



Rapport réalisé par

# ANALYSE DE LA QUALITE ENVIRONNEMENTALE DE LA REHABILITATION ET DE L'EXTENSION D'UNE MAISON DE VILLE

## Réhabilitation et extension de la maison Bailleul à Toulouse



---

Analyse de la qualité environnementale de la réhabilitation et de l'extension d'une maison de ville, Maison Bailleul à Toulouse, effectuée en novembre-décembre 2012.

## Contexte et objectif du projet

L'objectif du projet était de réaliser une maison de ville pour une famille de 4 personnes qui soit économe en énergie, tout en réduisant l'impact environnemental des travaux. Les choix se sont donc portés de préférence vers une construction en bois ou vers l'utilisation d'autres matériaux durables et naturels.

Au départ deux choix respectant les règles de l'urbanisme étaient possibles :

- Démolir entièrement le bâtiment existant et construire une nouvelle maison BBC en ossature bois.
- Conserver la partie la plus saine du bâtiment existant et réaliser une extension sur 2 niveaux en ossature bois à la place des annexes démolies, qui soit le plus possible économe en énergie.

La deuxième solution a été choisie par le maître d'ouvrage pour des raisons financières. De plus conserver une partie du bâti est souvent préférable d'un point de vue environnemental car cela permet de limiter l'impact de la construction.

### **Etat initial du bâtiment :**

Le terrain est situé dans un quartier résidentiel de la Côte Pavée à Toulouse. Il comporte une habitation ancienne et un garage. Les pièces principales sont orientées vers le sud côté rue, un jardin en fond de parcelle est orienté côté nord. A l'état initial le bâtiment consommait énormément d'énergie (724 kWh ep/m<sup>2</sup>/an) et émettait beaucoup de gaz à effet de serre (154 kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/an), ce qui montre bien la nécessité d'une réhabilitation importante.

## Analyse des interventions sur le bâti

### Analyse thermique et environnementale des principales parois

Le bâtiment a fait l'objet d'une analyse avec logiciel « COCON » de la partie existante avant et après réhabilitation ainsi que de l'extension. Cette analyse permet d'appréhender à la fois les impacts environnementaux et les qualités thermiques et de confort de la construction d'un bâtiment. Les résultats sont donnés sous forme de notes (attribuées sur 20) à six critères. Elles sont déterminées à partir de valeurs exprimées au m<sup>2</sup> de paroi qui portent sur les points suivants :

- L'énergie primaire non renouvelable, souvent appelée « énergie grise » (en kWh ep / m<sup>2</sup>), incorporée dans l'intégralité du cycle de vie des matériaux utilisés dans une paroi.
- La participation au changement climatique (en kg équivalent CO<sub>2</sub> m<sup>2</sup>) liée aux émissions de gaz à effet de serre provoqués par la construction (ou la réhabilitation).
- L'épuisement des ressources (en kg équivalent antimoine) qui permet d'estimer la ponction opérée par l'opération dans les réserves minérales et énergétiques de la planète.
- La résistance thermique (m<sup>2</sup> °K/w) mesure la capacité de la paroi à s'opposer aux transferts de chaleur. Elle est représentative de ses qualités d'isolation thermique et notée par COCON en fonction de la zone climatique dans laquelle se situe l'opération, du label thermique visé et du service attendu. Par exemple, l'isolation thermique attendue pour une toiture est plus élevée que celle d'un mur enterré.
- Le temps de déphasage des ondes de chaleur (en heures) permet d'estimer le degré de participation d'une paroi au confort d'été en retardant la pénétration vers l'intérieur de la chaleur diurne.
- L'inertie thermique quotidienne (en kJ/m<sup>2</sup> °K) qui est représentative de la capacité d'une paroi à emmagasiner de l'énergie et à s'opposer ainsi à des variations rapides de températures à l'intérieur du bâtiment.

