

Analyse des performances thermiques des projets et comparaisons



Dans cette partie après avoir indiqué quelques repères énergétiques nécessaires aux calculs nous verrons en détails les déperditions engendré par les surfaces des projets d'autopromotion ainsi que les besoins de chauffages et les solutions techniques choisies par les porteurs de projet.

I. Quelques repères énergétiques nécessaires à une meilleure compréhension des questions énergétiques abordées dans ce document.

A. Coefficient C_{ep}

L'énergie sera exprimée dans ce rapport en multiple de Watts heure (Wh, kWh=1000Wh, MWh=10⁶Wh) Il s'agit d'une énergie qui se distingue d'une puissance exprimée en Watts. Une ampoule éclairant à une puissance de 100 watts consommera 100Wh si elle fonctionne une heure à pleine puissance.

En termes de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire, de climatisation et de besoin d'électrique, l'énergie nécessaire est généralement exprimée en kWh_{ep}/m²/an. Il s'agit du coefficient C_{ep} coefficient de consommation d'énergie primaire du bâtiment réel déterminé en appliquant les règles de calcul de la réglementation thermique RT2005. Cette valeur exprimée de manière annuelle (kWh_{ep}/m²/an) permet de se représenter la consommation d'un logement sur une année donc sur un cycle de chauffage. On considère généralement que les besoins de chauffage sont identiques d'une année sur l'autre. Dans la pratique ce n'est pas le cas mais il s'agit ici de valeur moyenne.

Les quantités d'énergie totale d'un bâtiment sont divisées par la surface hors œuvre net (SHON) de celui-ci (kWh_{ep}/m²/an). Cette unité surfacique permet de comparer des logements indépendamment de leur surface.

Ces quantités d'énergie sont exprimées en énergie primaire (kWh_{ep}/m²/an). En effet l'énergie nécessaire (ou **énergie utile eu**) ne correspond pas à l'énergie qu'utilise les appareils pour subvenir à ce besoin (**énergie finale ef**) de par le rendement des appareils utilisés. De même l'énergie à produire (**énergie primaire ep**) ne correspond pas nécessairement à l'énergie finale puisqu'il peut apparaître des pertes liées au transport.

Par exemple si une habitation nécessite un apport d'énergie de 100kWh_{eu}/m²/an et qu'elle est chauffée par des radiateurs électriques ayant un rendement de 90% cette habitation nécessite $100/0,9 = 111 kWh_{ef}/m^2/an$. De plus l'électricité de part ces pertes de transport (lors des passages de la Très haute tension vers la haute tension puis vers la basse tension avant d'être utilisée) possède un coefficient de conversion de 2,58. Ce coefficient signifie que pour utiliser 1kWh d'énergie finale il faut produire 2,58 kWh d'énergie utile. L'habitation a donc besoin d'une production d'énergie primaire de $111 * 2,58 = 286 kWh_{ep}/m^2/an$.

Il est intéressant de noter que ce facteur de conversion entre énergie primaire et énergie utile n'est différent de 1 que pour l'énergie électrique.

B. Déperdition

Le calcul de déperdition par une surface se fait à partir de son coefficient de transmission thermique U, exprimé en W/m².°C, de la surface de transmission et de l'écart de température subit entre la zone à chauffer et le milieu extérieur exprimé sous la forme de degrés jours. Les degrés jours représentent une unité de mesure représentant les besoins de chauffages d'une zone géographiques. La définition des Degrés Jours Unifiés donnée par Meteo France est la suivante :

« Pour un lieu donné, le Degré Jour est une valeur représentative de l'écart entre la température d'une journée donnée et un seuil de température préétabli." La base de température généralement utilisé est 18°C. »

Les degrés-jours unifiés (DJU) sont calculés à partir de relevé de températures extérieures de Météo France sous forme de base de données annuelle ou trentenaire. Pour chaque jour, le nombre de DJU est calculé en faisant la différence entre une température de référence 18°C et la moyenne des températures minimale et maximale du jour considéré. Les DJU sont alors additionnés sur la période de chauffe soit du 1er Octobre au 20 Mai (232 jours).

Pour une journée le DJU est calculé comme suit

$$DJU = 18 - \frac{T_{max} - T_{min}}{2}$$

Les valeurs obtenues sont donc additionné par mois (d'octobre à mai) puis par année pour obtenir un DJU annuel.

La formule de déperdition d'énergie à travers une surface au cours d'une année est la suivante

$$D = U * S * DJU$$

C. Règlements thermiques¹¹

La réglementation thermique a pour but de limiter les consommations énergétique des constructions en France tout en assurant un confort minimum pour les habitants de logements construits. La première réglementation thermique répond en 1974 au premier choc pétrolier de 73 qui marque une prise de consciences des limites de la consommation énergétique. Cette RT 1974 avait d'ores et déjà pour objectif de limiter la consommation d'hydrocarbure dans le domaine de la construction immobilière. Elle fixe l'objectif chiffré de réduction de 25% des consommations énergétique du bâtiment par rapport aux normes en vigueur depuis 1950. Pour cela la construction peut jouer sur l'isolation des bâtiments et sur le renouvellement de l'air au sein de celui-ci. Cette réglementation introduit les coefficients K et G respectivement coefficient de transmission thermique qui mesure la quantité d'énergie qui s'échappe à travers les parois et le coefficient de déperdition global mesurant la perte d'énergie rapportée au volume habitable du bâtiment (il s'exprime en W/m³.K).

Cette réglementation voit sa première mise à niveau en 1982, là encore en écho au second choc pétrolier de 1979. Cette nouvelle mouture impose dans la construction résidentielle une nouvelle réduction de 20%. Cette nouvelle version introduit quant à elle le coefficient B qui représente les besoins de chauffage du logement. Les besoins de chauffages correspondent au coefficient de déperdition global auquel est retranché les apports externes du bâtiment. Il s'agit ici d'une première prise en compte des apports solaires passifs dépendant du taux de vitrage et de l'orientation de ceux-ci. Dans les faits, cette RT rend obligatoire l'application du standard de haute isolation appliqué volontairement depuis 1980.

Ce n'est qu'avec la RT 1988 que les bâtiments à usage non résidentiel se trouvent soumis aux mêmes règles que l'habitat. Ces bâtiments avaient une réglementation spécifique depuis 1974 qui se trouve donc intégrée à la RT 1988. Elle fait également apparaître l'idée d'un optimum économique en laissant la liberté aux constructeurs de choisir la solution la moins onéreuse pour atteindre les objectifs demandés. Cette version fait intervenir le coefficient C qui calcule les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire en faisant intervenir les rendements des appareils utilisé notamment des appareils de climatisation et de ventilation qui sont des postes de consommation très important pour les bâtiments non résidentiels.

La RT 2000 quant à elle impose une nouvelle réduction des consommations énergétiques de 20% pour les habitations et de 40% pour les bâtiments tertiaires. Les constructions à but non résidentiel se voient ainsi imposer des contraintes similaires à celles des habitations. De nouvelles restrictions

¹¹ Réglementation thermique 2005 des bâtiments confortables et performants, direction générale de l'Urbanisme de l'Habitat et de la Construction, 2006
Site rtbatiment.fr, ADEME et Ministère de l'écologie

s'ajoutent aux précédentes en imposant une température maximale à respecter pour les bâtiments n'étant pas climatisés. Ces températures intérieures maximales dépendent des zones du territoire. Le bâtiment doit donc avec la RT 2000 respecter des performances en matière d'économie d'énergie, d'équipements consommateurs d'énergie (chauffage, ECS, climatisation et éclairage) et de confort en été.

Une nouvelle amélioration de 15% des performances thermiques est requise avec la RT 2005 pour les constructions neuves et les extensions. Initialement les objectifs devaient être revus à la hausse tout les 5 ans pour atteindre une diminution de 40% des consommations entre 2000 et 2020. Cette nouvelle version intègre la construction bioclimatique tout autant pour la réduction de besoin de chauffage que pour la limitation des températures en été. Elle prend également en compte les énergies renouvelables dans les calculs ainsi dans le cas d'une consommation d'électricité ou d'une source d'énergie fossile la construction doit fournir une compensation soit par l'utilisation d'énergie renouvelable soit par une isolation plus performante ou de meilleur rendement des systèmes présents.

En parallèle de cette réglementation des labels énergétiques sont mis en place

- HPE (haute performance énergétique) 2005, consommation maximale réduite de 10 % ;
- HPE EnR (HPE - énergie renouvelable) 2005, consommation maximale réduite de 10 %, avec utilisation d'énergie renouvelable ;
- THPE (très haute performance énergétique) 2005, consommation maximale réduite de 20 % ;
- THPE EnR 2005, consommation maximale réduite de 30 %, avec utilisation d'énergie renouvelable ;
- BBC (Bâtiment de Basse Consommation) 2005, consommation maximale à 50 kWh/m²/an (à peu près 50 %) :

En 2009, sont apparus deux nouveaux labels applicables à la rénovation.

- HPE rénovation 2009, consommation maximale à 150 kWh/m²/an ;
- BBC rénovation 2009, consommation maximale à 80 kWh/m²/an.

Les consommations maximales en kWh/m²/an sont corrigées par un coefficient de rigueur climatique tenant compte de la zone géographique et de l'altitude (entre 0,8 et 1,3). La surface est exprimée en mètres carrés SHON.

Suite au Grenelle de l'environnement une RT 2012 plus restrictive est instaurée au lieu des RT 2010, 2015 et 2020 initialement prévue avec un objectif de réduction progressif. Les consommations énergétiques maximales deviennent celle correspondant au label BBC qui est modulé selon les zones géographiques. La RT 2012 représente donc une réduction de près de 50% par rapport à la consommation réglementaire de la RT 2005. Celle-ci entre en vigueur le 27 octobre 2011 pour les constructions publiques d'enseignement et d'accueil de la petite enfance, les bâtiments tertiaires et les bâtiments en zone ANRU. Au premier janvier 2013 cette mesure sera généralisée à l'ensemble des logements neufs.

La réglementation thermique 2020 devrait mettre en œuvre le concept de Bâtiment à Energie POSitive (BEPOS). Il s'agira de réglementations d'objectif qui laisseront aux constructeurs le choix des moyens pour atteindre ces objectifs.

