

Maison individuelle bois passive

Comprendre les fondamentaux

Critt Bois – Décembre 2013

1 Introduction

Dans ce document, une recherche d'amélioration d'une maison individuelle courante dans les années 2005-2010 vers une version passive est présentée. Pour chaque changement envisagé, la pertinence économique en euro par kilowattheure et en retour sur investissement est considérée.

Dans un souci de concision, seul le chauffage est considéré dans ce document : eau chaude, éclairage et usages domestiques sont d'autres postes à considérer avec attention pour maîtriser les consommations d'énergie.

2 Hypothèses utilisées

Les calculs sont réalisés avec l'outil de calcul PHPP 7.1, outil simple d'emploi ayant démontré sa capacité à prévoir les consommations réelles des bâtiments avec une précision acceptable.

Coût de la main d'œuvre : 35€/h

Coût de la chaleur (système de chauffage indéfini) : 12c€/kWh

Coût des matériaux : basé sur catalogues distributeur (Xilipan) de octobre 2013

Coût des systèmes : basé sur outil d'aide au devis de Atlantic (octobre 2013)

Coût des menuiseries : devis demandé à un menuisier bois

Le critère de choix des modifications utilisé est : une modification doit se rembourser au moins une fois et demie sur la durée de vie du bâtiment (50 ans), soit en 30 ans. Le coût de l'énergie est supposé constant, hypothèse à priori conservative.

3 Maison initiale

3.1 Enveloppe

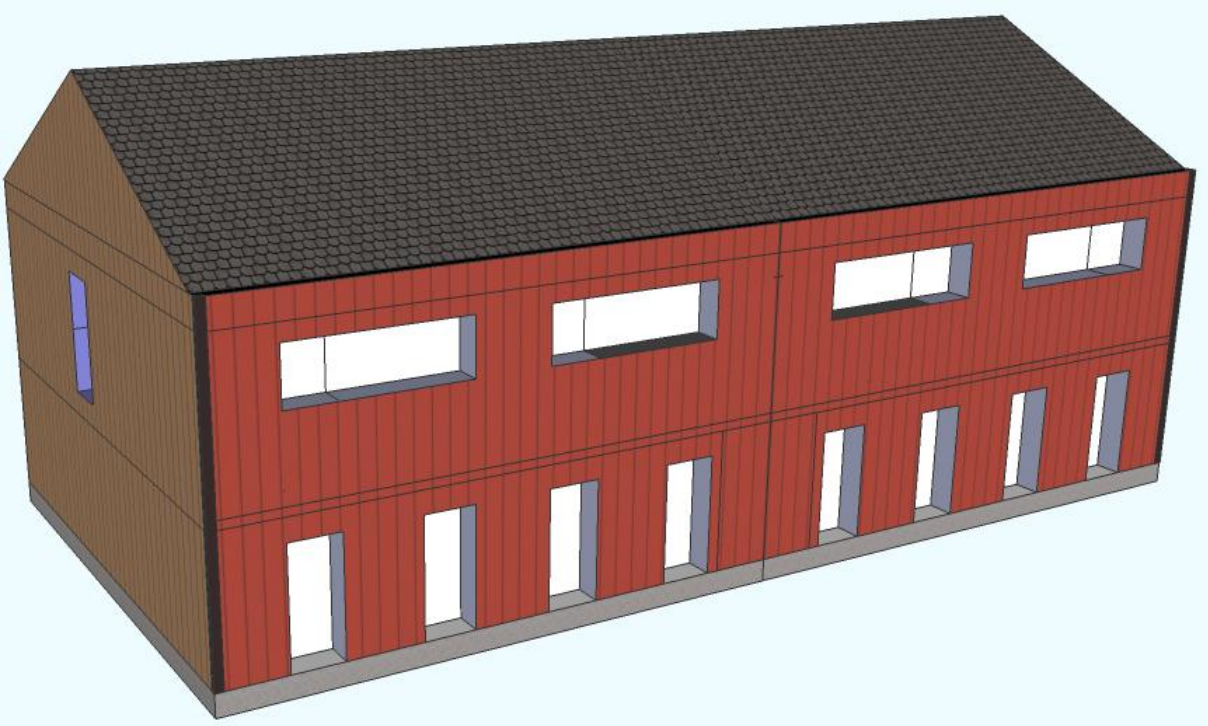
Deux maisons accolées, de 162m² de plancher chacune, alignées est-ouest, sur deux étages

