

# COZEB - Extension

DETERMINATION SYNTHETIQUE  
DU PARC DE BATIMENTS RESIDENTIELS EXISTANTS EN WALLONIE

**Rapport de la tâche 1 – février 2015**

*Pour le compte du  
Département de l'Energie et du Bâtiment durable  
SPW-DGO4*



## Sommaire

### PARTIE 1 – Introduction et objectifs

### PARTIE 2 – Analyse du parc résidentiel existant

1. Analyse bibliographique .....	7
1.1. La rénovation énergétique et durable des logements (étude réalisée par l’UCL) [1] .....	7
1.2. L’étude « TABULA » [2] .....	8
1.3. Réno 2020 – Etude énergétique et typologie du parc résidentiel wallon en vue d’en dégager des pistes de rénovation prioritaires [3] .....	9
1.4. Energy Consumption Survey for Belgian Households [4] .....	9
1.5. Plan pluriannuel de la Première Alliance Emploi-Environnement [5] .....	9
1.6. Etude sur la réduction des émissions de CO2 dans le parc immobilier futur [6] .....	9
2. Les caractéristiques de l’habitation influençant la qualité thermiques des parois .....	10
2.1. La date de construction .....	10
2.2. Le type d’habitation .....	11
2.3. La taille .....	12
2.4. La localisation .....	13
2.5. Le vecteur énergétique .....	13
2.6. La propriété .....	14
2.7. La rénovation des logements existants .....	15
2.8. Choix des paramètres .....	17
3. Les maisons étudiées .....	17
3.1. Tableau des typologies dédoublées .....	19
4. Description des maisons étudiées .....	23
4.1. La maison vernaculaire BASE .....	23
4.2. La maison vernaculaire BASE BIS .....	26
4.3. La maison type ouvrière 3 façades BASE .....	28
4.4. La maison type ouvrière 3 façades BASE BIS .....	31
4.5. La maison type ouvrière mitoyenne BASE .....	33
4.6. La maison type ouvrière mitoyenne BASE BIS .....	35
4.7. La maison villageoise BASE .....	37
4.8. La maison villageoise BASE BIS .....	40
4.9. La maison urbaine mitoyenne BASE .....	42
4.10. La maison urbaine mitoyenne BASE BIS .....	45

4.11.	La villa des premières extensions urbaines BASE.....	47
4.12.	La villa des premières extensions urbaines BASE BIS.....	49
4.13.	La villa de plain-pied BASE.....	51
4.14.	La villa de plain-pied BASE BIS.....	53
4.15.	La maison bel étage mitoyenne BASE .....	55
4.16.	La villa 4 façades de type lotissement BASE.....	57
4.17.	La villa 4 façades de type lotissement BASE BIS.....	59
4.18.	La maison type barre de logement social BASE .....	61
4.19.	La villa 4 façades K70 BASE.....	63
4.20.	La maison 3 façades K70 BASE .....	65
4.21.	La maison mitoyenne bel-étage K70 BASE.....	67
4.22.	La villa 4 façades K55 BASE.....	69
4.23.	La maison mitoyenne K55 BASE .....	71
5.	Mesures/groupes/variantes étudiées .....	73
6.	Les immeubles d'appartements étudiés .....	74
7.	Description des immeubles d'appartements étudiées .....	78
7.1.	Immeuble à appartements d'avant 1919 – A1.....	78
7.2.	Maison divisée en appartements d'avant 1919 – A2.....	81
7.3.	Maison divisée en appartements + service au rez-de-chaussée d'avant 1919 - A3 .....	84
7.4.	Maison divisée en appartements de 1919-1945 - A4 .....	87
7.5.	Immeuble à appartements de 1946-1970 - A5 .....	90
7.6.	Immeuble à appartements de 1946-1970 - A6 .....	93
7.7.	Maison divisée en appartements de 1946-1970 - A7 .....	96
7.8.	Immeuble à appartements de 1971-1990 - A8 .....	99
7.9.	Immeuble à appartements d'après 1990 - A9.....	102
7.10.	Immeuble d'appartements d'après 1990 - A10 .....	105
Annexe 1 : Caractéristiques des parois de déperditions selon l'étude UCL sur les logements wallons. Ce tableau est repris de l'étude COZEB1 dans laquelle il a déjà été utilisé. ....		111
Annexe 2 : Caractéristiques des parois de déperditions selon l'étude TABULA .....		113
Annexe 3 : Caractéristiques des systèmes de chauffage, production d'eau chaude sanitaire et de ventilation selon l'étude TABULA.....		114
Annexe 4 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 5, maison urbaine moyenne entre 1922 et 1945 .....		115
Annexe 5 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 6, villa des premières extensions urbaines entre 1946 et 1970.....		117