Zone	Coefficient	Norme BBC & RT 2012
Zone H1a	1,3	65 kWh/m ² /an
Zone H1b	1,3	65 kWh/m ² /an
Zone H1c	1,2	60 kWh/m ² /an
Zone H2a	1,1	55 kWh/m ² /an
Zone H2b	1	50 kWh/m ² /an
Zone H2c	0,9	45 kWh/m ² /an
Zone H2d	0,9	45 kWh/m ² /an
Zone H3	0,8	40 kWh/m ² /an



Figure 11 Zone géographique définissant les consommations énergétique maximales pour atteindre le Label BBC Effinergie

Source :

De plus le coefficient est augmenté de 0,1 lorsque le bâtiment est situé à une altitude comprise entre 400 et 800m et de 0,2 au-delà de 800m.

La Réglementation Thermique 2005

La RT 2005 s'applique à l'ensemble des bâtiments résidentiels et tertiaire à l'exception de ceux dont la température normale d'utilisation est inférieure ou égale à 12°C, des constructions provisoires (d'une durée d'utilisation inférieure à deux ans), des bâtiments d'élevage ainsi que des bâtiments chauffés ou climatisés en raison de contraintes liées à leur usage). Elle concerne les projets dont la demande de dépôt de projet est effectué après le premier septembre 2006 et avant le 28 octobre 2011 pour les constructions publiques d'enseignement et d'accueil de la petite enfance, ainsi que tertiaires et logements neufs en accession sociale situés dans les zones de rénovation urbaine et à une distance de moins de 500 mètres de la limite de ces quartiers en faisant référence au 6° du I. de l'article 278 sexies du Code Général des Impôts. Ou avant le 1 janvier 2013 pour les autres bâtiments. A partir de ces dates s'applique la RT 2012.

La RT 2005 reprend le principe instauré avec le RT 2000 qui permet au constructeur de choisir la solution la plus économe financièrement pour répondre à la réglementation. De même la RT 2005 doit elle aussi répondre à trois conditions, l'économie d'énergie, un confort en saison estivale et respecter les « garde-fous ».

Les économies d'énergie

La réglementation oblige les constructeurs à respecter une limite pour les consommations en énergie primaire de chauffage, d'eau chaude sanitaire (ECS), de ventilation, de refroidissement, des auxiliaires et l'éclairage pour le tertiaire. La RT définit les valeurs de référence pour les déperditions énergétiques. Les futurs constructeurs doivent calculer les consommations énergétiques qu'aurait son projet avec ces références définies et proposer un projet ayant des performances égales ou supérieures. Les solutions envisagées devront respecter les consommations que ces valeurs permettent de calculer

II. Choix des systèmes de chauffages dans les constructions neuves.

Les données qui suivent concernent les constructions neuves en 2006 et 2007 pour les particuliers réalisant une maison individuelle. Dans ce type de construction les maîtres d'ouvrage sont les habitants et se sont eux qui choisiront la solution de chauffage qui leur convient compte tenu des contraintes réglementaires, techniques et financières de leur projet.

A. En France

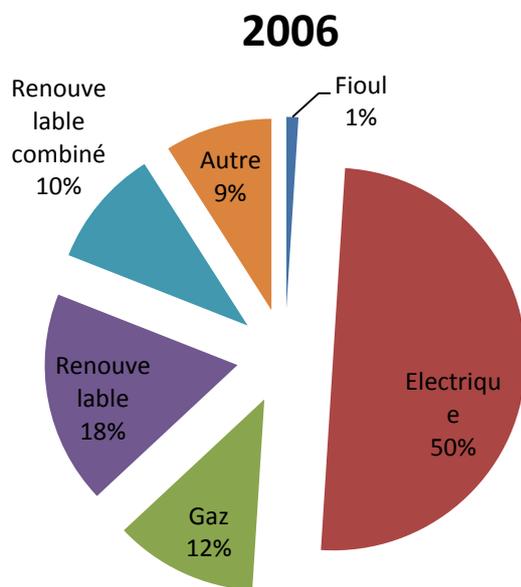


Figure 12 Constructions neuves 2006

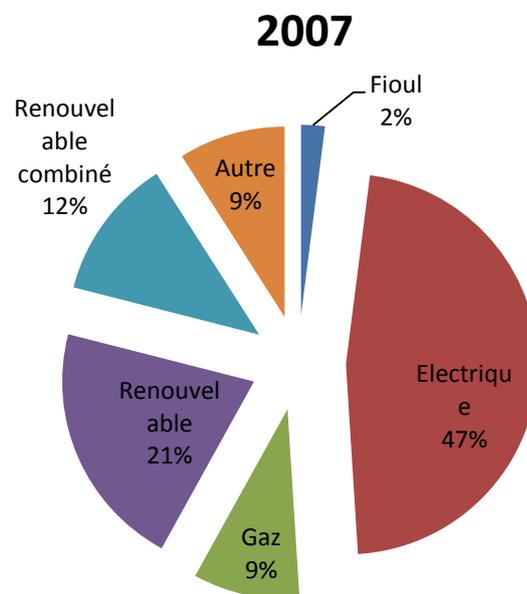


Figure 13 Constructions neuves 2007

Proportion des différents systèmes de chauffages dans les constructions neuves de maisons individuelles en 2006 et 2007

Source : Le point sur n°24, Le mode de chauffage des maisons individuelles, Commissariat général du développement durable, Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer

Il est à noter que dans ce type d'étude les énergies renouvelables comptent le chauffage dont la source est le Bois, les Pompes à chaleur et les sources géothermiques.

La répartition des énergies utilisées dans les logements des constructeurs individuels montre une dominance forte des convecteurs électriques comme source de chauffage malgré une part importante des énergies renouvelables, qu'elles soit seules ou accompagnées d'une source secondaire. Les chiffres précédents montrent les dispositifs de chauffage réalisé par les constructeurs mais ils ne sont pas représentatifs des souhaits des propriétaires. Il ressort de l'étude de l'association Energie et Avenir¹² menée auprès de 400 particuliers ayant obtenu un permis de construire en 2007 un décalage entre les volontés des constructeurs et les choix finalement inscrit au permis de construire.

Pour les particuliers le choix idéal seraient de s'orienter pour 44% vers des Pompe à Chaleur alors qu'elle ne représente que 22% des constructions effectives. Les raisons pouvant expliquer cette différence allant du simple au double peut être le coût de tels dispositifs. En effet, pour 35% des constructeurs le faible coût d'installation est le facteur déterminant pour le choix du dispositif finalement mis en place. Le confort est les économies d'énergies interviennent à hauteur de 23% alors que la protection de l'environnement n'est considérée comme la raison déterminante que chez 9% des personnes interrogées. Ces facteurs déterminants diffèrent la encore entre l'installation souhaitée et l'installation effective. 60% considère que la protection de l'environnement est une motivation pour le choix du dispositif idéal et 55% des considère le cout global de l'opération (installation, entretien et consommation) comme facteur de choix de système idéal. Lorsqu'ils sont interrogés sur ce qui fait selon eux un système de chauffage performant, 65% donnent comme une des raisons le coût de la facture énergétique en utilisation, et 64% le confort. Les économies d'énergie et la protection de l'environnement sont très présents dans la volonté d'adopter un système de chauffage mais ces aspects sont bien souvent occultés lors du choix final pour réduire l'investissement initial, c'est ainsi que 58% des constructeurs indique ne pas avoir choisi d'installer le système de chauffage qu'il jugeait idéal. Ces proportions sont différentes selon les interlocuteurs face auquel se trouvent les particuliers.

Malgré le développement technologique et la communication pour les énergies renouvelables, le coût d'investissement de ces installations réfrène les volontés des particuliers faisant construire. L'étude estime à 80% le nombre de renoncements dues à des aspects financiers. Le choix comporte de nombreuse composante, entre l'investissement initial, le cout de fonctionnement, la rentabilité des systèmes d'un point de vue financier est complexe à appréhender dans toutes ses composantes.

Des proportions variables des sources d'énergies de chauffage sont observables selon les catégories socioprofessionnelles. L'étude menée pour le ministère de l'environnement indique que sur les 156 200 permis de construire déposés en 2007 en France métropolitaine pour construire des maisons individuelles, les cadres supérieurs optent à 41% pour les énergies renouvelables. La catégorie allant le plus loin dans cette démarche est celle des agriculteurs qui construisent à 49% en utilisant ce type d'énergie. La proportion descend à 28% pour les permis de construire déposés par des ouvriers ou des employés. L'étude explique ce constat par les moyens nécessaires à l'installation de systèmes utilisant les énergies renouvelables. Les professions intermédiaires, ouvriers et employés faisant le choix d'utiliser des énergies renouvelables compensent souvent cet investissement par une réalisation à leur compte d'une partie des travaux de leur habitation. Cette donnée est à mettre en parallèle des surfaces moyennes des constructions utilisant les énergies renouvelables qui sont de 152 m² pour des terrains de 1733 m² alors que la moyenne de l'ensemble est de 136 m² pour les surfaces habitables pour des terrains de 1415 m². Il faut également préciser que les pompes à chaleur géothermique nécessitent généralement des surfaces de terrain importantes pour y installer le système de captage d'énergie.

¹² Le choix du système de chauffage dans les logements neufs, D'après une enquête conduite par Batim-Etudes pour l'association Energie et avenir, Octobre 2007

La localisation des projets à son importance, les agglomérations favorise l'installation de chaudières fonctionnant au gaz. Le raccordement est plus aisé en milieu de construction dense avec des réseaux pouvant couvrir l'ensemble du territoire. Les permis de construire déposés en 2007 indiquent que le gaz est choisi en moyenne dans 3% des cas en rural éloigné de cœur d'agglomération et croit pour atteindre 22% dans les agglomérations de plus de 200000 habitants (l'agglomération parisienne atteint 31%). L'étude met également en avant une forte disparité régionale. Une altitude ou un ensoleillement important favorisent l'utilisation d'énergies renouvelables. En effet un ensoleillement important favorise l'utilisation de panneaux solaires et les constructions en altitudes qui s'accompagnent généralement de condition climatique plus rude. Les installations les plus économes se voient installées généralement dans les zones où les besoins de chauffages sont les plus importants.

A titre d'exemple les DJU mensuels pour La ville de Toulon ayant le DJU le plus faible (et donc les besoins de chauffage les plus faible), pour la ville de Caen qui est la valeur médiane, pour Strasbourg et pour la ville Bourg-Saint Maurice ayant le DJU le plus élevé.

