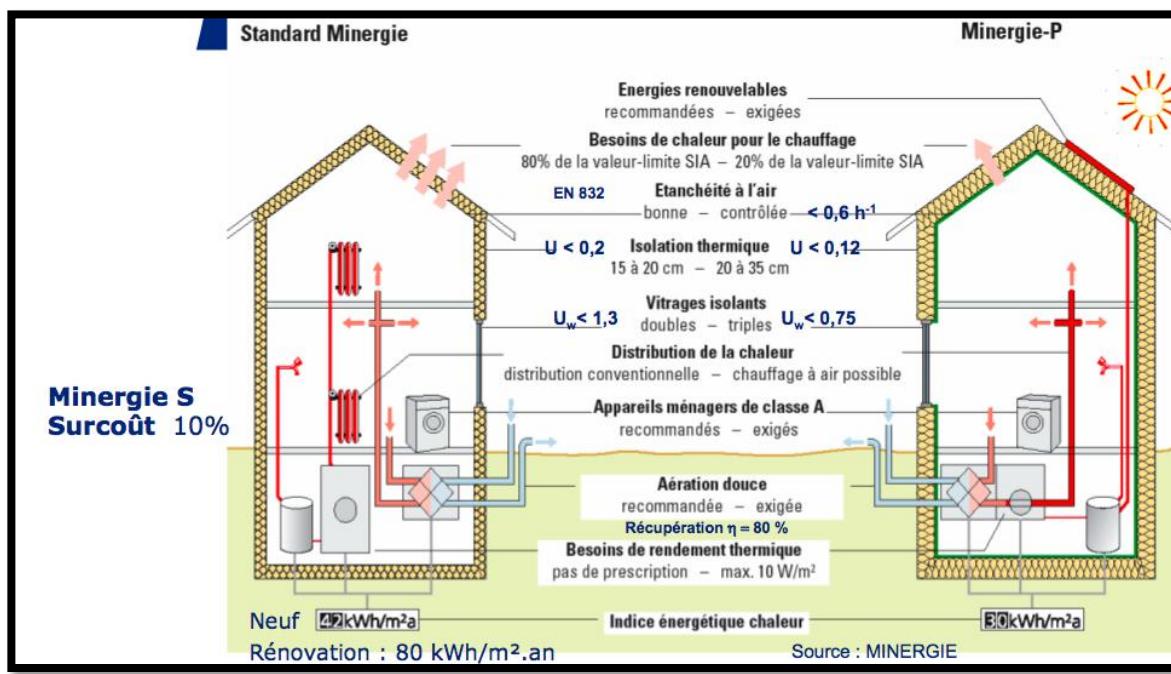
Pour atteindre le plus rapidement possible ces exigences drastiques, certains pays ont développé des labellisations qui ont pour objectif de se rapprocher des bâtiments à énergie positive. Tout d'abord Minergie a développé en Suisse un label pour construire des bâtiments à faible consommation d'énergie puis Passivhaus en Allemagne a développé des bâtiments passifs avant que des bâtiments à énergie positive ne soient réellement construits : les Zero Net Energy Houses. Ainsi Minergie est label de très haute qualité destiné à assurer le confort et la performance énergétique des bâtiments. Il prône ainsi une maison avec de très faibles consommations en énergie. Ce label reprend les principes de la RT 2005 en les poussant encore plus loin et s'appuie sur plus de dix années d'expérience et de recherche en Suisse qui ont contribuées à la mise en place de plus de 11000 bâtiments. Minergie est décliné en plusieurs labels. Le standard Minergie exige une consommation de 42 kWh/(m².an) pour les constructions neuves et 80 kWh/(m².an) pour les constructions à réhabiliter. Ce standard Minergie s'applique aussi bien aux bâtiments résidentiels qu'aux bâtiments du secteur tertiaire. Le label Standard Minergie-P s'applique pour les bâtiments passifs et est encore plus exigeant. En effet il demande une consommation de moins de 30 kWh/(m².an). Les besoins de chauffage sont alors inférieurs à 15 kWh/(m².an). Ce label s'appuie sur l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment, sur un choix des appareils électroménagers, sur un indice de dépense d'énergie thermique et sur une meilleure isolation thermique.