Annexe 6 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 7, villa de plain-pied entre 1946 et 1970.....	119
Annexe 7: Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 9, villa 4 façades de type lotissement entre 1971 et 1984 .....	122
Annexe 8 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 11, villa 4 façades de type lotissement K70 entre 1985 et 1995 .....	124
Annexe 9 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 13, maison type bel-étage K70 entre 1985 et 1995 .....	128
Annexe 10 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 14, villa 4 façades de type lotissement K 55 entre 1996 et 2008 .....	131
Annexe 11 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 15, maisons groupées type « pic au vent » K55 entre 1996 et 2008 .....	134
Annexe 12 : Hypothèses de simulation PEB et caractéristiques des systèmes des habitations existantes .....	136
Nœuds constructifs .....	136
Etanchéité à l'air .....	136
Inertie .....	137
Ombrage.....	137
Protections solaires .....	137
Ventilation .....	137
Chauffage .....	138
Eau chaude sanitaire .....	139
Annexe 13 : Géométrie et caractéristiques générales de l'immeuble à appartements A2 .....	141
Annexe 14 : Géométrie et caractéristiques générales de l'immeuble à appartements A3 .....	145
Annexe 15 : Géométrie et caractéristiques générales de l'immeuble à appartements A4 .....	147
Annexe 16 : Géométrie et caractéristiques générales de l'immeuble à appartements A6 .....	153
Annexe 17 : Géométrie et caractéristiques générales de l'immeuble à appartements A9 .....	154
Annexe 18 : Géométrie et caractéristiques générales de l'immeuble à appartements A10 .....	156
Annexe 19 : Hypothèses de simulation PEB et caractéristiques des systèmes des immeubles à appartements existants.....	158
Nœuds constructifs .....	158
Etanchéité à l'air .....	158
Inertie .....	159
Ombrage.....	159
Protections solaires .....	159
Ventilation .....	159



Chauffage .....	160
Eau chaude sanitaire .....	162

# PARTIE 1 : INTRODUCTION ET OBJECTIFS

---

La Directive 2012/27/UE du parlement européen et du conseil relative à l'efficacité énergétique a été adoptée. L'article 4 de cette directive demande aux Etats membres d'établir une stratégie à long terme pour mobiliser les investissements dans la rénovation du parc de bâtiments à usage résidentiel et commercial, tant public que privé. Il doit être fait état de cette stratégie dans les plans nationaux d'action d'efficacité énergétique, conformément à la partie 2 de l'annexe XIV de la Directive 2012/27/EU intitulée 'Cadre général des plans nationaux d'action en matière d'efficacité énergétique'.

La présente étude vise à compléter et à consolider le choix des bâtiments de référence de l'étude COZEB [14]. Ceci afin d'orienter la stratégie à long terme de mobilisation des investissements dans la rénovation du parc de bâtiments suivant les recommandations reprises dans le document de Guidance pour le Plan d'action national d'efficacité énergétique établi par la Commission européenne.

Pour les besoins de l'analyse, chaque bâtiment de référence doit être défini en termes de :

- zones dans lesquelles les activités standardisées prennent place (Conditions internes)
- zone climatique (conditions externes)
- géométrie de chaque zone (surface, volume)
- caractéristiques thermiques de chacun des éléments.
- caractéristiques de chaque système

L'objectif de la tâche est d'affiner et d'étayer les typologies utilisées (résidentiel, bureaux, écoles) pour le calcul du coût optimum dans l'étude principale COZEB et d'y ajouter des bâtiments hôteliers, sportifs et hospitaliers de référence, représentatifs des bâtiments rencontrés en Wallonie.

Cette première partie de rapport concerne les bâtiments résidentiels existants (maisons unifamiliales et immeubles d'appartements) et comprend :

- L'analyse bibliographique qui a été réalisée afin déterminer les bâtiments de référence ;
- La description des bâtiments de référence ;
- Les mesures/groupes/variantes à étudier.

## PARTIE 2 : ANALYSE DU PARC RÉSIDENTIEL EXISTANT

---

### 1. Analyse bibliographique

Afin de déterminer les typologies d'habitations qui sont représentatives du parc de bâtiments résidentiels existants en Wallonie, nous avons réalisé une analyse bibliographique de plusieurs documents/études qui portent sur les caractéristiques du bâti en Belgique et en Wallonie. La liste des études prises en compte est détaillée ci-dessous. Elle comprend des documents déjà utilisés pour le projet COZEB mais également des documents complémentaires notamment tirés des « *case studies relatifs à la segmentation, la proportion et au potentiel d'amélioration de la performance énergétique des bâtiments analysés (Towards assisting EU MS on developing long term strategies for mobilising investment in building energy renovation (per EED Article 4 - MAIN DOCUMENT) section 3.3* ».

1. « *La rénovation énergétique et durable des logements wallons - Analyse du bâti existant et mise en évidence de typologies de logements prioritaires* », cette étude est spécifique à la Région Wallonne ;
2. TABULA : « *Typology Approach for Building Stock Energy Assessment* ». Cette étude est spécifique à la Belgique ; (case study 15)
3. « *Réno 2020 – Etude énergétique et typologie du parc résidentiel wallon en vue d'en dégager des pistes de rénovation prioritaires* », cette étude est spécifique à la Région Wallonne ;
4. « *Energy Consumption Survey for Belgian Households* ». Cette étude est spécifique à la Belgique et donne des résultats détaillés pour chaque région ;
5. « *Plan pluriannuel de la Première Alliance Emploi-Environnement* », étude spécifique à la Région Wallonne; (case study 28) ;
6. « *Etude sur la réduction des émissions de CO2 dans le parc immobilier futur* », étude spécifique à la Belgique.
7. « *Enquête sur la qualité de l'habitat en Wallonie – résultats clés* » réalisée par le CEHD, janvier 2014, étude spécifique à la Wallonie.