Ville	Dépt	Oct	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	DJU annuel
Toulon	83	48	157	238	275	222	215	135	43	1333
...										
Caen	14	194	314	387	419	372	350	273	194	2503
...										
Strasbourg	67	240	390	509	524	428	375	256	149	2871
...										
Bourg-Saint-Maurice	73	252	409	543	569	448	404	297	184	3106
Valeur moyenne nationale (calculée sur 69 villes de métropole)										2401,5

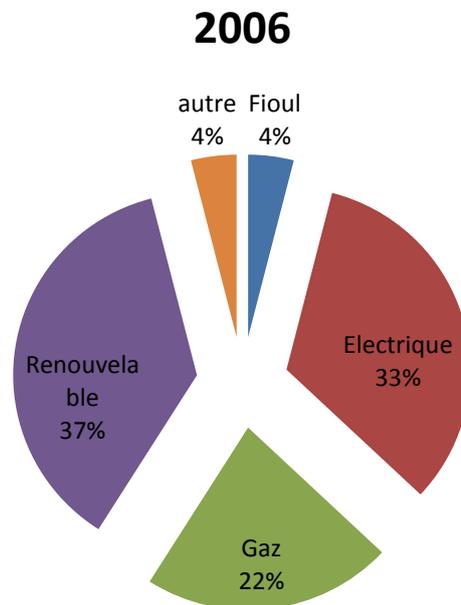
L'Alsace fait partie des régions ayant le DJU le plus faible ce qui signifie qu'à niveau d'isolation et surface égale une maison d'Alsace perdra plus d'énergie qu'une située dans le Var. Ces fortes déperditions favorisent des niveaux d'isolation supérieurs mais également des solutions techniques de production de chaleur plus performantes et surtout plus économes. Un investissement lourd qui permet de faire des économies d'énergie sera plus vite rentabilisé dans une région au climat plus rude.

B. En Alsace

En effet la répartition de l'énergie utilisée dans les permis de construire au niveau national est à modérer pour la région Alsacienne. L'Alsace est la région qui utilise le plus les énergies renouvelables, avec 53% pourcent des dépôts de permis de construire en 2007 alors que la moyenne nationale est de 33%. Dans le même temps lorsque la moyenne nationale d'utilisation de l'électricité seule comme moyen de chauffage dans les permis de construire est de 48%, elle n'est que de 22% en Alsace. Ces

éléments généraux font apparaître la proportion importante de solution économique et protectrice de l'environnement dans la région alsacienne.

Cet élément peut expliquer la répartition des types de chauffage observé dans les constructions neuves en Alsace. Pour les permis de construire déposés en 2006 l'INSEE donnait la répartition suivante.



Source : Le point sur n°24, Le mode de chauffage des maisons individuelles, Commissariat général du développement durable, Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer

L'étude du ministère de l'écologie montrerait une augmentation très importante des énergies renouvelables entre 2006 et 2007 passant de 37 à 53%. L'augmentation de la part d'énergie renouvelable dans la construction neuve se fait en parallèle d'une forte diminution de l'utilisation d'électricité mais également de fioul qui était bien plus présent dans les constructions neuves.

Cette transition peut s'expliquer par les éléments vu précédemment qui favorise les économies d'énergie particulièrement avec un prix en euros courant de l'énergie en hausse. En effet l'évolution du prix du fioul domestique suit les tendances du prix de l'essence et augmente même au-delà avant 2006. La forte croissance du prix de cette source d'énergie peut avoir

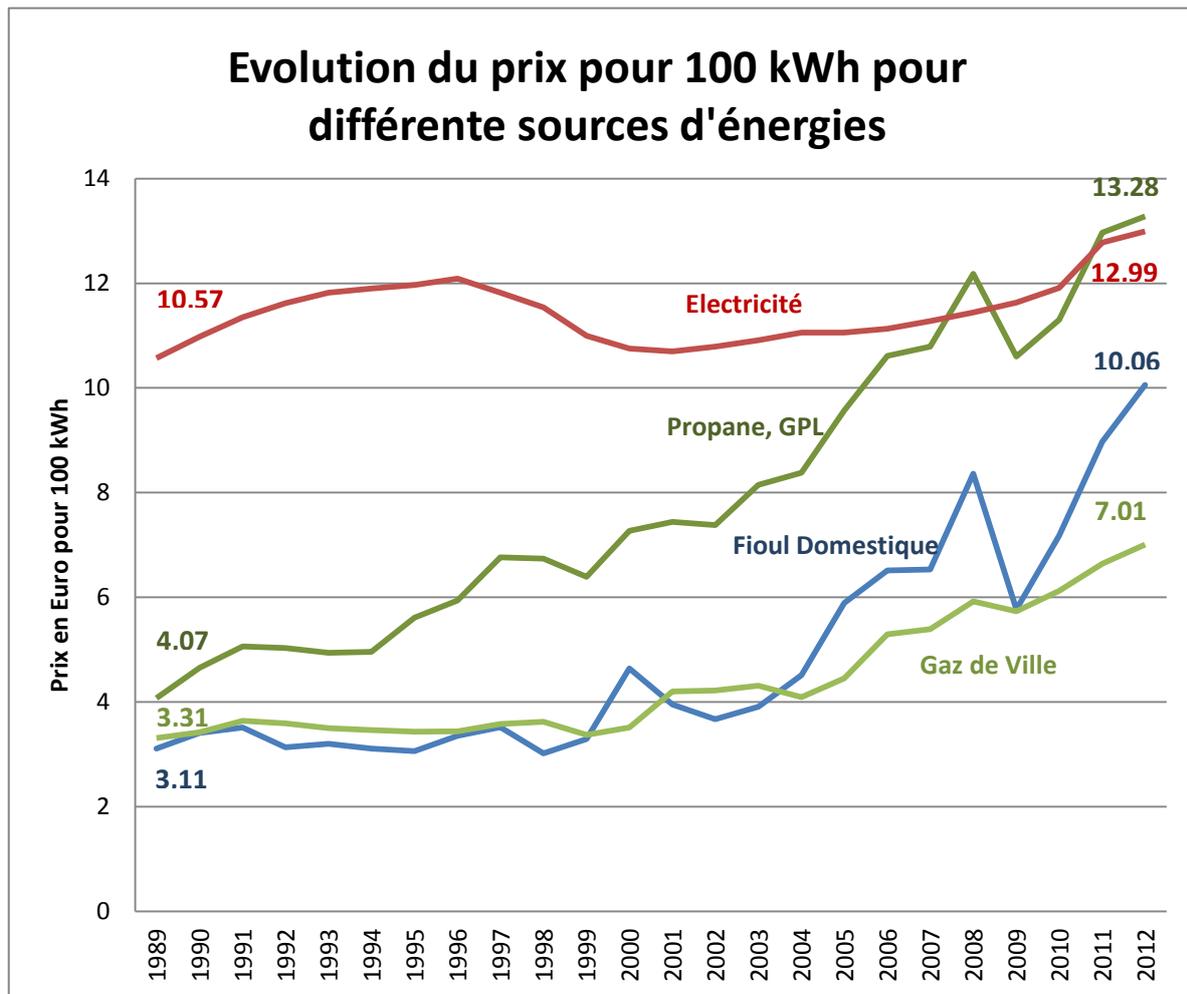


Figure 14 Evolution du prix pour 100 kWh pour différente sources d'énergies

Les prix moyens, en euros TTC de 100 kWh (synthèse des principaux tarifs et des prix énergétiques observés en région parisienne et France entière pour le fioul domestique, en moyennes annuelles).

Source : Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement Service de l'observation et des statistiques (SOeS)

C. Pour les bâtiments BBC Effinergie¹³

L'analyse des tendances constructives pour les opérations en cours de certification étudie les choix de constructions de 251 projets individuels (9% du panel) et 822 projets collectifs (91% des logements) en attente d'un label BBC Effinergie.

¹³ Les tendances constructives dans les opérations BBC Effinergie Etude CERQUAL. février 2012

3. Source de chauffage

Les systèmes de chauffages sont collectifs dans 71% des cas de l'étude auxquels s'ajoutent 2% de dispositifs mixtes, au sein des constructions d'immeubles collectifs, alors que les chaudières collectives ne représentaient que 40% des projets labélisés en 2010. Les faibles besoins énergétiques de ce type de projet permettent de favoriser un dispositif collectif avec un meilleur rendement qu'une somme de dispositifs individuels qui engendreraient des pertes. En effet les appareils utilisés pour le chauffage atteignent leur rendement optimal pour un fonctionnement à puissance maximal.

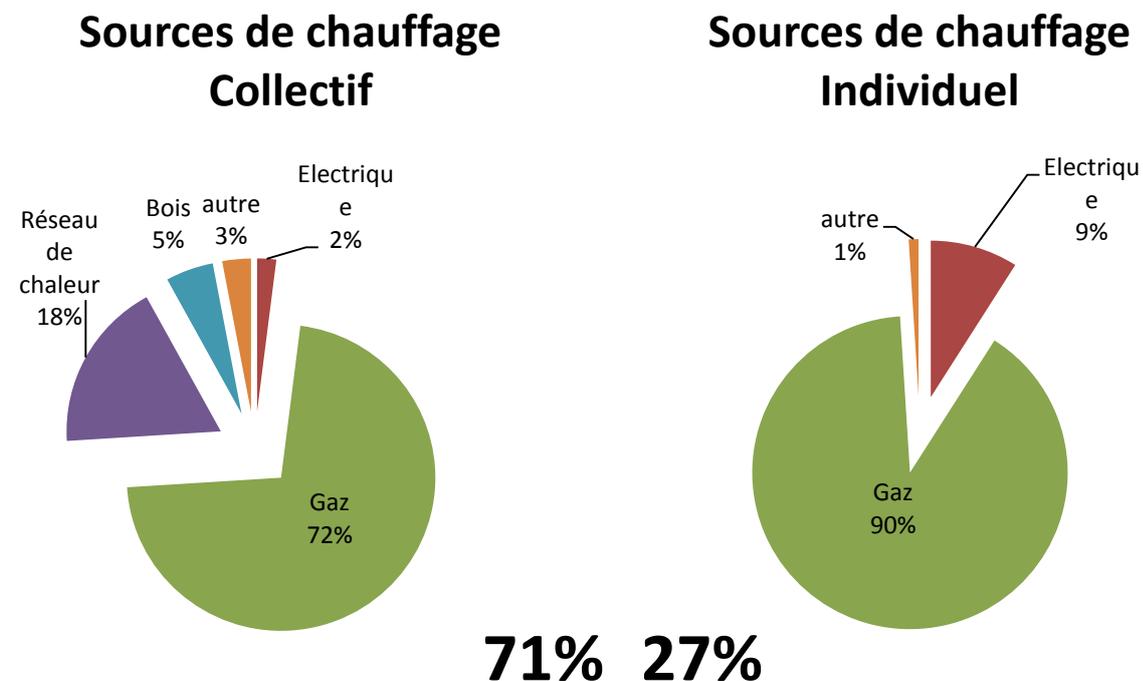


Figure 15 Répartitions des sources de chauffage collectif dans les immeubles collectifs