Exigences / Mesures à prendre	Effets sur la santé / le bien-être	
	directs pour les occupants	indirects sur l'environnement
Excellente isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment	Confort thermique (températures intérieures agréables)	Réduction des pertes de chaleur grâce à l'enveloppe du bâtiment. Conséquence : consommation moindre d'énergie de chauffage et donc baisse des émissions de poussières fines, avant tout dans les villes et agglomérations
Système d'aération mécanique ou aération automatique par les fenêtres	Amélioration de la qualité de l'air intérieur pendant toute la phase d'utilisation du système, par rapport aux bâtiments dont l'aération se fait par les fenêtres uniquement	Pas de déperditions inutiles d'énergie de chauffage lors de l'aération requise (pertes de chaleur dues à l'aération) notamment grâce à la récupération de chaleur
Exigences accrues du standard MINERGIE-P dans le domaine de l'énergie	néant	Réduction supplémentaire de la consommation d'énergie et des charges environnementales qui en découlent
MINERGIE-ECO, mesures relevant de la santé	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pas de forte concentration en composants organiques volatils (COV) dans les premières semaines ■ Faible charge en formaldéhyde de l'air intérieur due aux dérivés du bois ■ Garantie d'un bon éclairage grâce au recours à la lumière du jour ■ Bonne protection contre le bruit tant extérieur qu'intérieur 	Diminution des COV polluant l'air extérieur ; contribution à la diminution de la formation d'ozone en été
MINERGIE-ECO, mesures relevant de l'écologie du bâtiment	Contribution à la réduction de la pollution potentielle dans les locaux, selon la mesure prise (ex. : fixations mécaniques et non encollage)	Réduction de la charge environnementale due aux matériaux de construction

Comparatif entre les labels Minergie¹⁷

¹⁷ Source : Office fédéral de la santé publique OFSP de la confédération suisse « Minergie et santé »

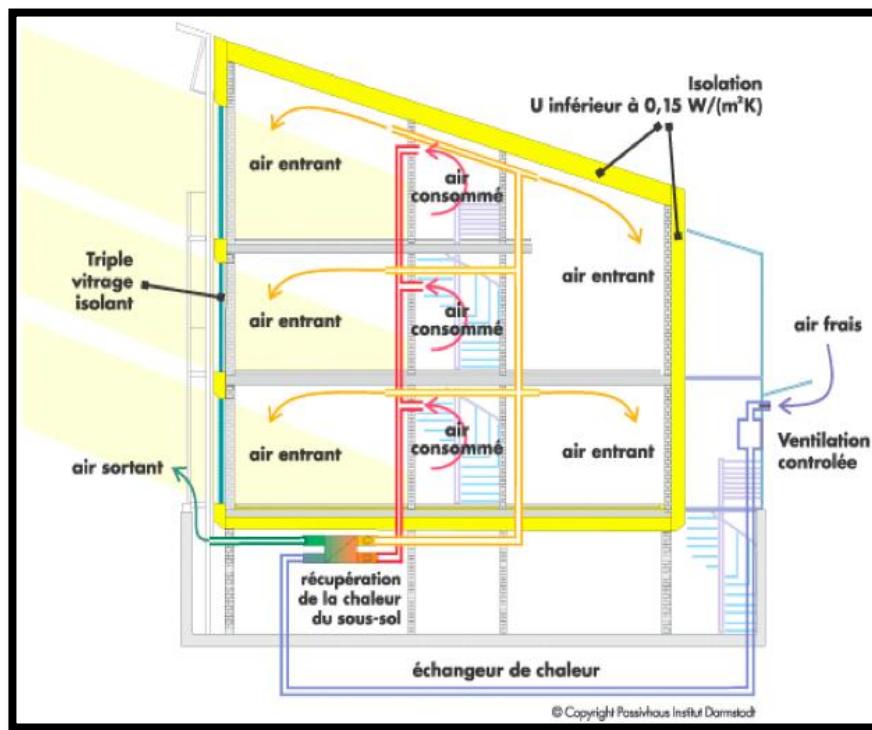
Minergie a également développé un label Minergie-Eco qui s'ajoute à l'un des deux précédents et qui impose une construction saine et écologique. Ce label s'applique aux immeubles de bureau, aux écoles et aux habitations. Aujourd'hui plus de 6700 bâtiments ont été certifiés Minergie et les certifications Minergie-P et les différentes Minergie-Eco sont également en pleine expansion.