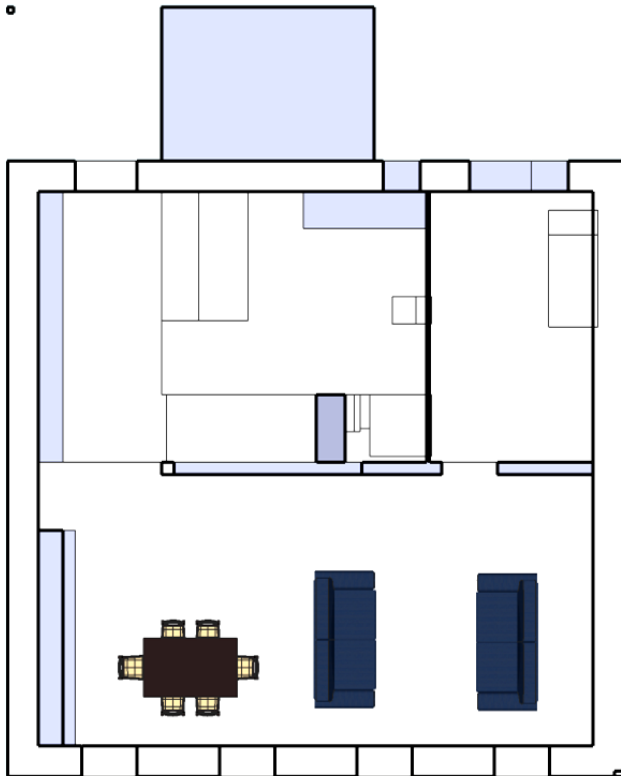
Lieu : Nancy

Emprise au sol : 20x10m

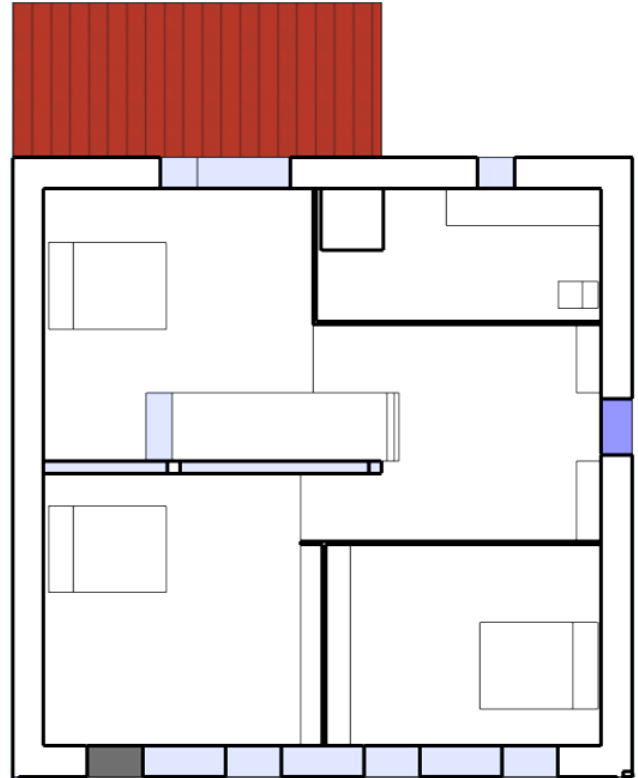
Rez-de-chaussée : Entrée, séjour et cuisine, chambre/bureau, salle de bain / buanderie / local technique