Figure 16 Répartitions des sources de chauffage individuel dans les immeubles collectifs

Répartition des sources d'énergies dans les chaudières des bâtiments collectifs BBC

Source : Les tendances constructives dans les opérations BBC Effinergie Etude CERQUAL. février 2012

Qu'il s'agisse chauffage individuel ou collectif une large majorité est fournie en par des chaudières au gaz. Les chaudières collectives proposent malgré tout des solutions plus économiques en termes d'émission de CO₂ avec des chaudières bois et en consommation d'énergie avec les réseaux de chaleur. Les chaudières fonctionnant par combustion de bois restent cependant assez marginales n'atteignant que 5% des dispositifs collectifs. Les réseaux de chaleur sont la deuxième source de de chauffage présente pour les logements collectifs. Généralement de tels dispositif sont installés dans des éco-quartier, c'est notamment ce qui est prévu pour le quartier Danube à Strasbourg, puisque pour être rentable économiquement il nécessite d'être utilisé pour un nombre important de logement. On peut noter la présence, même très faible, de source de chaleur électrique au sein des logements collectifs BBC. Cet élément peut être assez surprenant, les logements BBC devant respecter une limite de consommation en énergie primaire. L'électricité ayant un rendement général assez faible (entre énergie primaire et énergie utile). Les systèmes électriques sont plus présents pour les systèmes de chauffages individuels, comme nous l'avons vu ces systèmes sont encore

présent dans 47% des permis de construire de maisons individuelles puisqu'ils sont les solutions la plus économique pour l'investissement initial.

Les logements individuels sont très majoritairement chauffés par des chaudières individuelles, cependant pour 8% des cas étudiés la construction de maisons individuelles groupé donne lieu à l'utilisation de systèmes collectifs, 7% seulement collectifs et 1% mixte collectifs et individuels.

Sources de chauffage collectif

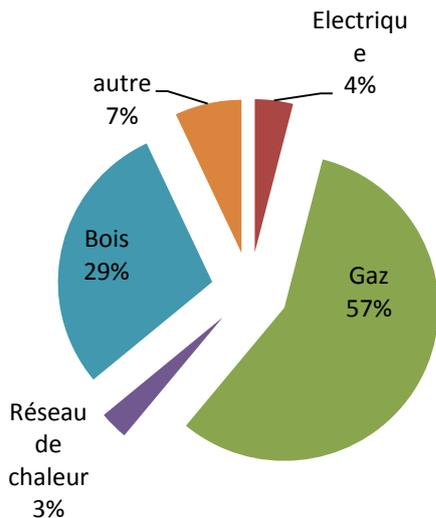


Figure 17 Répartitions des sources de chauffage collectif dans les Maisons individuelles groupées

Sources de chauffage individuel

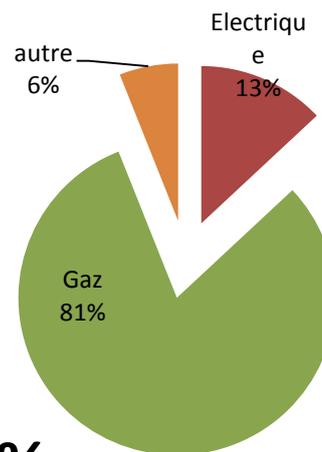


Figure 18 Répartitions des sources de chauffage individuel dans les maisons individuelles groupées

7% 92%

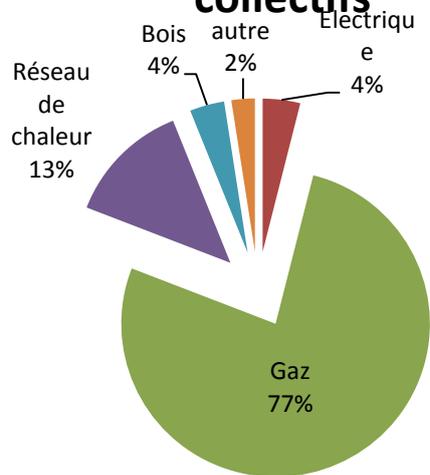
Répartition des sources d'énergies dans les chaudières des bâtiments individuels BBC

Source : Les tendances constructives dans les opérations BBC Effinergie Etude CERQUAL. février 2012

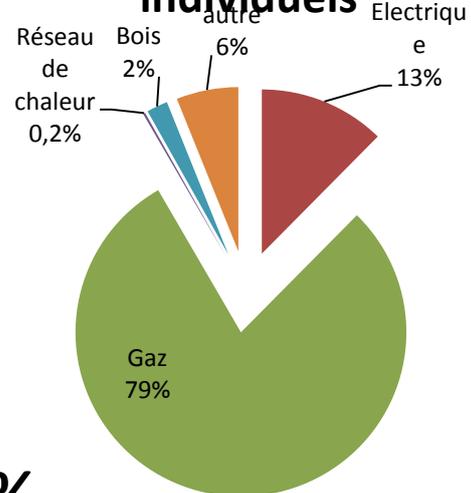
Pour les constructions de logements individuels des tendances identiques sont observables avec une majorité de chaudière au gaz qu'elles soient collectives ou individuelles. On peut malgré tout noter que les sources d'énergies électriques prennent de l'importance au détriment des dispositifs fonctionnant au gaz par rapport aux logements collectifs avec des chaudières individuelles.

Dans le cas des chaudières collectives pour des logements individuels le bois prend une ampleur plus importante que pour les logements collectifs puisqu'il représente la source d'énergie de 23% des installations. Cependant les systèmes de chauffages collectifs ne représentent que 7% au sein des logements individuels étudiés. Soit 230 logements sur les 3285 logements individuels. Les chaudières fonctionnant au bois représentent donc 29% de ces 230 logements soit 67 logements sur les 3285 individuels et donc une proportion encore plus faible dans l'ensemble des 36733 logements de l'étude. Il semble donc nécessaire d'observer les différentes sources d'énergie utilisé par rapport à l'ensemble des logements.

Sources de chauffage des logements collectifs



Sources de chauffage des logements individuels



91% 9%

Figure 19 Sources de chauffage des logements BBC collectifs

Figure 20 Sources de chauffage des logements BBC individuels

Sources de chauffage des logements BBC

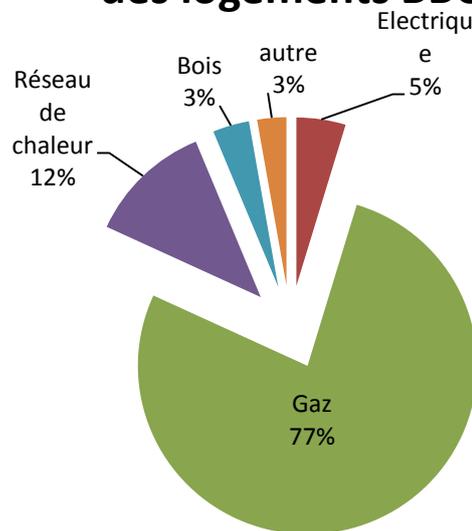


Figure 21 Sources de chauffage des logements BBC

Source : Calcul personnel réalisé à partir des données de l'étude : Les tendances constructives dans les opérations BBC Effinergie Etude CERQUAL. février 2012

L'étude met en avant la large majorité de dispositifs fonctionnant au gaz dans les constructions visant un label Bâtiment Basse consommation toute morphologie confondue. Le projet Eco-Logis s'inscrit dans cette mouvance en adoptant une chaudière à condensation alors que le projet Making Hof

prend le contre-pied de cette tendance en utilisant une pompe à chaleur, et donc une source d'énergie électrique dans des maisons individuelles groupées.

4. Isolation

En termes d'isolation les bâtiments BBC plébiscitent l'isolation extérieure à hauteur de 55% pour les bâtiments collectifs et à 32% pour les maisons individuelles groupées soit 53% Si on considère les deux formes urbaines. Les isolations intérieures quant à elle représente 35% des isolations d'immeubles collectifs laissant au niveau national 10% d'isolation collective et 18% pour les constructions individuelles groupées.

Les isolations extérieures sont généralement préférées aux isolations intérieures puisqu'elle limite les ponts thermiques qui se forment par transmission de chaleur par le plancher.

Répartition des types d'isolation dans les constructions BBC en 2012

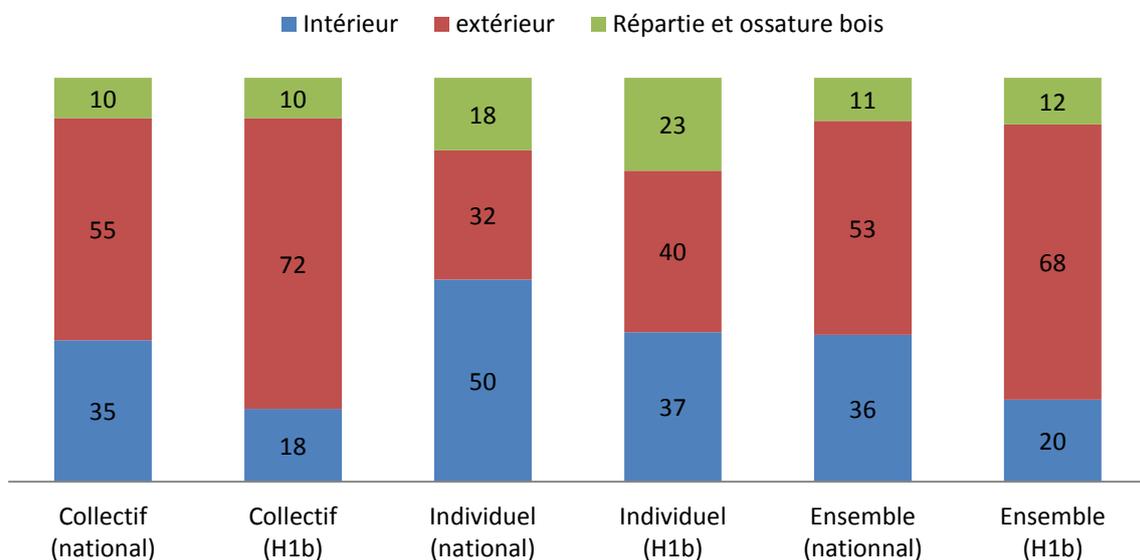


Figure 22 Répartition des types d'isolation dans les constructions BBC en France et en zone H1b

Source : Calcul personnel réalisé à partir des données de l'étude : Les tendances constructives dans les opérations BBC Effinergie Etude CERQUAL. février 2012

Les isolations réparties représentent 10% des logements collectifs que l'on considère l'échelle nationale ou la zone thermique H1b. Le logement individuel utilise plus largement les isolations réparties avec 23% des bâtiments en zone H1b et 18% au niveau national. Cependant les isolations réparties ne sont pas nécessairement une ossature bois, il convient d'aller plus en détails dans ces structures.