Différence entre Standard Minergie et Minergie¹⁸

Pour avoir l'obtention du label allemand Passivhaus, les bâtiments doivent remplir des normes encore plus strictes concernant leur performance énergétique. Ils doivent en effet respecter des besoins de chauffage inférieurs à $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{.an})$ et avoir une consommation globale en énergie primaire qui comprend à la fois chauffage, ventilation, eau chaude sanitaire, éclairages et équipements électroménagers inférieure à $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{.an})$; ce qui correspond à environ à un maximum de $46 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{.an})$ d'énergie finale. Les bâtiments doivent également évoluer de façon à avoir une meilleure étanchéité de l'enveloppe (les fuites ne doivent pas dépasser $0,6 \text{ Volume de la maison/h}$). Généralement les apports solaires et apports énergétiques internes ainsi que le système de ventilation permettent de maintenir une température idéale en n'importe quelle saison.

¹⁸ Source : Alain Maugard, Président du CSTB, Jean-Robert Millet, division Énergie du CSTB, Daniel Quénard, division Caractérisation, physique des matériaux du CSTB. « Vers des bâtiments à énergie positive » http://www.cstb.fr/fileadmin/documents/actualites/Dossiers/bepos/vers_des_bepos.pdf



Maîtrise de l'air dans un bâtiment Passivhaus¹⁹

L'augmentation de la taille du parc qui croît de 1,4 % par an et la consommation croissante en électricité notamment ont donc poussé à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments pour essayer d'arriver à la Zero Net Energy House, une maison qui a une consommation net nulle en énergie et qui peut ainsi satisfaire ses propres besoins énergétiques. De tels bâtiments ont déjà été réalisés ce qui montre que de tels bâtiments à énergie positive sont réalisables malgré un surcoût considérable de 10 %. Les objectifs sont donc de généraliser dans les bâtiments neufs ou à réhabiliter toutes ces exigences qu'elles proviennent de ces labels Minergie ou Passivhaus, des réglementations nationales ou même d'initiatives régionales ou privées qui existent notamment en région Rhône-Alpes lancées par La Délégation régionale Rhône-Alpes de l'ADEME, le Conseil régional Rhône-Alpes et l'Anah (Agence nationale de l'habitat). De nouvelles techniques sont sans cesse mises au point pour réduire les besoins de chaleur et pour essayer de stopper l'importante croissance de la consommation en électricité : l'utilisation automatique de la climatisation et le confort d'été sont dès lors remis en question. L'utilisation d'énergies renouvelables telles que le solaire est également fortement recommandée (éoliennes, panneaux solaires et cellules photovoltaïques...). Par exemple Barcelone a créé une ordonnance solaire : les bâtiments doivent alors couvrir 60 % de leur énergie par du solaire thermique. Cette ordonnance montre la volonté de la ville d'inclure les énergies renouvelables dans leur politique de réduction de consommation d'énergie même si cette décision est difficile à appliquer dans un futur proche. Les technologies de demain cherchent inéluctablement à réduire la perte d'énergie : des travaux sont menés sur l'enveloppe des bâtiments notamment sur les supers isolants ou les isolants adaptatifs qui permettent de mettre à l'abri l'hiver et de profiter des rayons solaires l'été. Des études sont aussi réalisées sur les matériaux à changements de phase et sur les vitrages pour améliorer confort et consommation d'énergie.