Nous avons croisé les résultats de ces différentes études afin de déterminer les typologies de bâtiments résidentiels les plus représentatifs du parc existant.

#### 1.1. La rénovation énergétique et durable des logements (étude réalisée par l'UCL) [1]

L'avantage principal de cette étude est qu'elle est propre à la Wallonie. D'une part, elle a permis de déterminer les typologies prioritaires dans le cadre de la rénovation énergétique. D'autre part, l'étude a permis de montrer la faible qualité énergétique des logements wallons existants.

En plus de la qualité énergétique d'un bâtiment, l'âge, la taille, la configuration, la localisation... du bâtiment ont été analysés. Toutes ces caractéristiques sont liées entre elles et interdépendantes. L'étude a mis en évidence huit typologies prioritaires (Figure 1), ces catégories représentent environ 76% des logements construits avant 1991.

Le tableau de l'Annexe1, repris de cette étude UCL, donne les caractéristiques thermiques des parois les plus fréquemment rencontrées, les isolants les plus utilisés ainsi que leur épaisseur.

1

**Maison de type vernaculaire**

Le plus souvent rurale et «4 façades», ancienne (18<sup>e</sup>, 19<sup>e</sup> et début 20<sup>e</sup>), volumétries diverses, grand volume habitable - Matériaux et techniques constructives traditionnels : murs pleins, pouvant être très épais, en pierre ou briques, charpentes en bois, argile, chaux... (ressources locales) → valeur patrimoniale, héritage culturel à préserver - Gaz naturel généralement non disponible  
± 6% des logements construits avant 1991

2

**Maison urbaine moyenne, début 20<sup>e</sup> siècle**

Maison mitoyenne ou semi-mitoyenne, 5 à 6 m de façade, taille moyenne à grande : plafonds hauts, rez + premier + combles, caves (voussettes) - Façades avant : détails, ornements (balcons, pierre...) - Souvent manque de lumière naturelle au rez - A l'arrière : annexes (+ récentes, qualité ↘) - Matériaux «traditionnels» + industriels - Gaz naturel généralement disponible  
± 16% des logements construits avant 1991

3

**Maison villageoise, entre-deux guerres**

Maison moyenne à grande, rez sur cave (partielle) + un étage + combles, volumétrie simple, allongée, souvent volumes annexe en appentis - Simplicité constructive et matériaux industriels : béton, briques (murs pleins d'un brique 1/2), acier ou bois ... avec peu d'ornementations - Gaz naturel partiellement disponible  
± 5% des logements construits avant 1991

4

**Maison ouvrière, «modeste»**

Maison mitoyenne, datant d'avant 1945, très petits volumes, plafonds assez bas, hall d'entrée souvent absent, 2 pièces au rez, 2 pièces au premier étage, petite cave - Simplicité constructive - Souvent en mauvais état, problèmes d'insalubrité fréquents - Gaz naturel généralement disponible (mais chauffage au charbon encore fréquent)  
± 18% des logements construits avant 1991

5

**«Villa» des premières extensions urbaines**

Années 30 et surtout 50-60 - Maisons moyennes à grandes, isolées ou jumelées - Murs creux «1<sup>re</sup> génération» (ponts thermiques fréquents) - Souvent assez complexes : diversité de volumétries, jeux de matériaux ... - Chauffage central au mazout fréquent  
± 6% des logements construits avant 1991

6

**Appartement dans un immeuble type «Etrimmo»**

Années 60 et 70 - Bâtiment avec balcons, ascenseur, toit souvent plat, plusieurs niveaux - Ossature béton, acier, glasil, simple vitrages... - Souvent catastrophiques au niveau de la qualité thermique - Chauffage électrique fréquent - Copropriété  
± 6% des logements construits avant 1991

7

**Maison 4 façades type «lotissement»**

Années 70 et 80, d'abord en banlieue, puis sur l'ensemble du territoire (urbanisation diffuse) - Rez-de-chaussée + 1<sup>er</sup> étage (souvent partiellement dans la toiture), avec ou sans cave - Matériaux de construction et mise en oeuvre «conventionnels» : briques, béton, murs creux ... - Gaz naturel souvent absent - Peu de problèmes de salubrité  
± 13% des logements construits avant 1991

8

**Appartement dans un «bâtiment divisé en plusieurs unités de logement»**

Différentes configurations et âges de bâtiments - Cette catégorie est importante car ces logements sont le plus souvent loués (parc locatif privé, comblant le déficit en logements sociaux) et concentrent les problèmes de salubrité et de qualité  
± 6% des logements construits avant 1991

Figure 1 : Typologies prioritaires déterminées par l'UCL pour la rénovation énergétique [Logements Wallons, UCL]

### 1.2. L'étude « TABULA » [2]

TABULA vise à créer une structure harmonisée Européenne de typologies de bâtiments. Ce projet se focalise sur les bâtiments résidentiels. Treize pays Européens participent à cette initiative en vue de développer des typologies nationales basées sur une approche commune.

Cette étude a été réalisée pour la Belgique, elle est très complète et précise en termes d'enveloppe (composition de paroi, étanchéité à l'air...). Dans le projet TABULA, la classification des bâtiments se fait sur base des caractéristiques qui ont un impact sur la consommation énergétique.

Les tableaux de l'Annexe 2 et de l'Annexe 3, repris de cette étude TABULA, donnent respectivement les caractéristiques thermiques des parois et les caractéristiques des systèmes selon la date de construction du logement.






