Matériaux de construction d'isolation répartie

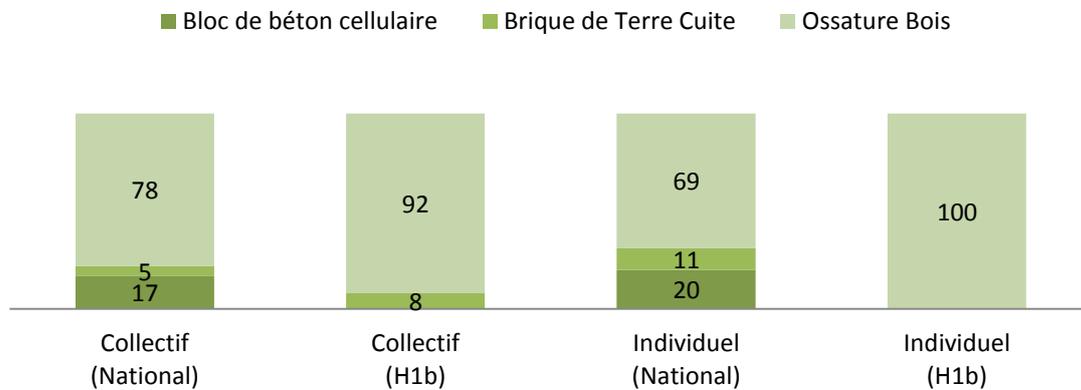


Figure 23 Matériaux de construction d'isolation répartie

Source : Calcul personnel réalisé à partir des données de l'étude : Les tendances constructives dans les opérations BBC Effnergie Etude CERQUAL. février 2012

La majorité des constructions adoptant une isolation répartie possède une ossature bois. Ce type de structure est valorisé pour le faible impact environnemental des matériaux qui ne sont pas issus de l'industrie pétrochimique (donc sans ciment).

En zone thermique H1b le projet Eco-Logis optent pour une ossature bois comme 9.2% du panel des logements collectifs. Le projet Making Hof se place quant à lui dans une répartition de 23% des logements individuelles.

III. Isolation et Dispositif technique

A. Isolation du logement¹⁴

La principale source de déperdition des logements qu'ils soient performant ou non, sont les déperditions dues à l'enveloppe. Elles sont représentées par l'ensemble des flux sortant de l'habitation, donc de la zone dont on souhaite réguler la température et en première approximation l'ADEME considère qu'elle représente 70 à 75% des pertes d'une habitation standard. Dans le cas de constructions neuves l'isolation est la première composante à observer car elle déterminera les besoins de chauffages et permettra donc de dimensionner au plus près les dispositifs y répondant.

1. Isolation intérieure

L'isolation intérieure a l'avantage de ne pas impacter l'aspect extérieur de la construction. Elle présente un coût généralement moins élevé que les autres types d'isolation mais peut s'avérer une installation compliqué en rénovation du fait qu'elle ajoute une surépaisseur aux cloisons. Le volume de la pièce s'en voit réduit et des aménagements deviennent nécessaires pour les installations

¹⁴ L'habitat individuel : Isolation thermique, ADEME, Mars 2008

électriques, de chauffage etc. L'aspect limitant de ce type d'isolation est l'absence de traitement des ponts thermiques.

Isolation extérieure

L'isolation par l'extérieur présente l'avantage de ne pas réduire les surfaces intérieures tout en limitant les ponts thermiques. Elle peut également couvrir des imperfections de certains murs extérieurs dans le cas de rénovation. Le coût de ce type d'isolation est plus élevé et nécessite une déclaration préalable de travaux puisqu'elle modifie les aspects extérieurs de la construction.

2. Isolation répartie

Les formes courantes d'isolation répartie se présentent sous la forme de briques de terres cuites avec un réseau d'alvéole (brique monobloc). Il existe également des bétons cellulaires dont les éléments constitutifs forment une multitude d'alvéole (mélange de sable, ciment et chaux additionné de poudre d'aluminium) qui apporte une isolation à un matériau considéré comme peut isolant. Leur conductivité atteint des valeurs de 0,2 à 0,11 W/m².°C¹⁵ pour les plus légers alors que les bétons plein de construction peuvent atteindre une conductivité de 1,75. Les murs ayant une ossature bois dans laquelle s'insère un isolant sont des matériaux qui se développent dans les constructions visant des consommations énergétiques plus faibles et une utilisation de matériaux sains.

L'ADEME considère que cette isolation répartie dans la structure interne du mur permet un meilleur confort thermique dans l'habitation en apportant une meilleure inertie. L'utilisation d'un seul matériau pour la construction et l'isolation limite l'apparition de pont thermique et assure une pérennité aux performances de l'isolant. Cependant ce type d'isolant ne peut s'appliquer qu'à la construction neuve de par son principe même et il entraîne un surcoût. Il nécessite une étude détaillée des performances du bâtiment le matériau de construction étant lui-même l'isolation, aucun ajustement de la quantité d'isolant n'est possible.

3. Ponts thermiques

Pont thermique : zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présente une moindre résistance thermique. (ADEME) Ils sont caractéristiques d'un changement de la structure géométrique du bâtiment ou d'un changement de matériau. Pour l'ADEME ils peuvent représenter de 5 à 10% des pertes d'un bâtiment. Leur limitation demande une réflexion approfondie de la structure du bâtiment

- Une terrasse qui ne dispose pas de rupteur de ponts thermique (isolation entre la dalle et la terrasse).
- Entre deux parois verticales (angle formé par deux murs ou entre un mur extérieur et un mur intérieur)
- Entre une paroi horizontale et une paroi verticale (à la jonction d'un mur et d'un plancher ou d'un toit)
- Au droit des joints lors de la pose des fenêtres

4. Le projet Making Hof travaille en collaboration Bâtir Cru¹⁶

L'association Bâtir Cru est créée à Strasbourg en début d'année 2011 dans le but de promouvoir l'usage de la terre crue comme matériel de construction écologique pour les éco-quartier et la construction basse consommation. L'association propose le développement de panneau avec une ossature bois, remplies de paille et recouverte de terre crue. Cette solution répond à une des

¹⁵ Cours d'énergétique « Eco bâti évaluer les consommations d'énergie d'un logement et sa contribution aux émissions de gaz à effet de serre, Minjid MAIZIA

¹⁶ Article Ecomatériaux Bois, paille et terre: projet pilote pour une renaissance, Le Moniteur Aout 2011, p.23

problématiques de la paille dans la construction, le besoin d'éliminer les traces d'humidité lors de sa pose. Les panneaux seront livrés complets facilitant le travail sur le chantier offrant à la structure l'inertie thermique nécessaire à la norme BBC visée par le bâtiment. Le Making Hof se pose en chantier test pour ce matériau suivant les derniers tests concernant le comportement de la structure face à la vapeur d'eau.

5. Eco-Logis : Ouate de cellulose

Le projet Eco-Logis adopte une structure plus conventionnelle même si elle reste assez peu présente en ne représentant que 9.2% des structures de construction de bâtiment BBC en zone climatique H1b. Le projet combine une ossature bois et 24 centimètres de ouate de cellulose pour atteindre les objectifs d'isolation que le groupe s'était fixé.

6. Performances des différents isolants

Les deux groupes utilisent de matières naturelles comme isolant en tant qu'alternative à la laine de verre ou la laine de roche le plus couramment utilisé pour leurs prix minimes. La ouate de cellulose et la paille sont des matières plus onéreuses pour un même niveau d'isolation, puisqu'elles sont légèrement moins isolantes que la laine de verre. Elles sont valorisées au sein de ces projets car leur fabrications nécessitent moins d'énergie et émet moins de CO₂. D'un point de vue environnemental le CO₂ est stocké dans la ouate de cellulose et est donc compté négativement.