Etage : 3 chambres, salle de bain/WC, dégagement





Rez de chaussée



Etage

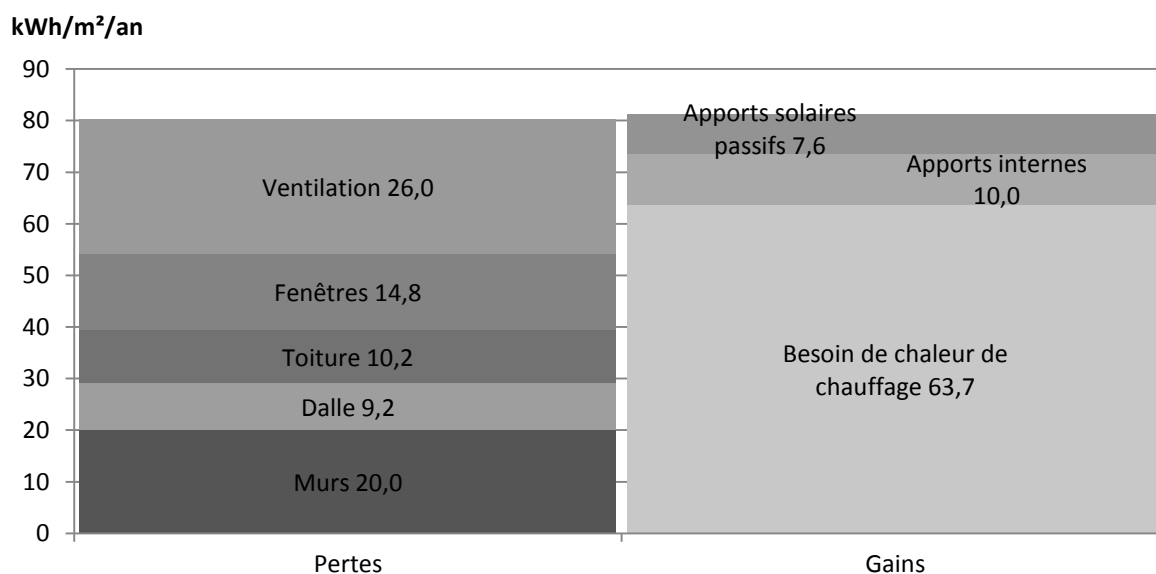
Dalle : terre-plein, 60mm de polystyrène sous chape
 Murs : ossature 145x45 isolée,
 Toiture : 200mm d'isolation entre fermettes
 Etanchéité de l'enveloppe : 3 vol/h au n50
 Menuiseries : bois-alu $U_w = 1.45 \text{ W/m}^2/\text{K}$

3.2 Systèmes

Ventilation simple flux autoréglable $140 \text{ m}^3/\text{h}$ soit 0.35 vol/h (valeur basse, tendant à minimiser les déperditions par renouvellement d'air).

3.3 Besoin de chauffage

Le bilan de pertes/gains de chaleur de l'enveloppe se décompose comme suit :



Soit un besoin de chaleur annuel de 10 320 kWh/an par maison, soit environ 1240 € de chauffage. La puissance de chauffage est de 5,3 kW par maison. On est donc sur une maison typique de la période 2005-2010, plutôt économe.

4 Amélioration 1

On cherche quelles améliorations apporter à ce bâtiment pour réduire ses consommations. Les postes de travail les plus évidents en raison de leur importance sont : ventilation, menuiseries et murs.

Modification 1	Isolation des murs		
Description	Passage à une ossature de 200mm, avec complément d'isolation intérieur de 40mm, soit 240mm d'isolation totale en mur		
Coût	1653,0 €	Gain chauffage	1053 kWh/an
	1,57 €/kWh économisé	Rentabilité	13,1 ans

Modification 2	Menuiseries basse consommation		
Description	Menuiseries à $U_w = 1.3 \text{ W/m}^2/\text{K}$		
Coût	504,9 €	Gain chauffage	211kWh/an
	2,40 €/kWh économisé	Rentabilité	20 ans

Modification 3	Menuiseries très basse consommation		
Description	Menuiseries à $U_w = 0.8 \text{ W/m}^2/\text{K}$		
Coût	1060,3 €	Gain chauffage	859kWh/an
Coût	1,23 €/kWh économisé	Rentabilité	10,3 ans

Modification 4	Ventilation double flux		
Description	Passage à une ventilation double flux à récupération de chaleur qualitative, avec réseau		
Coût	3040,0 €	Gain chauffage	567,0kWh/an
	5,36 €/kWh économisé	Rentabilité	44,7 ans

On peut aussi chercher à réduire les déperditions par renouvellement d'air parasites (inétanchéité de l'enveloppe) :