### Réhabilitation de la partie existante

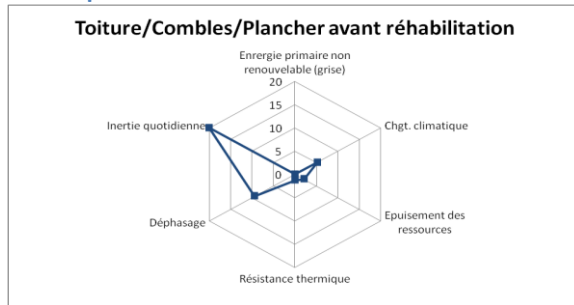
#### **Dalle du rez-de-chaussée:**

Réalisation d'un dallage sur hérisson isolé et finition en parquet bois. L'isolation de la dalle a permis de limiter de façon importante les pertes thermiques et d'obtenir une résistance (R=3) et un déphasage (>10 heures) correct du plancher bas.

### Toiture/Combles/Planchers :

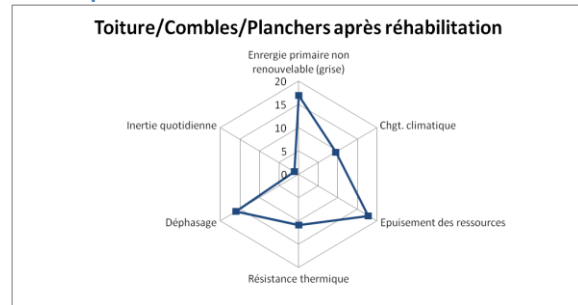
La structure générale de la toiture et du plancher sont conservés avec seulement un remplacement des matériaux trop dégradés. En revanche, le plancher existant des combles est isolé par le dessous avec 30 cm d'ouate de cellulose insufflée.

**Figure 1: Impacts environnementaux et qualités thermiques de la couverture**



*Composition : Tuile en terre cuite, Liteaux et charpente en bois, Dallage béton armé (20 cm)*

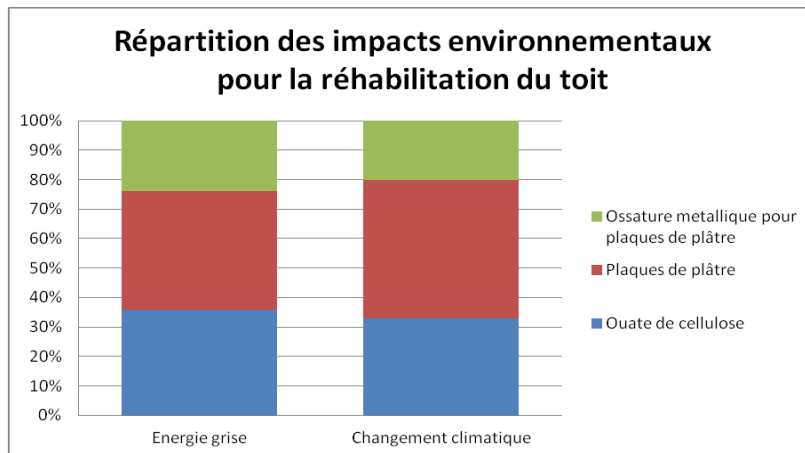
**Figure 2: Impacts environnementaux et qualités thermiques de la couverture**



*Composition : Tuile en terre cuite (existant), Liteaux et charpente en bois (existant), Dallage béton armé (20 cm, existant), Ouate de cellulose insufflée (30 cm), Ossature métallique, Plaques de plâtre*

L'isolation de la dalle en sous face a permis d'augmenter de façon très importante la résistance thermique ( $R > 6$ ) qui était quasi-nulle, ainsi que d'améliorer le déphasage ( $> 12$  heures). En revanche, elle entraîne aussi une perte quasi-totale de l'inertie apportée par la dalle béton. L'impact environnemental de cette réhabilitation n'entraîne pas un épuisement important des ressources.

**Figure 3: Consommation de l'énergie grise et impact du changement climatique dus à la réhabilitation en fonction des matériaux constituant la couverture**



Commentaire : Les plaques de plâtre du faux plafond sont responsables de la plus grande partie de la consommation en énergie grise et de l'impact sur le changement climatique.

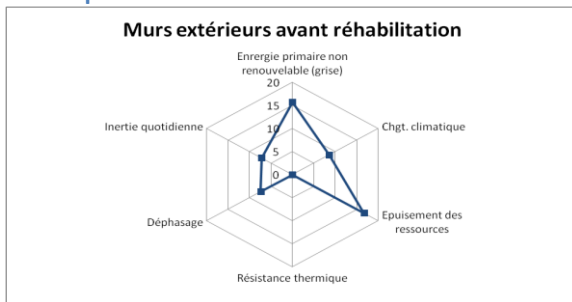
**Murs intérieurs :**

Le mur de refend a été conservé et simplement rénové par la mise en place de plaques de plâtre sur ces deux faces.