¹⁹ Source : Emmanuel Fleury et Ahmad Husaunndee, CSBT « Économies d'énergie dans l'habitat »

Partie 4 : *Quel intérêt ? Pour qui ?*

1. Avantages pour les particuliers ou les entreprises

1.1. Avantages financiers

1.1.1. *Économies d'énergie*

Un habitat passif permet de diminuer drastiquement les besoins énergétiques quotidiens. Un bâtiment à énergie positive permet même de produire plus d'énergie qu'il n'en consomme. On réalise ainsi un profit en vendant l'excès d'énergie.

Par exemple, pour une maison « normale » à 250 000€, le surcout est de l'ordre de 10%, soit 25 000€. En tenant compte des économies d'énergie et de la non émission de CO2 et de la production d'énergie, les recettes s'élèvent à 1450€/an pour une production de 2650 kWh/an.

Surcout initial	25 000€
Production d'énergie annuelle	2 650 kWh
Recette annuelle	1 450€
Bénéfice sur 20 ans	29 000€
Bénéfice net	4 000€

Exemple d'une installation de taille moyenne pour une maison individuelle (sans aide publique)

Ainsi il faut une vingtaine d'années pour revenir dans ses frais. Les bénéfices réels n'arrivent qu'au bout d'une trentaine d'années. Pour réduire cette durée et inciter à la construction et rénovation d'habitat pour en faire des BEPOS, le gouvernement octroie des crédits d'impôt.

1.1.2. *Aide publique : crédit d'impôt et aide régionale²⁰*

Le crédit d'impôt consiste en une réduction de l'impôt sur le revenu. Le crédit d'impôt dédié au développement durable et aux économies d'énergie permet de déduire 50% des investissements faits dans cette optique. Ainsi la durée au bout de laquelle les investissements sont amortis diminue. On peut ajouter une aide financière territoriale. Cette dernière dépend de la localité. En reprenant l'exemple précédent, on remarque que la durée de rentabilité est passée de 20 à 10 ans.

²⁰ Source : www.impots.gouv.fr

Surcout initial	25 000€
Crédit d'impôt	- 8 000€
Aide territoriale	- 2 000€
Production d'énergie annuelle	2 650 kWh
Recette annuelle	1 450€
Bénéfice sur 10 ans	14 500€
Bénéfice net	- 500€

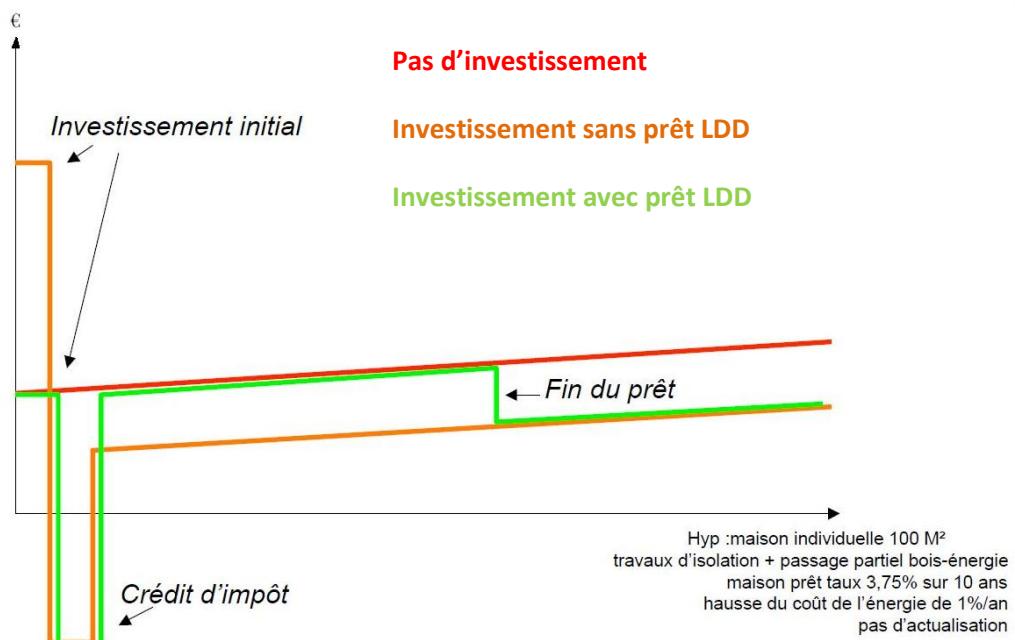
Exemple d'une installation de taille moyenne (avec les aides publiques)²¹

Ainsi, après 10 ans on commence vraiment à gagner de l'argent grâce à l'investissement dans le développement durable.