Modification 5	Etanchéité de l'enveloppe		
Description	Atteinte d'un n50 de 0.6 : 600m d'adhésif dédié et 15h de travail		
Coût	897,0 €	Gain chauffage	939,60 kWh/an
	0,95 €/kWh économisé	Rentabilité	7,96 ans

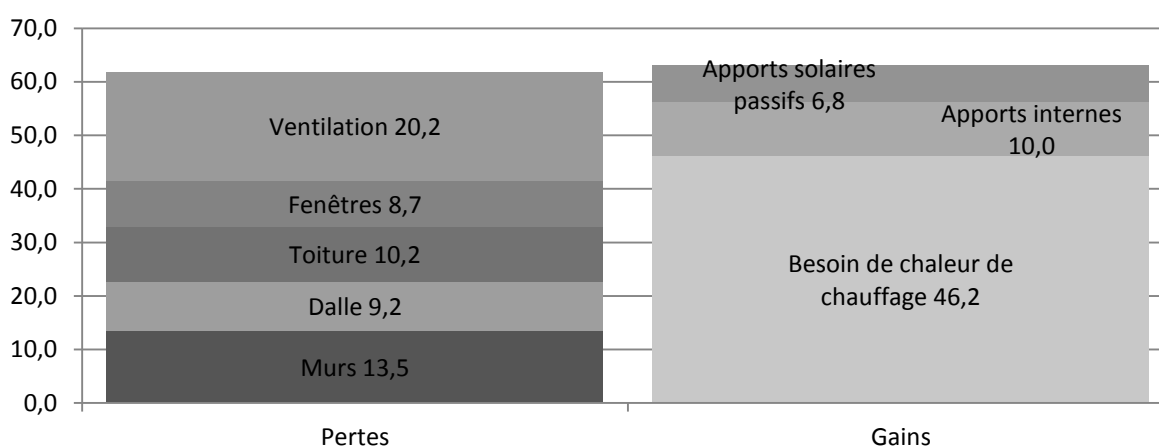
4.1 Bilan

On peut voir que les modifications les plus rentables sont l'isolation des murs, le passage à des menuiseries très isolantes, et l'étanchéification.

Le passage à des menuiseries basse consommation n'amène pas une économie à la hauteur de leur coût, et la ventilation double flux ne se rembourse qu'après une durée proche de la durée de vie du bâtiment.

Les modifications retenues sont donc : 1,3 et 5.

Après application de ces modifications, le nouveau bilan de pertes/gains de chaleur de l'enveloppe se décompose comme suit :



Le gain obtenu sur le besoin en chaleur est de 2835 kWh/an (-27%).

L'investissement est d'environ 1,27€/kWh économisé, avec un retour sur investissement en 10,6 années.

5 Amélioration 2

Dans cette nouvelle configuration, l'importance des postes va comme suit : ventilation, murs, toiture, dalle et menuiserie.

L'étape précédente a montré qu'il était difficilement rentable d'installer une ventilation double flux, on ne reconsidèrera pas pour l'instant cette option. Les produits disponibles sur le marché rendent difficile d'imaginer progresser sur le poste menuiseries.

Modification 1	Isolation de la dalle
----------------	-----------------------

Description	Passage de 60mm à 120 mm d'isolant (+10€/m ² , 1h de travail en plus)		
Coût	915 €	Gain chauffage	534,6 kWh/an
Coût	1,71 €/kWh économisé	Rentabilité	14 ans