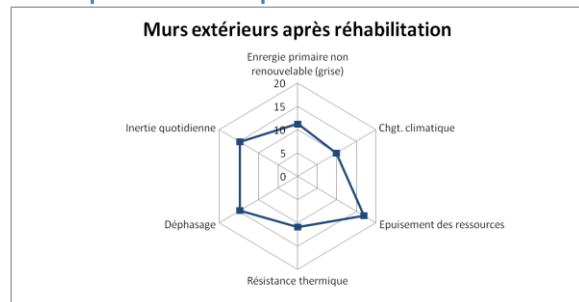
**Murs extérieurs:**

L'isolation des murs périphériques est réalisée par une isolation extérieure constituée d'une ossature primaire en bois remplie de 80 mm de laine de chanvre. Des panneaux de 60 mm en fibres de bois sont fixés sur l'ossature et enduits avec un crépi extérieur qui intègre une trame. Le soubassement est isolé avec des panneaux de liège de 120 mm hydrofuges.

**Figure 4: Impacts environnementaux et qualités thermiques des murs avant réhabilitation**



**Figure 5: Impacts environnementaux et qualités thermiques des murs après réhabilitation**

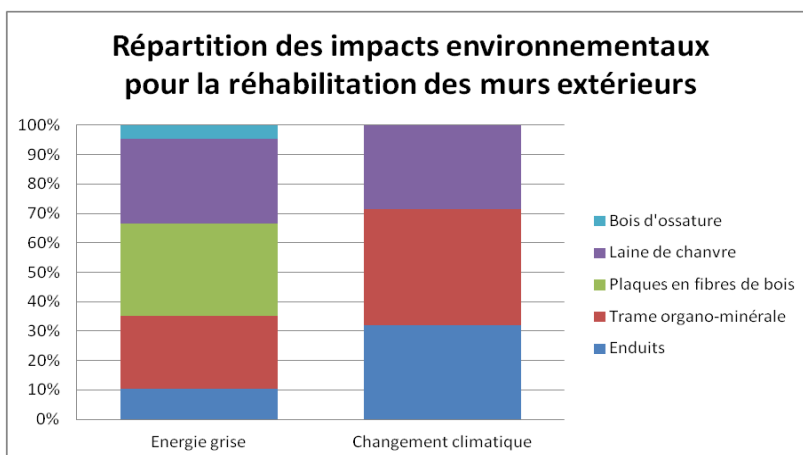


**Composition :** Enduit de ciment, Parpaing de ciment (20 cm), Enduit plâtre

**Composition :** Enduit minéral, Trame organo-minérale, Plaques en fibres de bois (6 cm), Isolation en laine de chanvre (8 cm), Bois d'ossature, Parpaing de ciment (20 cm, existant), Enduit plâtre (existant)

Commentaire : L'utilisation de matériaux biosourcés pour l'isolation a permis de réduire l'impact environnemental de la réhabilitation des murs extérieurs. Le choix d'une isolation thermique par l'extérieur a permis non seulement d'augmenter la résistance thermique ( $R > 3,5$ ) et le déphasage ( $> 11$  heures) de la paroi mais aussi d'accroître considérablement son inertie.

**Figure 6: Consommation de l'énergie grise et impact du changement climatique dus à la réhabilitation en fonction des matériaux constituant les murs extérieurs**



Commentaire : La consommation d'énergie grise se répartie principalement entre la laine de chanvre, les plaques en fibres de bois et la trame organo-minérale. L'impact sur le changement climatique vient de l'enduit, de la trame organo-minérale et de la laine de chanvre. Le bois d'ossature et les plaques en fibres de bois n'apparaissent pas sur la figure car au cours de leur cycle de vie ils stockent plus de gaz à effet de serre qu'ils n'en émettent, et compensent une grande partie de l'impact des autres matériaux.