1.1.3. Livret de développement durable ou LDD (ex-codevi)²²

Le livret développement durable consiste en un compte d'épargne plafonné à 6000€. Il est destiné au financement des projets d'amélioration de l'efficacité énergétique ou d'inclusion de systèmes de production d'énergie renouvelable dans les bâtiments anciens. Ainsi les particuliers ou les professionnels effectuant des tels travaux peuvent faire un emprunt pour entamer les travaux.

Le crédit d'impôt est fait pour diminuer la durée nécessaire pour que le projet soit rentable, le LDD est fait pour aider au lancement du projet et impliquer les banques et leurs clients par grâces à la communication faite autour du LDD.



Impact du prêt LDD et du crédit d'impôt sur les investissements

²¹ Source : www.toit-pour-moi.fr

²² Source : Matthieu Welhoff, comparateurs d'emprunts écologiques ADEME

1.2. Autonomie et responsabilisation des citoyens

Le fait de produire soi-même l'énergie entraîne une responsabilisation de son usage. On peut ainsi tirer une satisfaction certaine d'être énergiquement autonome et d'œuvrer pour l'environnement. Cet intérêt là est purement psychologique.

2. L'image des villes

Les projets de développement durable, de construction de bâtiment à énergie positive permettent à une ville de renouveler son image, de paraître plus moderne, dynamique et donc attractive. On peut citer l'exemple d'Aberdeen, ville écossaise connue pour ses plateformes pétrolières en mer du Nord. Renommée « the oil capital of Europe » durant les années 90, la ville cherche à transformer son image grâce à de gros projets d'éco-construction tel le 3Rs Project. Il s'agit de réorganiser, rénover et reconstruire les écoles, certains bâtiments publics et quelques librairies.



Transformation d'Aberdeen²³

²³ Source : Rajini Sokhi, assistante de projet pour l'Aberdeen Renewable Energy Group

Partie 5 : *Le bâtiment à énergie positive et les hommes*

1. Une douce illusion pour certains

Les prix élevés des matériaux de construction utilisés pour les bâtiments à énergie passive, ainsi que la difficulté rencontrée pour trouver des sites réunissant toutes les conditions à leur construction, sont les principales raisons qui déplaisent aux entreprises de BTP. Les constructeurs préfèrent construire des bâtiments « normaux » qui sont plus rentables. De plus, certaines réglementations posent des problèmes au niveau européen (RT 2005 en particulier) quant au permis de construire pour de tels bâtiments.

De plus, les « maisons vertes » et autres bâtiments à bilan énergétique positifs sont parmi les plus chers du marché, et attirent pour l'instant des catégories de clients très particulières : architectes, ingénieurs, particuliers au revenu élevé. Ces clients sont trop peu pour que le secteur du BTP considère sérieusement des projets à grande échelle. Il en résulte une très faible médiatisation pour ces projets.

D'autres encore pensent qu'il est trop tôt pour investir et développer ces types de bâtiments car nous ne disposons pas aujourd'hui d'une technologie assez avancée. Il est certain qu'il faut maintenant tâcher de trouver des techniques équivalentes à celles employées actuellement, mais moins coûteuses. La recherche sur le photovoltaïque a permis ces dernières années de pousser à son maximum le rendement des panneaux solaires, et ces derniers temps la communauté scientifique s'attèle plus à améliorer les éoliennes et les systèmes récupérant l'énergie des vagues et des courants. Mais certains ont un point de vue plus optimiste sur la question.