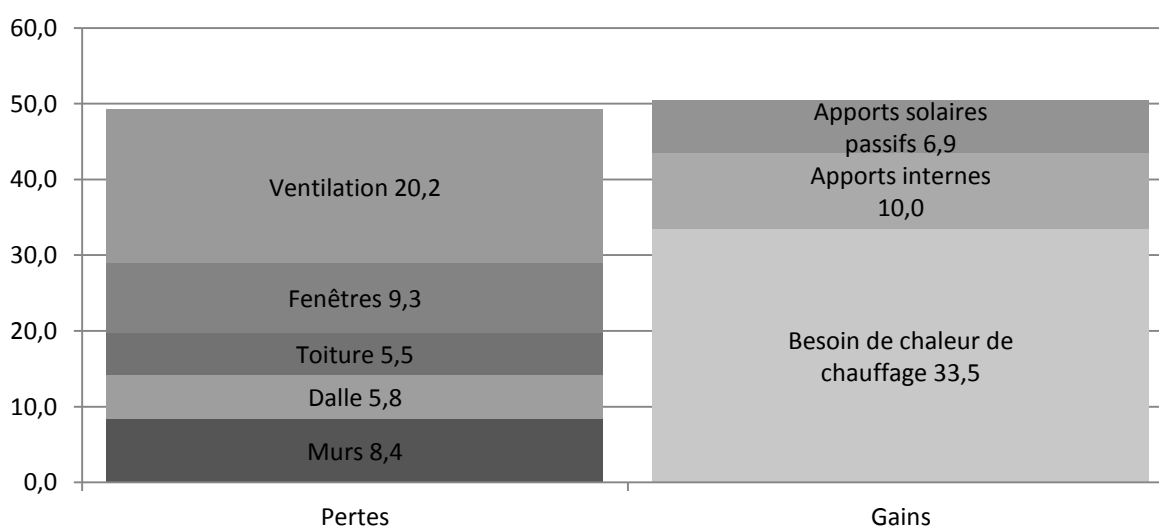
Modification 2	Isolation de la toiture		
Description	Ajout d'une couche croisée de 14cm d'isolant sur les fermettes (laine de bois, 11,38€/m ² , 3h de travail)		
Coût	1027 €	Gain chauffage	761,4 kWh/an
Coût	1,35 €/kWh économisé	Rentabilité	11 ans

Modification 3	Isolation des murs : passage à des poutres en I de 300mm		
Description	Poutres en I de 300mm, à 8,28 € le ml, et ajout de 100mm d'isolant		
Coût	2608 €	Gain chauffage	810 kWh/an
Coût	3,22 €/kWh économisé	Rentabilité	27 ans

5.1 Bilan

Toutes les modifications envisagées sont rentables au vu du critère étudié plus haut, de justesse pour l'isolation importante des murs, elles peuvent donc être toutes retenues.

Après application des ces modifications, le nouveau bilan de pertes/gains de chaleur de l'enveloppe se décompose comme suit :



Le gain obtenu sur le besoin en chaleur est de 2057 kWh/an (-27% à nouveau).

Par rapport à la version initiale on gagne 4892kWh/an (-47%), avec un investissement d'environ 1,67€/kWh économisé, avec un retour sur investissement en 13,9 années. On peut voir que le kWh économisé à coûté un peu plus cher pour cette deuxième étape.

6 Amélioration 3

Les postes ventilation et menuiserie étant devenu largement prépondérants (plus de la moitié à eux deux), il est intéressant de s'intéresser à nouveau à eux.

Le pont thermique d'intégration des menuiseries considéré jusqu'ici était de 0,04W/m/K. L'ajout d'un panneau d'isolant sur les tableaux, linteaux et appuis, contre le dormant, permet de ramener cette valeur à environ 0,02W/m/K. Ce calcul peut être réalisé pour une géométrie donnée avec un logiciel adapté.

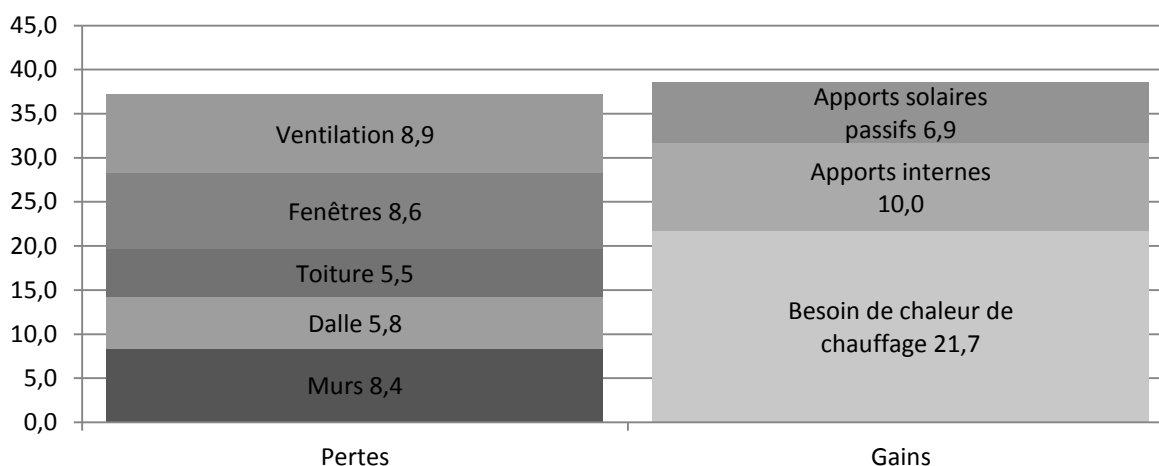
Modification 1	Meilleure intégration des menuiseries		
Description	Isolation des tableaux de menuiseries par ajout de panneaux isolants contre les dormants de menuiseries. 4,8 m ² de panneau isolant à 17 € le m ² , 20 minutes de travail par menuiserie		
Coût	297 €	Gain chauffage	162 kWh/an
	1,84 €/kWh économisé	Rentabilité	15 ans