### **Menuiseries :**

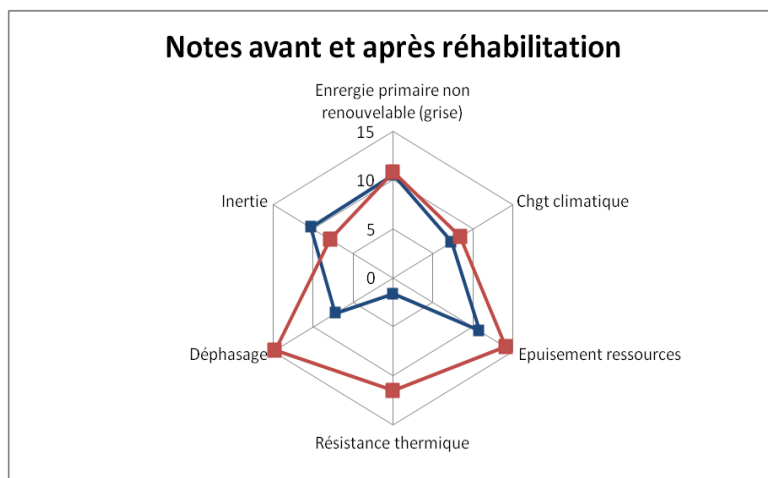
Les menuiseries anciennes, simple vitrage, ont été remplacées par des menuiseries PVC double vitrage (Uw de 1,3) et des volets extérieurs coulissant en bois ont été ajoutés ce qui limite nettement les déperditions thermiques par les ouvertures tout en conservant un bon apport de lumière dans la maison.

### **Aménagement et cloisons:**

L'aménagement des pièces a été réalisé par la construction de cloisons de 72 mm d'épaisseur, en plaque de plâtre, isolées avec 40 mm de laine de bois. Les cloisons de la réserve à granules du poêle à bois sont construites en briques plâtrières de 7 cm d'épaisseur hourdées au mortier de chaux.

### **Comparaison avant et après la réhabilitation :**

Figure 7: Impacts environnementaux et qualités thermiques de la partie existante du bâtiment avant et après réhabilitation



Commentaire : La réhabilitation (en rouge) de la partie existante (en bleu) permet de diminuer considérablement les pertes thermiques du bâtiment et d'augmenter le déphasage des parois pour une perte d'inertie relativement faible. L'impact global sur l'environnement est acceptable et les matériaux utilisés sont en grande partie renouvelables ou présents en quantité sur terre ce qui permet d'avoir une faible influence sur l'épuisement des ressources.

## Construction de l'extension

L'extension est emboîtée dans l'espace laissé par la démolition d'une partie du bâti existant. Pour des raisons environnementales et afin de renforcer la différence entre l'existant et l'extension, celle-ci a été réalisée en bois.

### Fondation et dalle :

Les fondations sont en béton armé et la dalle est isolée et réalisée sur hérisson. La finition est en béton ciré.

### Plancher :

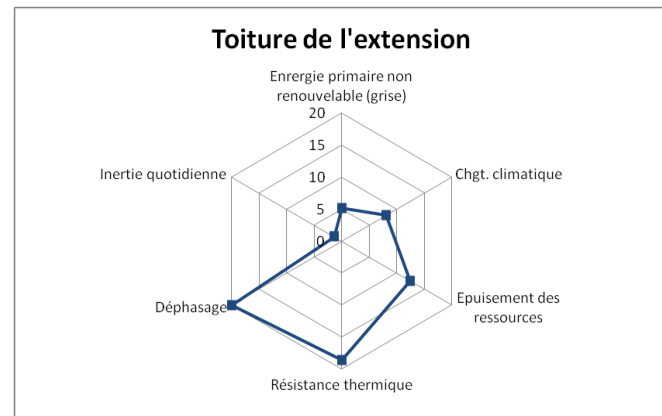
Le plancher est constitué d'une structure et d'un parquet en bois massif. Il est isolé phoniquement en sous face par de la ouate de cellulose et des plaques de plâtre.

### Toiture :

La couverture est composée d'un panneau sandwich en bac acier isolé de 80 mm de mousse polyuréthane sur charpente bois avec un faux plafond en plaques de plâtre isolé avec 30 cm d'ouate de cellulose insufflée.

Les chéneaux latéraux fixés sur la charpente en bois ont un habillage en zinc et sont isolés en sous face par de la mousse en polyuréthane afin de supprimer les ponts thermiques.