Main matrix of the Belgian housing typology								
	Region	Construction Year Class	Single Family House - Detached	Single Family House - Semi detached	Single Family House - Terraced	Multi-Family House - Small	Multi-Family House - Medium	Multi-Family House - Large
1	national (Belgium)	... 1945	 BE.N.SFH.01.deta	 BE.N.TH.01.semi	 BE.N.TH.01.terr	 BE.N.MFH.01.small	 BE.N.MFH.01.medium	
6	national (Belgium)	1946 - 1970	 BE.N.SFH.02.deta	 BE.N.TH.02.semi	 BE.N.TH.02.terr	 BE.N.MFH.02.small	 BE.N.MFH.02.medium	 BE.N.MFH.02.large
12	national (Belgium)	1971 - 1990	 BE.N.SFH.03.deta	 BE.N.TH.03.semi	 BE.N.TH.03.terr	 BE.N.MFH.03.small	 BE.N.MFH.03.medium	 BE.N.MFH.03.large
18	national (Belgium)	1991 - 2005	 BE.N.SFH.04.deta	 BE.N.TH.04.semi	 BE.N.TH.04.terr	 BE.N.MFH.04.small	 BE.N.MFH.04.medium	 BE.N.MFH.04.large
24	national (Belgium)	2006 ...	 BE.N.SFH.05.deta	 BE.N.TH.05.semi	 BE.N.TH.05.terr	 BE.N.MFH.05.small	 BE.N.MFH.05.medium	 BE.N.MFH.05.large

Figure 2 : Tableau reprenant les 29 bâtiments résidentiels caractérisant le parc existant belge [Etude TABULA]

### 1.3. Réno 2020 – Etude énergétique et typologie du parc résidentiel wallon en vue d'en dégager des pistes de rénovation prioritaires [3]

Cette étude est complémentaire à l'étude de l'UCL sur la rénovation énergétique et durable des logements. Elle donne de nombreuses informations sur les époques de construction des logements wallons et indique de nombreuses relations entre l'âge du bâtiment et les caractéristiques des parois de déperdition.

### 1.4. Energy Consumption Survey for Belgian Households [4]

Ce sondage sur la consommation énergétique des ménages a été réalisé en 2012, dans chaque région de la Belgique. L'analyse des résultats reprend les caractéristiques générales des habitations (type, propriété, âge, surface) mais également de nombreuses informations sur les caractéristiques thermiques des parois (isolation du toit, des murs, du sol et présence de double vitrage). De plus, l'étude précise les systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire qui sont utilisés dans les logements.

### 1.5. Plan pluriannuel de la Première Alliance Emploi-Environnement [5]

Cette étude est complémentaire à l'étude de l'UCL sur la rénovation énergétique et durable des logements et à l'étude de l'ULG « réno 2020 ».

### 1.6. Etude sur la réduction des émissions de CO2 dans le parc immobilier futur [6]

Cette étude, réalisée pour ISOTERRA, dresse un bilan CO2 du secteur résidentiel belge. Ce bilan global CO2 a été déterminé sur base de l'analyse de bâtiments de référence du parc résidentiel existant en Belgique. Il est fait une distinction en fonction du type, de la grandeur et de l'âge. Chaque bâtiment de référence y est suffisamment caractérisé afin d'évaluer de façon correcte sa consommation d'énergie et ses émissions de CO2.

Des mesures de réduction des émissions de CO2 ont été développées et offrent une idée concrète de l'impact de ces dites mesures sur le bilan CO2 global.

### 1.7. Enquête sur la qualité de l'habitat en Wallonie – résultats clés



Cette enquête, s'inscrit dans le prolongement des enquêtes du même genre réalisées en Wallonie tous les 10 ans, et permet de suivre l'état qualitatif du logement. La seconde partie du rapport de l'enquête envisage le logement dans ses aspects les plus physiques : caractéristiques générales, superficie, caractéristiques énergétiques, état du bâti et des équipements ...

Cette étude est la plus récente et corrobore les chiffres et résultats présentés dans les autres études.

## 2. Les caractéristiques de l'habitation influençant la qualité thermiques des parois

Notre étude, comme l'étude TABULA, va classer les bâtiments sur base des caractéristiques qui ont un impact sur leur consommation énergétique. Nous savons déjà que la date de construction est une donnée importante ainsi que le type d'habitation. Nous allons également analyser si d'autres paramètres, indépendants les uns des autres, ont un impact sur la consommation énergétique du logement. Certaines informations concernant la taille, la propriété, la localisation, le vecteur énergétique utilisé pour chauffer l'habitation ont pu être extraites des documents de l'analyse bibliographique.

### 2.1. La date de construction

La Wallonie, contrairement à la Flandre ou à Bruxelles, possède beaucoup d'anciennes habitations. Selon [4] (Figure 3) près de 25% des habitations ont été construites avant 1921 et environ 80% datent d'avant 1991.