Modification 2	Ventilation double flux		
Description	Passage à une ventilation double flux à récupération de chaleur qualitative, avec réseau		
Coût	3040,0 €	Gain chauffage	1879,2 kWh/an
	1,62 €/kWh économisé	Rentabilité	13,5 ans

6.1 Bilan

Alors que la ventilation double flux n'était en première approche pas rentable, le travail réalisé sur l'étanchéité de l'enveloppe la rend bien plus efficace, devenant tout à fait envisageable. Le travail sur les menuiseries, même avec une incertitude sur la durée d'exécution, sera rentable.

On peut donc retenir les deux modifications. Après application, le nouveau bilan de pertes/gains de chaleur de l'enveloppe se décompose comme suit :



Le gain obtenu sur le besoin en chaleur est de 1911,6 kWh/an (-35%).

Par rapport à la version initiale on gagne 6804 kWh/an (-47%), avec un investissement d'environ 1,69€/kWh économisé, et un retour sur investissement en 14,1 années.

7 Amélioration 4

Menuiseries et ventilation sont difficiles à améliorer à nouveau. Des gains pourraient être réalisés sur ces postes, mais d'ordres de grandeur moindres. Les gains potentiels sont alors d'avantage à rechercher sur les parois ou l'architecture.

Modification 1	Sur-isolation des parois		
Description	Ajouts d'isolants à système constructif constant : 6cm en plancher bas (18cm en tout) 10cm en murs (ossature en I de 40cm) 6 cm en toiture (soit 20 + 20cm)		
Coût	3344 €	Gain chauffage	745,2 kWh/an
	2,78 €/kWh économisé	Rentabilité	23 ans

On peut aussi tenter d'améliorer les apports solaires :

Modification 2	Agrandissement des menuiseries sud étage		
Description	Passage d'une hauteur de 1m à 1,3m pour augmenter les apports solaires (déduction de la surface de mur à réaliser en moins à hauteur de 100€/m ²)		
Coût	114 €	Gain chauffage	64,8 kWh/an
	1,75 €/kWh économisé	Rentabilité	15 ans

Il est aussi possible d'envisager la suppression ou réduction de menuiseries au nord :

Modification 3	Suppression des fenêtres des salles de bain rdc au nord		
Description	Suppression des fenêtres de 60cm par 1m dans les salles de bain du rez-de-chaussée		
Coût	-146 €	Gain chauffage	97,2 kWh/an
	-1,5 €/kWh économisé	Rentabilité	Immédiate