2. Une réalité à considérer sérieusement pour d'autres

Ce nouveau marché des bâtiments à énergie positive (il est en fait plus exact de parler de bâtiment à bilan énergétique positif) est vu par certains comme une immense opportunité de combiner profit et conscience environnementale. Ils pensent au passage bénéficier d'une meilleure image (greenwashing très à la mode...) auprès de leur clientèle.

C'est « l'effet certification », qui est très connu en milieu industriel avec les séries ISO (9001 et 14 001 pour les plus célèbres) : si une entreprise est certifiée, toutes les autres doivent aussi l'être pour s'aligner face au client.

La communauté scientifique est très optimiste quant au futur des bâtiments à énergie positive, car même si pour l'instant c'est encore trop coûteux, la courbe de baisse du prix va rapidement croiser celle de l'augmentation du prix de l'énergie. En additionnant le fait qu'on améliore les technologies actuelles et le phénomène précédent, on va donc rapidement arriver à des projets viables et rentables dans ce secteur du BTP.

Enfin, la réglementation thermique 2005 apporte une nouvelle impulsion à la baisse de consommation énergétique. Elle incite à la mise en place de réalisations exemplaires, qui vont de pair avec l'élaboration de solutions techniques nouvelles. L'ADEME et la Fondation Bâtiment Energie sont des financeurs potentiels de tels projets. Elles agissent de concert au sein du PREBAT, qui a été doté de 18 M€. Sur la période 2005-2006, 58 projets ont été retenus, 26 d'entre eux portant sur l'enveloppe des bâtiments. Dès 2007, les problématiques de mise en œuvre des matériaux seront également prises en considération dans les programmes du PREBAT.

Pour chaque ménage, le coût du "Facteur 4" (réduire par 4 la consommation énergétique des foyers) représente un montant d'investissement compris entre 15 000 et 30 000 euros à réaliser avant 2050. Pour aider les Français à passer à l'acte et à investir dans les économies d'énergie, différentes pistes sont actuellement à l'étude : elles se situent aussi bien au niveau des crédits d'impôts, de la fiscalité que dans l'engagement des banques sur ce sujet.

3. Risques et limites

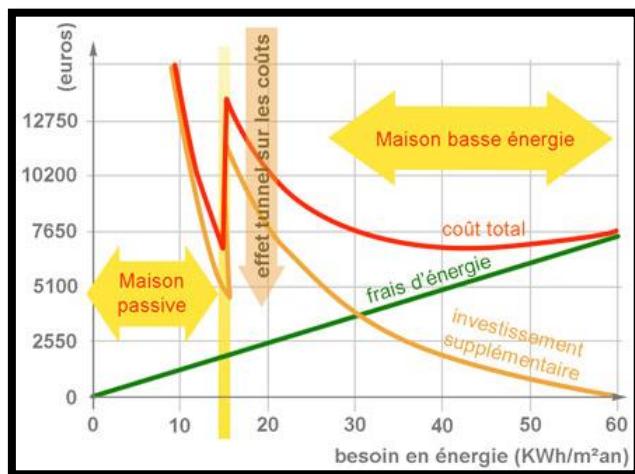
Le principal risque, en courant précipitamment vers le bâtiment à énergie positive, c'est de réaliser des bâtiments dont le bilan est positif seulement parce qu'ils produisent plus que ce qu'ils gaspillent ! Il ne faut pas concevoir un bâtiment qui produit un maximum d'énergie, mais un compromis entre production d'énergie propre et économies d'énergie.