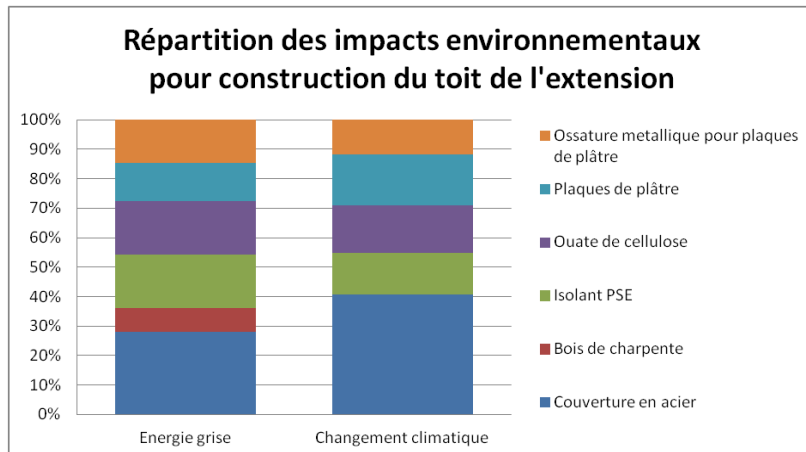
Figure 8: Impacts environnementaux et qualités thermiques de la toiture de l'extension



*Composition : Panneaux sandwichs bac acier, Isolant en PSE (8 cm), Bois de charpente, Ouate de cellulose insufflée (30 cm), Ossature métallique, Plaques de plâtre*

Commentaire : Le toit construit pour l'extension n'apporte presque pas d'inertie au bâtiment, en revanche, il a une excellente résistance thermique ( $R > 10$ ) et un déphasage très important ( $> 14$  heures). L'impact environnemental est assez fort en raison de l'utilisation d'acier dans le faux plafond, mais l'impact sur l'épuisement des ressources reste acceptable.

Figure 9: Consommation de l'énergie grise et impact du changement climatique dus à la construction en fonction des matériaux constituant le toit de l'extension



Commentaire : Cette figure confirme bien l'impact important de la couverture en acier et du faux plafond au niveau de la consommation de l'énergie grise et du changement climatique, bien que l'isolation en ouate de cellulose et en PSE ait un impact non négligeable. Au niveau du changement climatique l'utilisation de bois de charpente permet de compenser légèrement les émissions de gaz à effet de serre de cette construction.

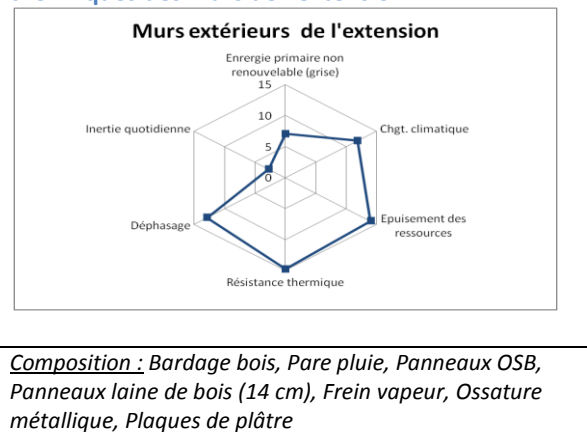
#### **Murs extérieurs:**

Les murs sont construits en ossature bois et isolés avec 140 mm de laine de bois recouverte d'un pare vapeur avec une finition en plaques de plâtre côté intérieur. Du côté extérieur des panneaux OSB servent de contreventement<sup>1</sup> et reçoivent un pare pluie, ensuite une ossature secondaire en tasseaux servent pour la pose d'un bardage ajouré en mélèze. Le pare pluie a été choisi très résistant aux UV afin d'assurer une bonne durabilité dans le temps malgré son exposition due au bardage ajouré.

<sup>1</sup> Avertissement : L'utilisation d'OSB sur la face extérieure d'une paroi peut poser des problèmes de transfert de vapeur d'eau car ce matériau est très fermé à la vapeur (mu souvent supérieur à 150). Il est donc préférable d'utiliser l'OSB sur la face intérieure des parois et de lui préférer à l'extérieur des panneaux de contreventement en fibre de bois.