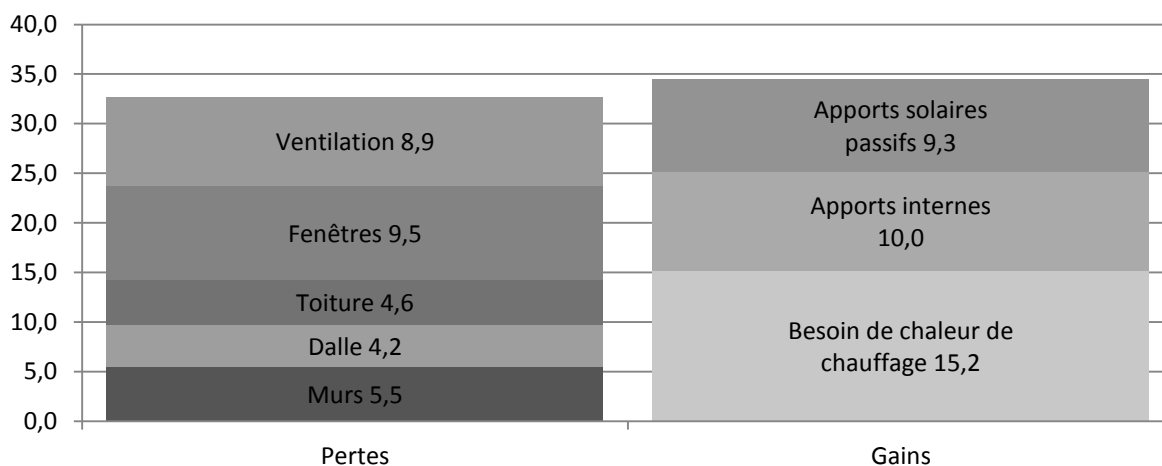
Un autre facteur de la performance d'un bâtiment est sa taille, un plus gros bâtiment consommant intrinsèquement moins d'énergie de chauffage rapporté à son volume intérieur :

Modification 4	Passage de 2 à 3 maisons alignées		
Description	Passage à 3 maisons alignées, avec de fait une absence d'éclairage naturelle du dégagement d'escalier de la maison centrale.		
Coût	Négatif pour une maison de par les économies d'échelles réalisées	Gain chauffage	259 kWh/an

7.1 Bilan

La suppression de l'apport de lumière naturelle et de la possibilité de ventilation après une douche dans une salle de bain est difficilement acceptable. Par contre dans le cadre de la conception d'un quartier, on peut envisager de préférer faire des groupements de trois maisons plutôt que par deux. Les modifications retenues ici seront donc les 1,2 et 3.

Après application, le nouveau bilan de pertes/gains de chaleur de l'enveloppe se décompose comme suit :



Le gain obtenu sur le besoin en chaleur est de 1053 kWh/an (-30%).

Par rapport à la version initiale on gagne 7857 kWh/an par maison (-76%), avec un investissement d'environ 1,9€/kWh économisé, et un retour sur investissement en 15,9 années.

On a alors atteint un niveau de performances de type passif :

La puissance de chauffage à fournir: 2635W par maison, soit 11W/m².

On peut envisager de préchauffer l'air entrant par la ventilation avec une batterie électrique (2kW, moins de 400€). L'air peut ainsi être monté jusqu'à 50°C, apportant 11,7W/m², ce qui est suffisant pour chauffer la maison.

On peut alors envisager de supprimer l'installation de chauffage conventionnelle qui aurait été nécessaire à un niveau de performance moindre. Une installation de type chaudière gaz et radiateurs coûte environ 10k€, qui n'est plus nécessaire.