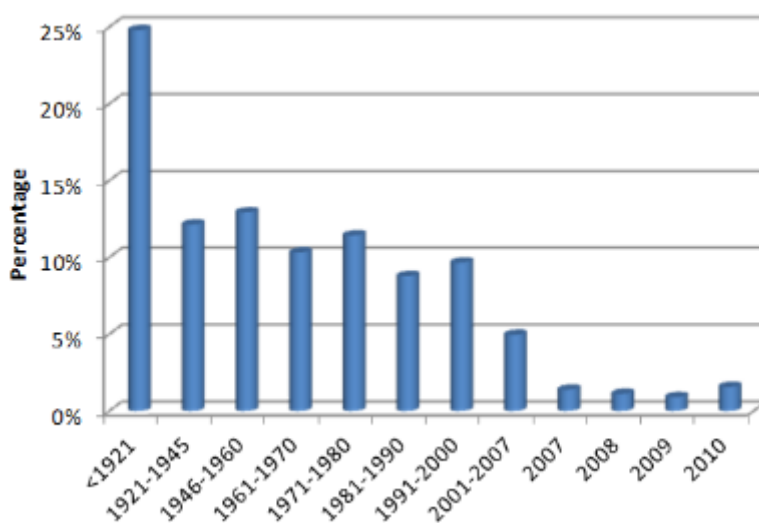


Figure 3 : Année de construction des habitations en Wallonie [Energy Consumption Survey 2012]

Avant 1921, l'urbanisme est surtout lié à l'exploitation minière et à l'évolution industrielle (métallurgie, verrerie...). Les logements se multiplient à proximité des entreprises le long du sillon Sambre-et-Meuse. A cette époque ce sont principalement des maisons ouvrières qui se construisent dans ou à proximité des villes. Tandis que dans les zones rurales c'est l'architecture vernaculaire qui domine, on construit avec ce que l'on trouve sur place : pierres, terre...

De 1922 à 1945 (l'entre deux-guerres), on voit apparaître des maisons villageoises. De volumétrie assez simple et grande, elles sont construites avec des matériaux industriels (béton, briques). Dans les villes sont apparues les maisons dites « de maître ». C'est aussi à cette époque, que le modèle de la cité-jardin conçu en Angleterre est importé en Belgique. Ce modèle donnera naissance au lotissement tel qu'on le connaît aujourd'hui.

De 1946 à 1970, les villes s'élargissent et les logements commencent également à se développer à la périphérie, c'est la première vague de « suburbanisation » liée à la mobilité privée (première couronne au sein des agglomérations). C'est une époque d'activité immobilière intense grâce à l'apparition de nouveaux systèmes de financement, de nouvelles techniques de construction et au développement de l'automobile. Les villas des premières extensions urbaines se construisent.

De 1971 à 1984, les wallons se dirigent de plus en plus à l'extérieur des villes et recherchent le calme et la campagne. Suite à cette volonté de vivre « dans des conditions meilleures par rapport aux villes », le développement s'observe surtout en Campine, en Brabant wallon et plus généralement dans les banlieues. On voit alors apparaître les villas 4 façades.

En 1985, apparaît la première réglementation thermique en Wallonie, qui impose un K 70 (ou Be <500). A partir de cette date, tous les logements construits devront respecter cette exigence, ce qui impose de placer quelques centimètres d'isolation dans la toiture mais également dans les murs et le sol et de placer du double vitrage. En banlieue, les lotissements avec maisons 4 façades dominent.

En 1996, la seconde réglementation thermique apparaît en Wallonie. Elle renforce la première réglementation et impose un K55. Il faut donc placer encore plus d'isolation dans toutes les parois de déperdition du logement.

En 1996 apparaît également la réglementation sur la ventilation (norme NBN D50-001). Cette norme stipule que les bâtiments destinés à l'habitation doivent être équipés de tous les dispositifs nécessaires à une ventilation efficace de l'immeuble.

De 2004 à 2011, l'action « Construire Avec L'Energie » (ou CALE) pousse à construire encore plus performant que la norme en vigueur. CALE motive et récompense les efforts réalisés lors de la construction par l'octroi de primes. Les maisons CALE les plus performantes respectent un K35, un Ew70 et une consommation spécifique en énergie primaire limitée à 120kWh/m<sup>2</sup>.an. C'est ainsi que l'on a vu apparaître dans le paysage wallon des habitations très performantes (voire même passives) avant que la réglementation PEB ne soit imposée en 2008.

A partir de 2008, la directive européenne sur la Performance Energétique des Bâtiments est appliquée en Wallonie. Elle impose un niveau K45, ainsi qu'un niveau Ew (<100) et une consommation spécifique en énergie primaire maximale de 170 kWh/m<sup>2</sup>.an. Dans notre étude, nous ne considérerons pas ces bâtiments construits après 2008.

Globalement le parc immobilier wallon est assez vieux et présente majoritairement de mauvaises performances énergétiques.

## 2.2. Le type d'habitation

Le nombre de logements en Wallonie est d'environ 1.500.000, parmi lesquels on compte 17% d'appartements et 83% de maisons unifamiliales.

Selon [1], il existe 4 configurations principales pour les logements :

- Maison unifamiliale séparée (4 façades) qui représente environ 35% des logements,
- Maison unifamiliale jumelée (3 façades) qui représente environ 18% des logements,
- Maison unifamiliale mitoyenne (2 façades) qui représente environ 29% des logements,
- Appartement qui représente environ 17% des logements.

Les maisons mitoyennes sont prépondérantes jusqu'à la deuxième guerre mondiale, ensuite leur part

devient de plus en plus faible. Les maisons séparées, 4 façades, deviennent majoritaires à partir des années 60.