Tableau 1 : Comparatif des isolants¹⁷

Type d'isolant	Conductivité thermique λ en W/m ² .K	Epaisseur nécessaire pour une résistance thermique valant 5 m ² .K/W	Prix du mètre carré avec l'épaisseur donnée	Energie nécessaire à sa fabrication kWh _{ep} /m ²	Emission de CO ₂ kgCO _{2eq} /m ²
Laine de verre	0.035	17 cm	6 à 15 €/m ²	74	12
Laine de roche	0.040	20 cm	6 à 10 €/m ²	168	43
Ouate de cellulose	0.038 à 0.044	19 à 22 cm	10 à 16 €/m ²	41	-10
Paille	0.040	20	22 à 25 €/m ²	57	1
Polystyrène	0.037 à 0.040	18 à 20 cm	15 à 20 €/m ²	84	10

7. Vitrage

Comme nous l'avons vu le choix d'un double ou d'un triple vitrage pour compléter l'isolation a été une question au cœur des réflexions des deux groupes d'autopromotion. Le triple vitrage permet une importante réduction des déperditions au niveau des ouvertures d'un bâtiment. En effet 2 lames de gaz pouvant être de l'air, de l'Argon ou du Krypton permettent d'atteindre des coefficients de transmission thermique bien inférieurs (donc une résistance thermique supérieure).

a. Le projet Eco-Logis

Au sein du groupe Eco-Logis le vitrage a été l'une des composantes énergétiques les plus discutées par rapport aux préconisations du bureau d'étude. La variante que ce dernier avait retenue était un vitrage double mais les habitants, souhaitant maximiser les gains d'énergie dus à l'enveloppe du bâtiment réfléchissaient à l'utilisation de triple vitrage. Cette option entraînait un surcoût de l'ordre

¹⁷ <http://www.ouateco.com/comparatif-des-isolants>

de 20 000 euros qui aurait contraint certaines familles à quitter le groupe pour des raisons financières. D'un point de vue énergétique l'usage de triple vitrage limite les apports solaires, les gains en isolation mis en balance entre le surcout important et la réduction de cette énergie « gratuite » à fini de convaincre de ne pas utiliser de triple vitrage sur la façade Sud. L'idée a ensuite été de conserver du triple vitrage sur les façades Nord qui ne bénéficiait pas d'apports solaires direct tout en laissant les autres ouvertures en double vitrage. Cette possibilité entraînait un surcout la encore conséquent puisqu'il était alors nécessaire de faire intervenir deux prestataire pour les pose de vitrages différents ce qui allait à l'encontre des économies d'échelle. De plus la conception du bâtiment limite les vitrages en face nord justement dans un souci d'optimisation des apports solaires, le gain engendré par une isolation plus forte de ces petites surfaces aurait été faible d'autant que les ouvertures au nord sont de plus petites dimension, donc plus dépendante de la qualité d'isolation des menuiseries et moins de la qualité d'isolation du vitrage.

Les vitrages sont répartis de la façon suivante :

Nord	Sud	Est	Ouest
69,2 m ²	166,7 m ²	13,6 m ²	13,7 m ²
263.2m ²			

L'étude thermique du projet Eco-Logis repose sur des coefficient de transmission thermique valant 1.48 pour le double vitrage et 1.10 pour le double vitrage, soit une différence de 0.38 W/m².°C. L'utilisation du triple vitrage pour l'ensemble du bâtiment entraine un gain de :

$$0.38 * 263.2 * 2871 = 287.15 \text{ kWh/an}$$

Ce qui équivaut à **0,27321 kWh/m²_{SHAB}/an** et à pour l'ensemble du bâtiment. La SHAB pour Surface HABitable valant 1051 m² pour le projet Eco-Logis soit **0,52%** des déperditions énergétiques totale calculé dans le tableau disponible en annexe **0,50%** des besoins énergétiques de l'ensemble du bâtiment (55kWh_{epSHAB}/m²/an)

En cas de changement seulement pour les ouvertures orientées vers le nord :

$$0.38 * 69.2 * 2871 = 75.50 \text{ kWh/an.}$$

Ce qui équivaut à **71,83 Wh/m²_{SHAB}/an** pour l'ensemble du bâtiment, soit **0,13%** des déperditions énergétiques de l'ensemble du bâtiment et de ces besoins.

En contrepartie si l'on considère un facteur solaire de 0,5 pour le triple vitrage et de 0,6 pour le double vitrage soit un écart de 0,1 la différence d'apports sur la façade sud vaut :

$$410 * 0,1 * 166,7 = 6834,7 \text{ kWh/an}$$

Soit 12% des déperditions. Il est donc plus intéressant de valoriser les apports solaires pour ces logements.

b. Making Hof

Pour le groupe le Making Hof le choix a été fait de conserver des vitrages double au niveau de la façade exposé Sud et d'installer du triple vitrage sur la façade nord. L'ensemble des logements sont traversant avec une forte proportion de vitrage sur la façade orienté vers le sud. Le groupe pourra faire installer les ouvertures par un seul prestataire et donc ne pas entrainer d'augmentation des couts à ceux niveau.

Pour le Making Hof les valeurs d'Ug pour le triple vitrage de 0.7 et de 1.1 pour le double vitrage donc une différence de 0.4 avec des facteurs solaires de respectivement 44 et 45%.

Surface vitrée totale 155,68 m² avec une décomposition comme suit :

Nord	Sud	Est	Ouest
41,86 m ²	96,33 m ²	8.55 m ²	8.94 m ²
155,68 m ²			

Le gain d'un passage de l'ensemble des ouvertures en triple vitrages donnerait

$$0.4 * 155.68 * 2871 = 178.78 kWh/an$$

Soit **0,56%** des déperditions totales.

Le changement des vitres en façade nord entraine quant à elle une diminution des déperditions de :

$$0.4 * 41,86 * 2871 = 48,07 kWh/an$$

Soit **0,15%** des déperditions totales

8. Récapitulatif des déperditions des deux projets

Les tableaux et graphiques suivants montrent la part des différents éléments de structures dans la déperdition énergétique d'enveloppe des deux projets.

a. Projet Eco-Logis

Tableau 2 Récapitulatif des éléments déprédatifs du projet Eco-Logis¹⁸

Pour le projet Eco-Logis		Estimation générale de l'ADEME	Projet Eco-Logis	Référence avec l'enveloppe identique
Proportion de pertes liées aux murs extérieurs	Bois	26 à 36%	15,1%	24,7%
	Béton		10,0%	5,9%
Diminution des déperditions du projet par rapport à la référence sur cet élément	pour la partie bois		58,3%,	
	pour la partie béton		-14,2%	
	Au total		44,3%	
Proportion de pertes liées aux toitures		33 à 43%	6,4%	9,0%
Diminution des déperditions du projet par rapport à la référence sur cet élément			51,9%	
Proportion de pertes liées aux vitrages		14 à 22%	50,1%	28,1%
Diminution des déperditions du projet par rapport à la référence sur cet élément			44,4%	
Proportion de pertes liées aux planchers		10 à 15%	11,0%	8,9%
Diminution des déperditions du projet par rapport à la référence sur cet élément			16,4%	
Proportion de pertes liées aux ponts thermiques		7 à 15%	7,2%	23,3%
Diminution des déperditions du projet par rapport à la référence sur cet élément			79,1%	
Diminution totale des déperditions due à l'enveloppe			32%	

¹⁸ A partir des calculs Excel de déperditions : Annexe 17

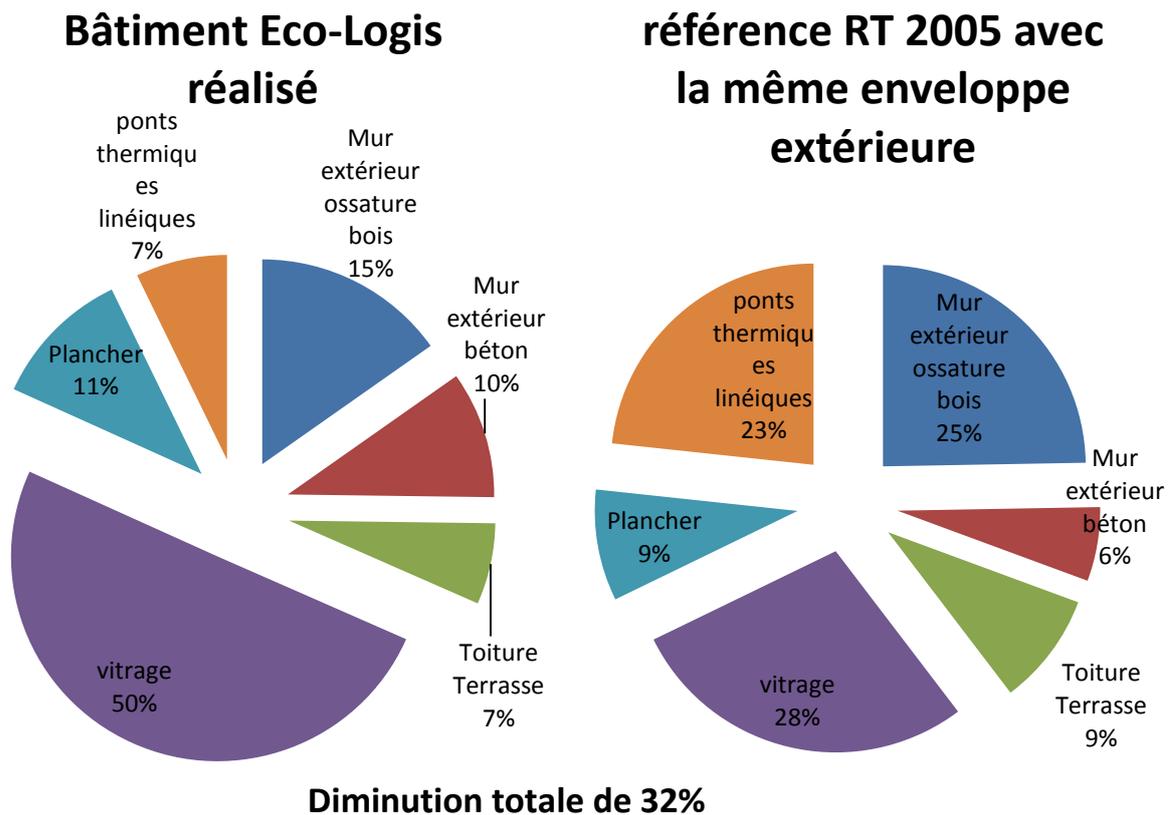


Figure 24 Proportion des éléments dans la déperdition d'enveloppe du projet Eco-logis

Figure 25 Proportion des éléments dans la déperdition d'enveloppe du projet de référence

Source : Calcul de déperdition du projet Eco-Logis réalisé sous Excel à partir des coefficients de transmission obtenu dans l'étude thermique du projet¹⁹

Le groupe Eco-Logis visant un label BBC a conçu l'immeuble en maximisant les surfaces vitrées sur la façade sud ce qui augmente fortement les apports solaires mais également les déperditions énergétiques, c'est pourquoi lorsque le projet de référence (projet identique avec les coefficients de transmission égaux à ceux de la norme RT 2005) perd 28% de sa chaleur par les surfaces vitrées le projet retenu en perd 50%. Cependant ces valeurs sont relatives et il faut observer que malgré une proportion de 50% des déperditions dues au vitrage dans le projet réalisé, ces déperditions sont 44 inférieurs à celles du projet de référence ayant pourtant une surface vitré inférieure (limité à 17% de la SHON)

Un soin particulier est apporté à l'ossature en bois dans le projet Eco-Logis, ce dernier qui est l'élément principale de la constitution de l'enveloppe n'est responsable que de 15% des déperdition du projet alors qu'un même mur serait responsable d'un quart des pertes s'il se contentait de respecter la norme, cette partie du bâtiment offre un gain de 58% des déperditions.