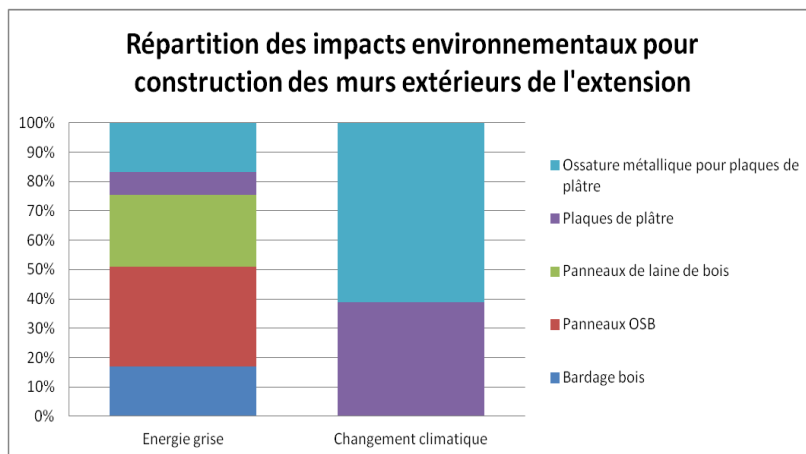


**Figure 10 : Impacts environnementaux et qualités thermiques des murs de l'extension**



Les parois extérieures de l'extension n'apportent que peu d'inertie au bâtiment mais ceci est compensé par une bonne résistance thermique ( $R=4,5$ ) et un temps de déphasage important (>10heures). L'impact environnemental global de la paroi est acceptable.

**Figure 11: Consommation de l'énergie grise et impact du changement climatique dus à la construction en fonction des matériaux constituant les murs extérieurs de l'extension**



Commentaire : Les panneaux OSB et les panneaux en laine de bois consomment l'essentiel de l'énergie grise, c'est pour cela que la note correspondante est un peu faible (<10/20). L'impact sur le changement climatique est du uniquement aux plaques de plâtre et aux ossatures métallique. En effet les autres matériaux sont en bois et émettent moins de gaz à effet de serre qu'ils n'en stockent au cours de leur cycle de vie. Cela permet de limiter l'impact de la construction des murs sur le changement climatique.

### **Menuiseries :**

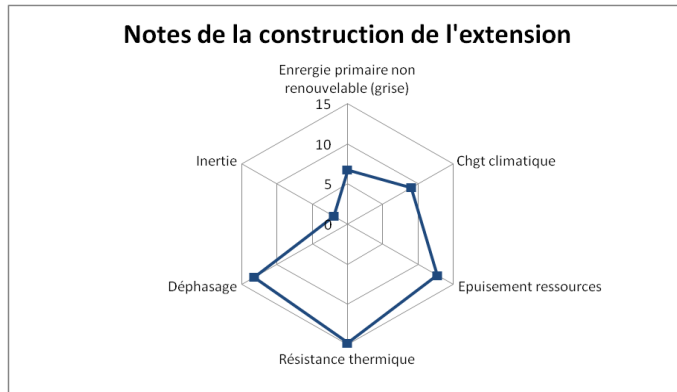
Les menuiseries sont en PVC double vitrage ( $U_w$  de 1,3) et des volets extérieurs coulissant en bois sont mis en place. Cela permet de limiter les déperditions thermiques au niveau des ouvertures en ayant un bon apport de lumière.

### Aménagement et cloisons :

Les différentes pièces sont séparées par des cloisons de 72 mm d'épaisseur, en plaque de plâtre, isolées avec 40 mm de laine de bois. L'escalier est en bois.

### Conclusion sur la construction de l'extension :

Figure 12: Impacts environnementaux et qualités thermiques de l'extension de la maison



Commentaire : L'isolation thermique de l'extension est performante tant au niveau de la résistance thermique des parois qu'au niveau du temps de déphasage des ondes de chaleur, l'inertie en revanche est très faible du fait de l'utilisation importante de bois mais le confort ne devrait pas s'en trouver affecté du fait des temps de déphasage élevé que procurent les matériaux utilisés. L'impact sur l'environnement est acceptable bien que la consommation d'énergie grise soit assez importante.