De manière générale, les maisons 4 façades présentent moins de défaut que les maisons mitoyennes qui laissent apparaître des manquements importants notamment en ce qui concerne l'isolation. En effet, les plus petits logements sont plus souvent de qualité insuffisante et se concentrent surtout au sein des agglomérations tandis que les banlieues enregistrent des maisons plus grandes et de meilleure qualité.

### 2.3. La taille

La superficie habitable moyenne par logement est de 81,4m<sup>2</sup>, selon [1]. La superficie habitable d'un logement est la superficie des pièces d'habitation : cuisine, séjour, salle à manger, bureau, salle de jeux, chambres à coucher ; **hors** salle de bains, buanderie, grenier, cave, halls, garage, wc. On peut donc considérer que la surface chauffée du logement (Ach) est égale à 1,5 fois la superficie habitable (en comptabilisant alors l'épaisseur des murs extérieurs, les halls et dégagements, salles de bains, wc). La superficie habitable du logement varie entre 30m<sup>2</sup> et plus de 125m<sup>2</sup> et est répartie comme suit :

- < 35m<sup>2</sup> (Ach < 52,5m<sup>2</sup>) : 8% des logements ;
- Entre 35 et 54m<sup>2</sup> (52,5m<sup>2</sup> < Ach < 81m<sup>2</sup>) : 27% des logements ;
- De 55 à 104m<sup>2</sup> (82,5 m<sup>2</sup> < Ach < 156m<sup>2</sup>) : 51% des logements, la majorité de logements « moyens » ;
- De 105 à 124m<sup>2</sup> (157,5 m<sup>2</sup> < Ach < 186m<sup>2</sup>) : 13% des logements ;
- > 125m<sup>2</sup> (Ach > 187,5m<sup>2</sup>) : 9% des logements, peu de « très grands » logements.

On peut noter une corrélation entre le type des logements et leur taille (Figure 4). En effet, une maison 4 façades est souvent plus grande qu'une maison 3 façades, elle-même plus grande qu'une maison mitoyenne et un appartement (voire un studio) est lui encore bien plus petit qu'une maison.

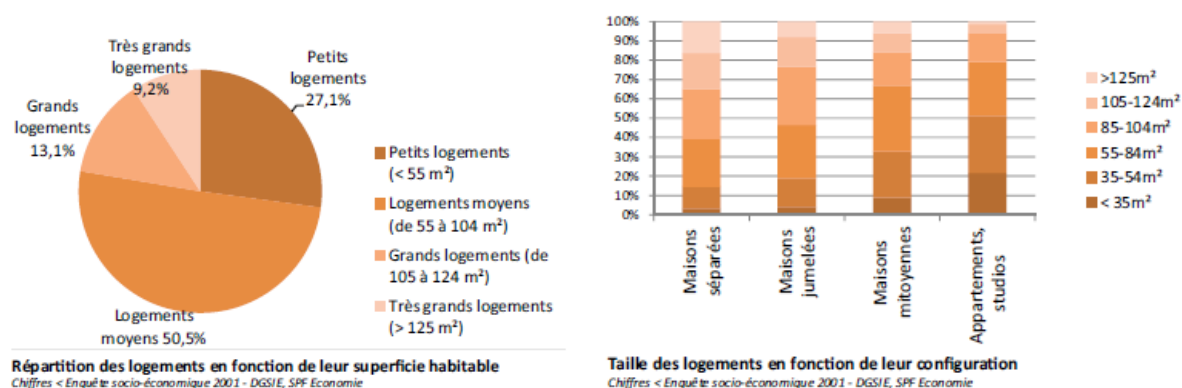


Figure 4: répartition des logements en fonction de leur surface habitable ET taille des logements en fonction du type d'habitation [Logements Wallons, UCL]

Il existe de plus un lien entre la taille du logement et sa localisation sur le territoire wallon, ce lien est toutefois moins marqué que le lien taille-type.

Les petits logements, tels que les maisons ouvrières, se rencontrent principalement dans les anciens bassins industriels (Liège, Hainaut), et les appartements ou maisons mitoyennes se retrouvent plus souvent dans les villes ou leur périphérie proche. Les zones comme l'axe Bruxelles-Namur-Luxembourg, le Brabant Wallon ou les banlieues se caractérisent par de plus grands logements que la moyenne du pays.



## 2.4. La localisation

Il y a une forte concentration de l'urbanisation et des logements le long du sillon Sambre-et-Meuse et au nord de la Région. Le Sud de la Wallonie (province du Luxembourg et le sud de la province de Namur) possède une grande majorité de communes rurales, regroupant donc peu de logements (Figure 5).

La répartition spatiale des logements sur le territoire wallon est liée à l'histoire de l'urbanisation du pays et aux vagues successives de construction : extension des villes, développement concentrique de villes en régions urbaines, urbanisation diffuse (vers la campagne).

En Wallonie, il existe donc également un lien entre la localisation des logements et leur âge. En effet, la situation du logement sur le territoire dépendra de la date de sa construction (et inversement). Par exemple, une maison de campagne dans le Sud de la Région datera du 18<sup>ème</sup> ou du 19<sup>ème</sup> siècle et aura sans doute été construite avec des matériaux traditionnels. Tandis qu'une maison ouvrière mitoyenne aura été construite au début du 20<sup>ème</sup> siècle à proximité d'un charbonnage. Ou encore, une villa 4 façades située dans le Brabant Wallon (proche de Bruxelles mais à la campagne) aura été construite vers 1990 et aura été soumise à la première réglementation thermique.