Le soin le plus important est porté aux ponts thermiques qui représentent 7% des pertes lorsqu'il pourrait atteindre 23%. L'effort sur ce point permet un gain des déperditions de 79,1%.

¹⁹ A partir des calculs Excel de déperditions : Annexe 17 et 18

L'élément dont l'isolation a été la moins améliorée est les surfaces extérieures de béton qui représente 10% des pertes et dont les déperditions sont supérieures de 14% à celles du projet de références.

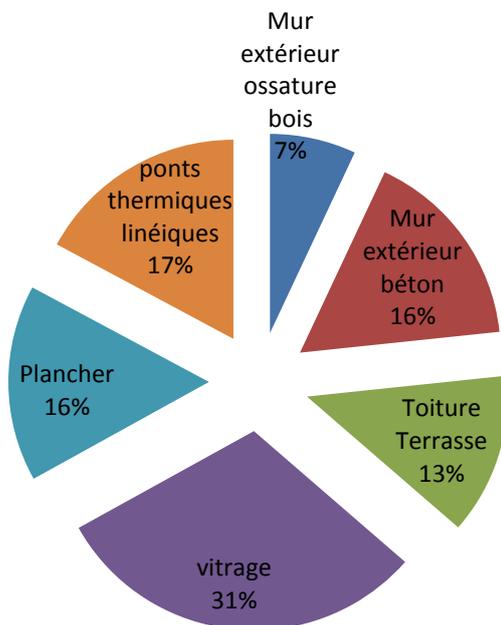
b. Projet Making Hof

Tableau 3 Récapitulatif des éléments dépréditifs du projet Making Hof²⁰

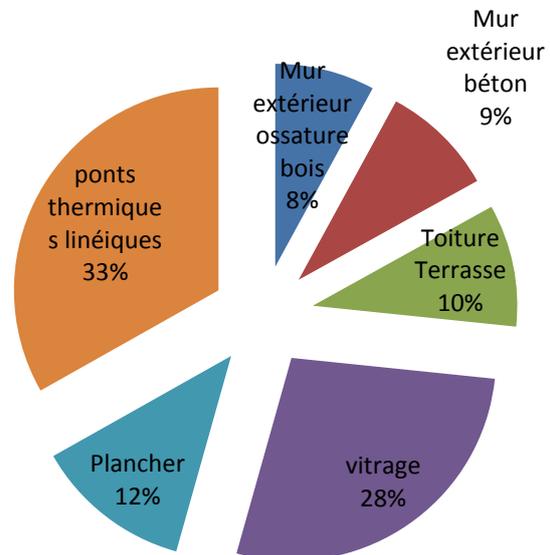
Pour le projet Making Hof		Estimation générale de l'ADEME	Projet Making Hof	Référence avec l'enveloppe identique
Proportion de pertes liées aux murs extérieurs	Bois	26 à 36%	6,9%	7,9%
	Béton		16,4%	9,0%
Diminution des déperditions du projet par rapport à la référence sur cet élément	pour la partie bois		58,1%	
	pour la partie béton		13,1%	
	Au total		47,9%	
Proportion de pertes liées aux toitures		33 à 43%	13,1%	9,7%
Diminution des déperditions du projet par rapport à la référence sur cet élément			35,9%	
Proportion de pertes liées aux vitrages		14 à 22%	30,5%	27,7%
Diminution des déperditions du projet par rapport à la référence sur cet élément			47,4%	
Proportion de pertes liées aux planchers		10 à 15%	16,0%	12,5%
Diminution des déperditions du projet par rapport à la référence sur cet élément			38,9%	
Proportion de pertes liées aux ponts thermiques		7 à 15%	17,1%	33,2%
Diminution des déperditions du projet par rapport à la référence sur cet élément			75,3%	
Diminution totale des déperditions due à l'enveloppe		50,0%		

²⁰ A partir des calculs Excel de déperditions : Annexe 18

Projet Making Hof



référence RT 2005 avec la même enveloppe extérieure



Diminution totale de 50%

Figure 26 Proportion des éléments dans la déperdition d'enveloppe du projet Making Hof

Figure 27 Proportion des éléments dans la déperdition d'enveloppe du projet de référence

Source : Calcul de déperdition du projet Eco-Logis réalisé sous Excel à partir des coefficients de transmission obtenu dans l'étude thermique du projet²¹

Contrairement au projet Eco-Logis pour lequel les proportions de déperdition variaient de manière très visible celles du projet Making Hof gardent des proportions assez proches de son projet de référence. Néanmoins comme pour le projet Eco-Logis les ponts thermiques bénéficie d'une isolation plus efficace de 75.3%diminuant de moitié la proportion de ces déperditions du projet de référence au projet réalisé.

Les murs extérieurs en béton font également l'objet d'un effort d'isolation moins important même si dans le cas du Making Hof ces parties restent mieux isolées que la référence et permettent une diminution des pertes liées à ces surfaces de 13%.

²¹ A partir des calculs Excel de déperditions : Annexe 18

Bâtiment Eco-Logis réalisé

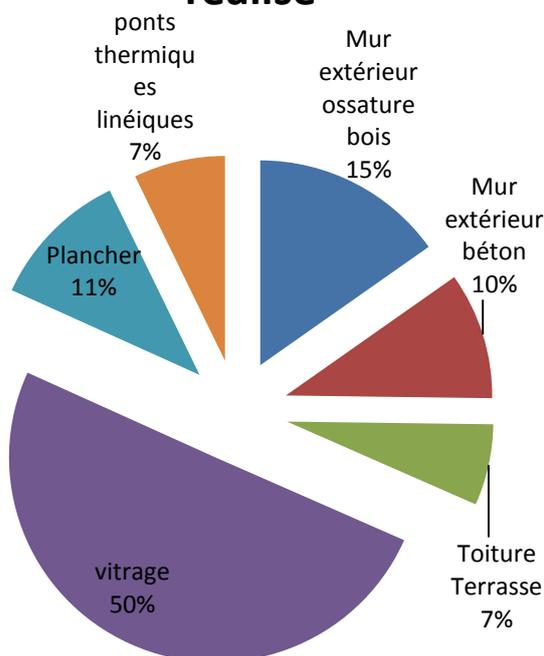


Figure 28 Proportion des éléments dans la déperdition d'enveloppe du projet Eco-logis

Projet Making Hof

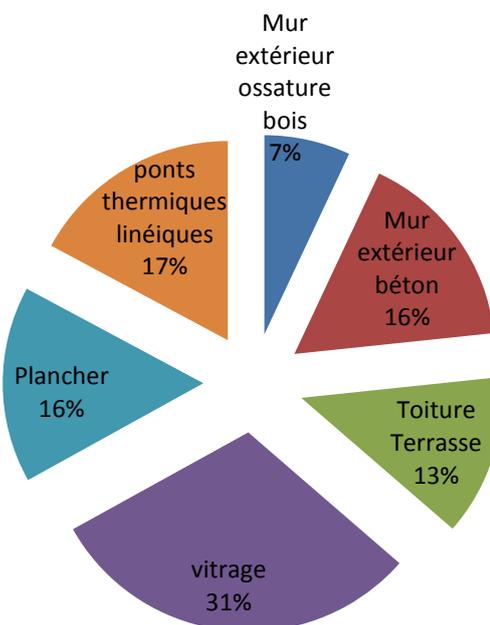


Figure 29 Proportion des éléments dans la déperdition d'enveloppe du projet Making Hof

Source : Calcul de déperdition des projets Eco-Logis et Making Hof réalisé sous Excel à partir des coefficients de transmission obtenu dans les études thermique des projets²²

Ces diminutions des déperditions d'enveloppe de 32% pour le projet Eco-Logis et de 50% pour le projet Making Hof leurs permettent (combiné aux apports solaires, à la ventilation et aux besoins électriques et d'eau chaude sanitaire) d'atteindre des C_{ep} de respectivement 55 et 62 kWh_{ep}/m²/an. Le coefficient est plus élevé pour projet Making Hof alors que l'effort d'isolation global est plus important. Cela s'explique par les formes urbaines choisies/imposées par/aux autopromoteurs. En effet les maisons en bandes en R+1+attique auront une forme moins compacte que l'immeuble en R+3+attique.

B. Ventilation mécanique contrôlée

« La ventilation est une obligation légale (arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983) pour tous les logements postérieurs à 1982, collectifs ou individuels. Elle doit satisfaire aux exigences suivantes : l'aération doit être générale et permanente, la circulation d'air doit se faire depuis des entrées d'air situées dans les pièces principales jusqu'à des sorties, dans les pièces de service. Des débits réglementaires sont exigés. La façon la plus sûre de les obtenir est d'installer une VMC. Il est en effet difficile de contrôler les débits d'air renouvelés par ventilation naturelle. »

L'aération du milieu de vie est considérée comme une nécessité sanitaire. En dehors de l'aération naturelle plusieurs dispositifs de ventilation mécanique contrôlée existent avec des incidences sur la

²² A partir des calculs Excel de déperditions : Annexe 17 et 18

consommation énergétique différente. Les systèmes de ventilation sont composés d'entrée d'air, de bouches d'extraction, d'un groupe d'extraction et de conduits reliant les bouches d'extraction au groupe d'extraction ou à l'extérieur pour l'extraction de l'air vicié. Trois types de ventilation existent les VMC simple flux autoréglables, les VMC hygroréglables et les VMC double flux. Elles présentent les avantages et inconvénients suivants.