Dès lors, la démarche juste se situe à 2 niveaux :

- Techniquement, le bâtiment optimum est le bâtiment passif, il est conçu pour cela, c'est sa définition même... il se passe de système conventionnel de chauffage, le système de ventilation suffisant à le réguler thermiquement, en combinaison avec les apports solaires (= conception bioclimatique) et la chaleur propre des occupants. Il n'est pas utile d'aller plus loin techniquement, puisque les calories de l'air sortant sont quoi qu'il arrive disponibles pour récupération (il faut bien renouveler l'air dans un bâtiment), tout comme les apports solaires et la chaleur des habitants ne cessent jamais d'exister. Le choix de construire passif est donc un choix **constructif**.
- En revanche, le choix de construire "à bilan énergétique positif" n'est plus un choix constructif mais un choix **énergétique et financier** (= faire des bâtiments des mini-usines électriques, faire du chiffre d'affaires avec ses panneaux photovoltaïques). Alors se pose la question suivante : l'optimum collectif (produire globalement un maximum d'électricité d'origine renouvelable) est-il la somme des optima individuels (maximiser le bilan propre de chaque bâtiment) ?

A cette question, sans être un spécialiste de l'énergie, nous avons tendance à penser que la réponse est non et qu'une approche pertinente est sans doute de viser à faire des bâtiments à bilan individuel nul (ni positif, ni négatif), donc à produire sur place juste l'énergie résiduelle dont l'occupant a encore besoin (lumière, électro-ménager, etc.) une fois son bâtiment constructivement

optimisé, et à produire collectivement ailleurs et de façon un peu centralisée de l'énergie renouvelable dans des fermes solaires, éoliennes, etc. sur les sites les plus judicieux possible.



Principales différences entre passif et basse énergie (=énergie positive)²⁴

²⁴ Source : www.lamaisonpassive.fr

CONCLUSION

La conjoncture environnementale actuelle nous oblige à trouver des solutions alternatives et à changer des habitudes dont nous commençons à réaliser le danger. En effet, avec des ressources énergétiques qui s'amoindrissent et une surconsommation toujours plus excessive, il est aujourd'hui nécessaire d'apporter des changements à nos habitations, responsables de 30% de la consommation énergétique mondiale.

De nombreuses techniques, des plus simples aux plus complexes, peuvent être mises en œuvre pour donner aux nouvelles habitations une consommation énergétique très faible, ou les rendre même productrices d'énergie.

Malheureusement, l'effort de changement est peu pratiqué, en particulier dans le domaine du BTP, où le souci de rentabilité prend la place des préoccupations environnementales mondiales. Risqué selon certains, indispensable pour d'autres, l'investissement dans un bâtiment à bilan énergétique positif, bien qu'important, est un pas important vers la démocratisation d'habitats respectueux de l'environnement.

Le concept est pourtant peu rependu, car souvent réservé à une classe aisée, consciente de la problématique environnementale. Cependant, étendu aux bâtiments industriels et professionnels, les bâtiments à énergie positive sont un pas de plus vers des constructions nouvelles, qui dont l'impact environnemental sera bien différent des bâtiments ordinaires.

Bien que les mentalités changent peu à peu, un réveil brutal ne sera possible que si des aides sont apportées aux personnes susceptibles de contribuer à l'expansion de ce type de bâtiments.

BIBLIOGRAPHIE

- **AMOES** : <http://www.amoes.com>
- <http://www.energiepositive.info>
- **Encyclopédie libre Wikipédia** : <http://fr.wikipedia.org>
- **Centre Scientifique et Technique du Bâtiment** : <http://www.cstb.fr>
- <http://www.lamaisonpassive.be>
- **Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie** : <http://www.ademe.fr>
- **Thèse de Stéphane THIERS** : bilans énergétiques et environnementaux de bâtiments à énergie positive (doctorant de l'Ecole des Mines de Paris)
- <http://www.concept-bio.com>
- <http://www.minergie.fr>
- <http://www.logement.gouv.fr>
- **Mines - Revue des ingénieurs** - Hors-série "Habitat du futur et développement durable"
- <http://www.impots.gouv.fr>
- **Assises nationales de la construction passive** - Synthèse des exposés & débats (23-24-25 avril 2009, Grenoble)
- **Conférence d'Alain MAUGARD**, Président du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), mardi 20 février 2006 : <http://www.mines-saint-etienne.org>
- **Conférence de Julien RENUCCI à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne** - association NegaWatt et Hespul
- **Magazine Habitat Naturel, Construire et vivre sain** - Hors-série n°6 « Guide de l'éco-rénovation »