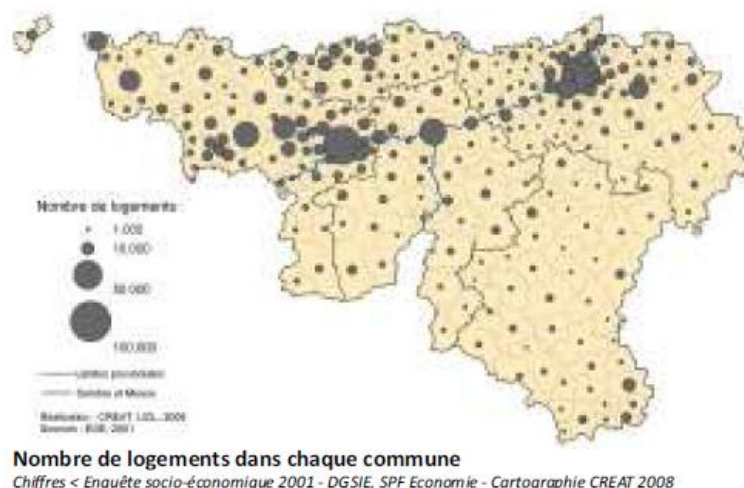


Figure 5 : Nombres de logements dans chaque commune [Logements Wallons, UCL]

Néanmoins la localisation peut jouer un rôle important dans le choix des systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire installés dans l'habitation. Une habitation qui se situe en ville (ou à proximité) aura plus facilement accès au gaz de ville contrairement à une habitation en pleine campagne qui privilégiera un chauffage au mazout ou encore au bois.

## 2.5. Le vecteur énergétique

Dans les logements wallons, plus de 70% des consommations d'énergie concernent le chauffage, cette part tend à diminuer avec l'augmentation des appareils électriques.

Sur la Figure 6 on observe que le vecteur énergétique le plus utilisé en Wallonie est le mazout à 47%, suivi par le gaz naturel (avec 39%). Le réseau de gaz naturel n'est pas aussi étendu en Wallonie qu'en Flandre, notamment à cause de la plus faible densité de population (surtout dans le sud de la Région). La 3<sup>ème</sup> source d'énergie utilisée pour se chauffer est l'électricité (8%), puis le charbon (3%) et le bois (2%). L'utilisation des sources d'énergie renouvelable comme le solaire ou la pompe à

chaleur est négligeable.

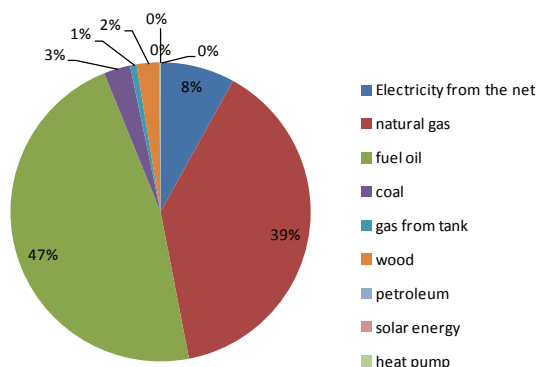


Figure 6 : Principales sources d'énergie utilisées pour le chauffage en Wallonie [Energy Consumption Survey 2012]

La Figure 7 nous indique que 70% des logements sont équipés de chauffage central, 20% de chauffage local et 10% sont chauffés par une installation commune (par exemple, dans les immeubles d'appartements ou les quartiers groupés).

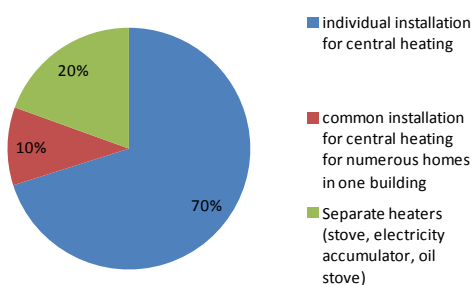


Figure 7 : Système de chauffage en Wallonie [Energy Consumption Survey 2012]

Selon [1], il existe un lien entre le choix du combustible et certaines caractéristiques des logements. Le combustible peut dépendre de l'époque de construction du logement :

- le bois et le charbon sont associés aux maisons très anciennes,
- le gaz naturel caractérise les maisons construites entre 1920 et 1945 et les maisons récentes (extension du réseau, primes),
- le mazout est le combustible des maisons d'après la seconde guerre,
- l'électricité est présente dans les maisons des années 80 (après le choc pétrolier).
- Le vecteur énergétique est aussi fonction de la localisation :
- le bois et le mazout sont majoritaires dans les communes les plus rurales,
- le gaz naturel dessert les zones les plus peuplées (centre-ville),
- l'électricité est assez courante dans les communes périurbaines,
- le charbon caractérise les zones les plus défavorisées (sillon Sambre et Meuse, Charleroi, Liège).

On observe également que le combustible et le système de chauffage dépendent du type d'habitation et de la situation socio-économique du ménage.

## 2.6. La propriété

La propriété est relative au fait que l'habitant est soit propriétaire, soit locataire « privé », soit

locataire « social » du logement.