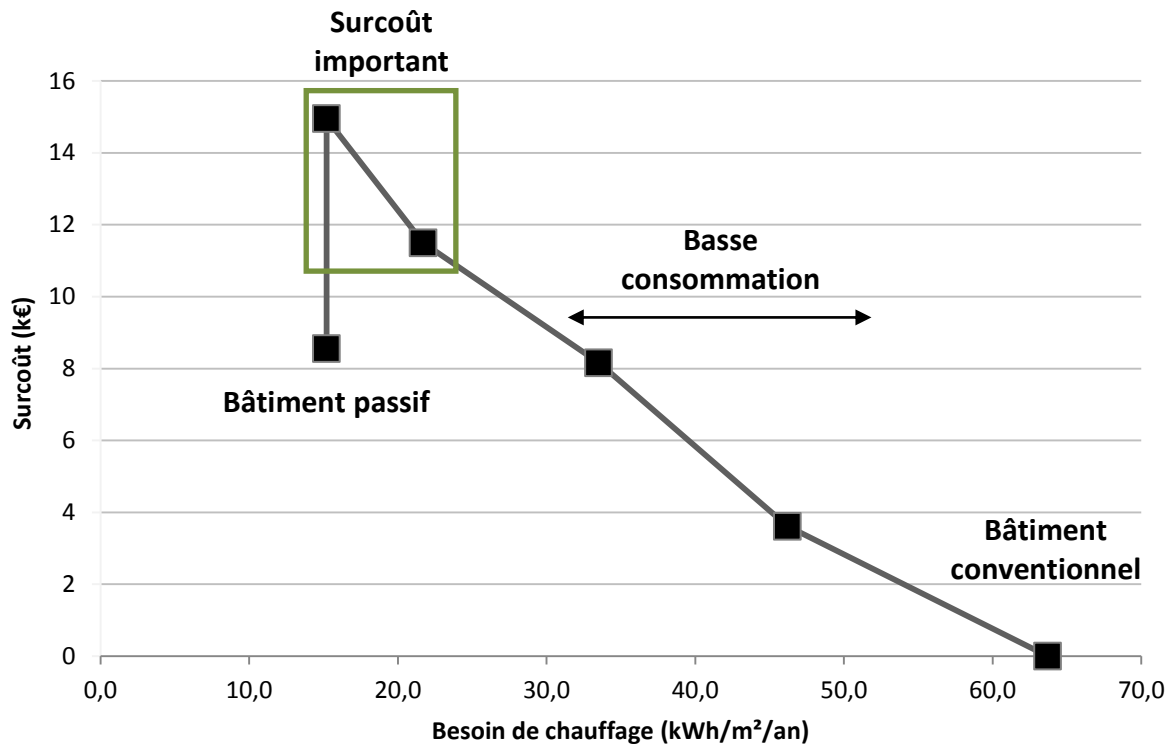
En considérant un radiateur d'appoint dans le séjour (1000W, 200€), une batterie électrique (2kW, 400€), et un surcroît d'ingénierie de 3000 € (étude thermique et suivi), on arrive au bilan suivant :

Surcoût enveloppe et systèmes	15 556	€
Ingénierie et suivi	3 000	€
Installation conventionnelle en moins	-10 000	€
Bilan à la construction	8 556	€

Les frais d'entretien de la ventilation, similaires à ceux d'une chaudière, ne sont pas ici pris en compte.

Il est à noter que les hypothèses prises sont pour certaines onéreuses (isolants en fibres de bois), pour d'autres moyennes (ventilation double flux d'un prix intermédiaire).

Dans le cas d'une construction initialement prévue à 210 000€ par maison, soit environ 1300€ par mètre carré de plancher, ce surcoût représente 4% du coût de la construction. Avec une économie de chauffage annuelle de 943€ par an, l'investissement est rentabilisé en 10 années.



Note 1 : Le climat retenu pour l'exemple (Nancy) est particulièrement difficile. La variante envisagée n°3 parvient déjà à un chauffage par l'air à Nantes et Montélimar, et pourrait être labellisée Maison Passive.

Note 2 : D'autres solutions de chauffage peuvent être retenues à des niveaux de performance intermédiaires, comme un poêle à bois avec ventilation double flux et appoints électrique. Cette solution peut aisément être valorisée dans un calcul réglementaire français.

Note 3 : Un coût plus élevé de l'énergie rend l'investissement plus rentable. Ainsi avec une chaleur à 14c€/kWh, la rentabilité est atteinte en 8 années

Note 4 : la problématique du confort d'été n'a pas été évoquée ici, et concernent notamment les occultations des baies et les possibilités de ventilation nocturne. Cependant, en l'état, le bâtiment dessiné ne présente pas de surchauffe pour le climat de Nancy.

8 Bilan

A travers l'exemple d'une maison individuelle, nous avons vu que :

- Selon le bâtiment considéré comme point de départ, l'investissement dans une solution de performance énergétique peut ou non être rentable,
- Plus on cherche à abaisser les consommations, plus chaque kWh de besoin de chauffage gagné coûte cher,
- Si le besoin de chauffage a été suffisamment abaissé, il devient possible de chauffer le bâtiment par le préchauffage de l'air entrant, permettant une économie conséquente sur les systèmes à installer
- Pour une construction à ossature bois et « sans se priver » dans le choix des matériaux, il est possible de réaliser une telle performance pour un surcoût inférieur à 10% du coût du bâtiment ce qui permet une rentabilité de l'investissement initial dans une durée acceptable (de l'ordre de 10 ans).

En 2013, les architectes et bureaux d'études compétents pour réaliser ce type de bâtiments sont beaucoup plus nombreux qu'en 2005, et on en trouve dans toutes les régions de France.