Type	Avantages	Inconvénients	Prix moyen pour une maison individuelle
VMC simple flux autoréglables	<ul style="list-style-type: none"> débit d'air entrant constant avec des entrées d'air acoustiques, diminution des nuisances sonores extérieures 	<ul style="list-style-type: none"> ne prend pas en compte l'humidité intérieure 	Environ 400€
VMC simple flux hygroréglables	<ul style="list-style-type: none"> débit d'air entrant variable en fonction de l'humidité, donc de l'occupation et des activités économies d'énergie par rapport à la précédente avec des entrées d'air acoustiques, diminution des nuisances sonores extérieures 	<ul style="list-style-type: none"> système plus coûteux à l'achat qu'une VMC simple flux autoréglable conçue pour réagir à l'humidité, pas d'efficacité supplémentaire pour les polluants chimiques 	Environ 700€
VMC double flux	<ul style="list-style-type: none"> économies d'énergie par récupération de calories filtration de l'air entrant sensation de courant d'air froid supprimée isolation acoustique du dehors préchauffage ou rafraîchissement de l'air entrant 	<ul style="list-style-type: none"> système le plus coûteux à l'achat bruit des bouches d'insufflation, en particulier dans les chambres, en cas de mauvaise conception 	Environ 2000€

Source Ademe Dossier L'habitat individuel : La ventilation

L'étude thermique du groupe Eco-Logis étudiait les possibilités de Ventilation double flux et de ventilation simple flux hygroréglable de type B. La solution retenue est cette deuxième option qui limite la consommation électrique puisque avec la ventilation double flux l'air doit être *pulsé* du récupérateur vers les pièces à vivre. Cet argument défendu par le groupe est juste mais est à mettre en balance la limitation de perte d'énergie et donc les économies de chauffage possible.

IV. Les systèmes de chauffages

A. Les pompes à Chaleur

Le grand avantage des pompes à chaleur d'un point de vue énergétique est la valeur de leur coefficient de performance (COP) est supérieur à 1 contrairement aux machines thermiques telles que les radiateurs électriques ou les chaudières quelle qu'elle soit qui ont des rendements inférieurs à 1. En effet les systèmes classiques de chauffage utilisent de l'électricité ou une combustion pour réchauffer un milieu alors que les PAC bien que fonctionnant grâce à de l'électricité, utilisent la chaleur présente dans un second milieu (source froide) comme source de chaleur.

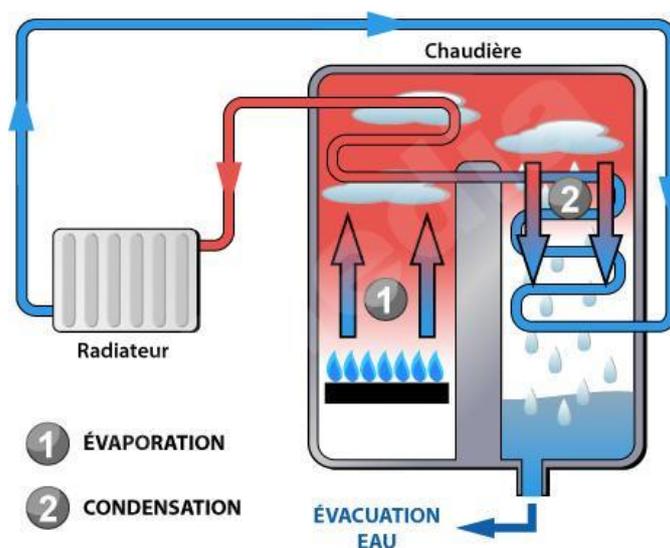
Les PAC ont généralement des COP compris entre 2 et 5, ces coefficients varient d'une machine à une autre mais également pour chaque machine, selon les températures T_{chaud} et T_{froid} .

Les pompes à chaleur peuvent puiser leur énergie dans trois milieux ; dans l'air ambiant, on parle alors de PAC *aérothermiques*, dans le sol (*géothermie*), ou dans l'eau (*hydrothermie*). Cependant dans ces deux derniers cas on retrouve généralement le terme générique PAC *géothermiques*.

Les coefficients de performance et les prix de ces dispositifs varient énormément selon le type de PAC choisi.

B. Chaudière à condensation

1. Fonctionnement général



Les chaudières à condensation ont un fonctionnement très proche des chaudières classiques, elle fonctionne par combustion de bois, de fioul et le plus souvent de gaz qui chauffe l'eau réinjecté dans le système de chauffage. A la différence des chaudières classiquement utilisées, les chaudières à condensation récupère une partie de la chaleur qui est habituellement perdue avec la sortie des gaz d'échappement. La chaudière à condensation (CAC) va avoir pour objectif de récupérer la chaleur latente contenue dans ces fumées pour finalement augmenter le rendement global du système. Ces dispositifs ont des rendements pouvant atteindre 115% puisque la chaleur latente récupérée par la chambre de condensation n'est habituellement pas comptée dans l'énergie consommée par la chaudière.

Tableau 4 : Avantages et inconvénients des différents types de pompe à chaleur

		Aérothermie		Géothermie	
		Air/Air	Air/Eau	Sol/Sol	Eau/Eau
Investissement initial		5000 à 8000 € (selon le nombre de pièces)	7000 à 15 000 €	9000 à 15000 €	Capteurs horizontaux : 10000 à 18000 € ttc (avec option rafraîchissement)
					Capteurs verticaux : 15000 à 20000 € ttc
Eligibilité à un crédit d'impôt		Non	Oui 22% si COP>3 pour une température extérieure <-5°C	Oui 36% si COP>3 pour une température extérieure <-5°C	Oui 36% si COP>3 pour une température extérieure <-5°C
COP annoncé		<4	<4	<5	<6
Performance	Autonomie	Possible sans chauffage d'appoint pour les systèmes très performants et si climat pas trop rude		Performant. Chauffage d'appoint non nécessaire. Ok pour climat froid.	
	Compatible	Non	Oui	non	oui
	Eau chaude sanitaire	Non	Oui	Oui	Oui
	Rafraîchissement	Climatisation pour les systèmes réversible	Oui	Oui sauf en cas de plancher chauffant	Oui
Avantages	-Système simple, coût limité -Couplage possible avec une VMC	-Système simple, coût limité -Peu de fluide frigorigène confiné dans la PAC -Adaptation possible à un réseau de chauffage central	-Capteurs adaptables à la taille du jardin (horizontaux ou verticaux) -Adaptée au climat rigoureux	-Peu de fluide frigorigène confiné dans la PAC -Adaptée au climat rigoureux -Adaptation possible à un chauffage existant	
Inconvénients	-Nécessite des équipements très performants dans les climats rigoureux -Attention au niveau de bruit émis par l'appareil	-Pas de production d'eau chaude sanitaire -N'assure pas la totalité du chauffage -Nécessite le passage d'un réseau de gaine de soufflage de l'air	-Système de capteurs plus coûteux à installer que pour la PAC aérothermique	-Système le plus coûteux -Démarches et autorisations à envisager	
Ces chiffres sont donnés pour une habitation récente (années 80) correctement isolée avec une surface au sol de 100 m ² et une hauteur sous plafond de 2,5 m. Ils peuvent varier très significativement en fonction de la qualité de votre isolation et de vos habitudes de consommation. La consommation annuelle de chauffage est estimée sur une base de 15 000 kWh, à partir des critères énoncés ci-dessus. ADEME					

Making Hof

Le projet Making Hof installera une PAC géothermique Eau/eau avec un COP nominal de 3.20 (COP théorique pour une température froide de 7°C et une température chaude de 35°C soit un COP corrigé de 2.45 en fonctionnement annuel.

Le besoin de chauffage est estimé par le Bureau d'étude à 15.18kWh/m²/an

$$\frac{\frac{\text{Energie utile}}{\text{rendement radiateur basse température}}}{\text{COP}} * 2.58 = \text{Energie primaire}$$

$$\frac{15.18}{\frac{0.96}{2.45}} * 2.58 = 16.66\text{kWh/m}^2$$

$$\frac{\frac{\text{Energie utile}}{\text{rendement plancher chauffant}}}{\text{rendement CAC}} = \text{Energie primaire} \frac{15.18}{\frac{0.96}{1.00}} = 15.8\text{kWh/m}^2$$

L'utilisation d'une chaudière à condensation engendrerait une réduction de la consommation d'énergie primaire de 5.8%. Cependant les fournisseurs d'électricité facture l'énergie finale et non l'énergie utile, il est donc plus intéressant pour les autopromoteurs d'installer une Pompe à Chaleur

La facture s'élevant à 16.66/2.58= 6.46kWh/m²/an d'électricité à 12.99€ le kWh contre 15.8kWh/m²/an à 7.1€ le kWh

Eco-Logis

Le projet Eco-Logis se chauffera grâce à une Chaudière à condensation. Le rendement estimé par le bureau d'étude dans l'étude thermique du bâtiment pour le chauffage du dispositif installé est de 100% avec un rendement du plancher chauffant de 96%. Le besoin de chauffage est de 29kWh/m²/an

L'énergie primaire de chauffage du bâtiment dans cette configuration est donc de

$$\frac{\frac{\text{Energie utile}}{\text{rendement plancher chauffant}}}{\text{rendement CAC}} = \text{Energie primaire}$$

$$\frac{29}{\frac{0.96}{1.00}} = 30.2\text{kWh/m}^2$$

Si le projet Eco-Logis avait pu subvenir à l'ensemble de ces besoins avec une pompe à chaleur avec un rendement nominal de 4 et un rendement corrigé de 3.25

$$\frac{\frac{\text{Energie utile}}{\text{rendement plancher chauffant}}}{\text{COP}} * 2.58 = \text{Energie primaire}$$

$$\frac{\frac{29}{0.96}}{3.25} * 2.58 = 24.0 \text{ kWep/m}^2$$

Soit un gain de 25.8%.

Les projets Eco-Logis et Making Hof donnent des constructions performantes qui limitent les déperditions de leur enveloppe et recherche des moyens de subvenir à leurs besoins d'énergie de manière passive par une maximisation des apports solaires et avec des sources de chauffage performante.

De plus les contraintes budgétaires ont poussé les habitants à avoir une réflexion approfondie avec leur bureau d'étude et leur architecte sur les avantages et inconvénients des solutions « plus performante ». En effet Les solution qui semblaient favoriser les économies d'énergies pouvaient aussi engendrer des surconsommations.

Les aspects les plus innovants, mis en avant par les autopromoteurs, concernent la réduction des déperditions dues à l'enveloppe notamment par une structure seine .La volonté affichée par les deux groupes de promouvoir une structure extérieure à ossature bois avec un isolant naturel permet aux groupes de réaliser d'importantes économies d'énergie.

Cependant les solutions techniques de chauffages adoptées sont performantes mais pas réellement innovante. En effet Les pompes à chaleur et les chaudières à condensation sont des dispositifs connus des personnes souhaitant réduire les consommations de leur habitat. Pour preuve ces dispositifs sont fréquents dans la construction Alsacienne qu'elle vise ou non une construction Basse consommation.