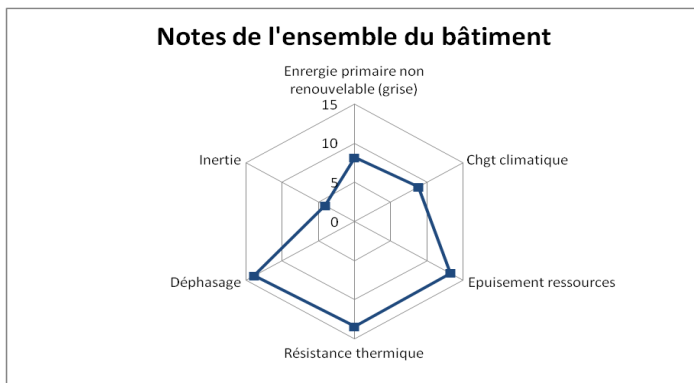
### Equipements techniques pour l'ensemble du bâtiment

L'isolation renforcée de l'ensemble de l'édifice permet de limiter les besoins en chauffage. Un poêle à bois en position centrale de l'extension chauffe l'ensemble de l'habitation. Les besoins de chauffage sont donc couverts uniquement grâce à de l'énergie renouvelable.

Une VMC double flux a été installée pour deux raisons, elle assure évidemment la ventilation, mais elle permet aussi de bien répartir la chaleur dans l'ensemble des pièces de la maison pour en optimiser le confort.

## Conclusion

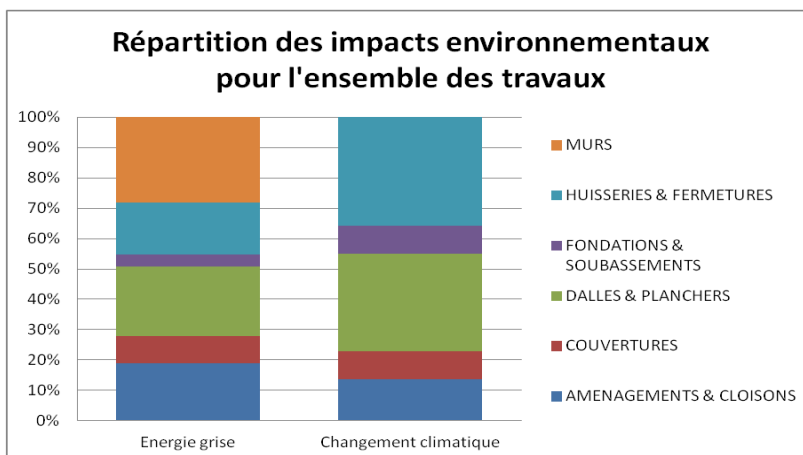
Figure 13: Impacts environnementaux et qualités thermiques de l'ensemble de la maison



L'utilisation d'un système constructif en bois pour l'extension et l'épaisseur d'isolation importante des parois permet de limiter les pertes thermiques du logement. L'inertie du bâtiment est faible ce qui peut pénaliser le confort de l'habitation mais ceci est compensé par un fort déphasage des parois qui permet d'éviter les surchauffes estivales.

La réhabilitation et la construction de la maison ont un impact relativement important sur l'environnement mais qui semble acceptable au vu de l'amélioration thermique et du gain de surface habitable de la maison. De plus un effort a été fait sur le choix des matériaux ce qui permet de limiter l'impact des travaux sur l'épuisement des ressources.

Figure 14 : Consommation de l'énergie grise et impact du changement climatique dus à l'ensemble des travaux en fonction des différents types de parois



La consommation d'énergie grise provient en grande partie de la réhabilitation et de la construction des murs que nous avons vus en détail précédemment, et des dalles/planchers notamment à cause de l'utilisation de béton armé très consommateur en énergie.

L'impact sur le changement climatique est principalement du aux huisseries (utilisation de PVC) et des dalles/planchers (béton armé).

Les murs n'apparaissent pas sur l'histogramme du changement climatique car les matériaux utilisés ne l'impacte pas de façon néfaste. En effet l'utilisation importante de bois permet de stocker plus de carbone, dans le cycle de vie des matériaux constituant les murs, que ce qui est émis.

Dans l'ensemble la réhabilitation et l'extension de cette maison est une réussite avec un effort sur la qualité des matériaux choisis. Même si l'impact environnemental de la construction est non négligeable, les économies d'énergies seront importantes lors de l'usage du bâtiment. Le confort thermique apporté par le bâtiment aux usagers sera probablement bon malgré son manque d'inertie.