Selon [1] (Figure 8), 68% des chefs de ménages wallons sont propriétaires de leur logement, 24% occupent des logements du parc locatif privé et 8% habitent des logements du parc locatif public.

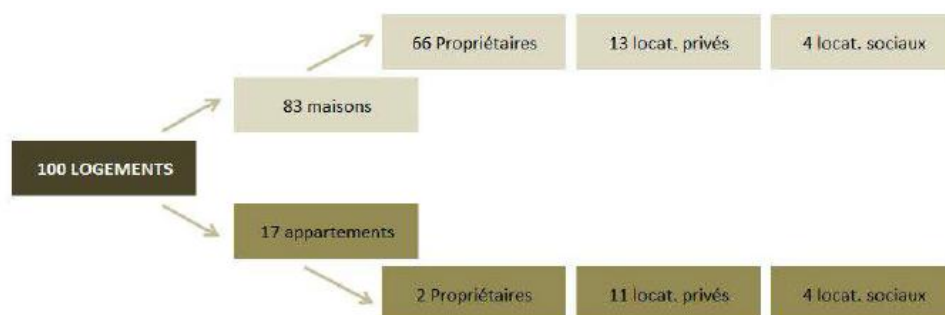


Figure 8 : type d'occupation des logements [Logements Wallons, UCL]

Il existe une nette différence entre l'état des logements en propriété ou en location. Environ 70% des propriétaires occupent un logement qualifié de bon ou de très bon sur l'échelle de la salubrité contre seulement 45% des locataires. Les principaux problèmes se rapportent à des problèmes d'humidité ou à l'état des menuiseries extérieures.

On peut noter que la plupart des logements qui sont loués se situent en ville ou en périphérie proche (par exemple, les barres de logements sociaux) et moins souvent dans les lotissements.

## 2.7. La rénovation des logements existants

Vu l'âge des logements en Wallonie, la tendance actuelle est à l'achat d'une maison ancienne et à l'adaptation de ce logement au cours du temps (pour correspondre à un meilleur état de salubrité, à la taille de la famille ou aux goûts personnels). Chaque année, environ 1% des logements fait l'objet d'une transformation (soit à titre privé, soit en vue d'une disponibilité sur le marché locatif).

Environ 20% des logements construits avant 1921 ont été transformés au cours des 15 dernières années. Les communes dans lesquelles les logements ont subi le plus de transformations se localisent surtout au sud de l'axe Sambre et Meuse et le long de l'axe Bruxelles-Luxembourg.

L'Energy Consumption Survey (sondage basé sur des données relevées en 2010 auprès des habitants belges) nous donne de nombreuses informations sur la proportion des logements qui possèdent une isolation.

Selon [4] (Figure 9), 59% des logements wallons possèdent une isolation complète de leur toiture et 33% des logements ne possèdent pas du tout d'isolant en toiture. Il faut noter que la proportion de toiture isolée a augmenté d'environ 15% depuis 2001 (comparaison réalisée avec les chiffres publiés en 2001 par le sondage SES 2001).

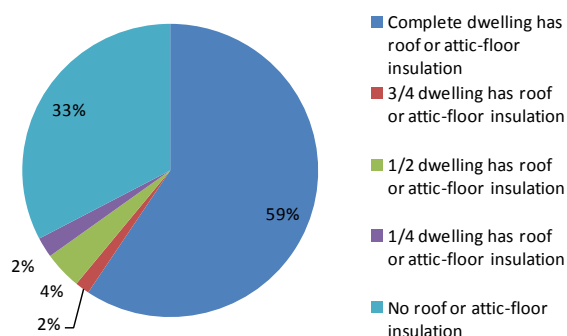


Figure 9 : présence d'isolation dans le toit des logements wallons [Energy Consumption Survey 2012]

La Figure 10 montre que le sol reste toujours très peu isolé dans les logements wallons. En effet, seuls 18% des habitations possèdent une isolation dans la dalle de sol contre 77% sans isolation. Le sol est la paroi de déperdition qui fait figure de « mauvais élève » et qui ne subit que très rarement des travaux d'isolation (notamment à cause de la difficulté de mise en œuvre et du coût des travaux).

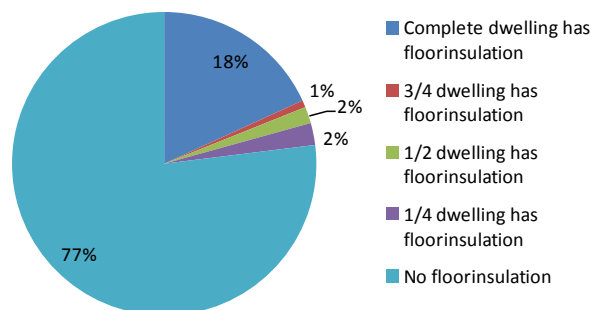


Figure 10 : présence d'isolation dans le sol des logements wallons [Energy Consumption Survey 2012]

La Figure 11 présente les résultats de la présence d'isolation dans les murs pour l'ensemble du parc immobilier wallon. 27% des logements possèdent une isolation des murs (soit par l'intérieur, soit par la coulisse, soit par l'extérieur) contre 63% dont les murs ne sont pas isolés du tout. Depuis 2001, il y a une augmentation d'environ 4% de logements avec murs isolés.

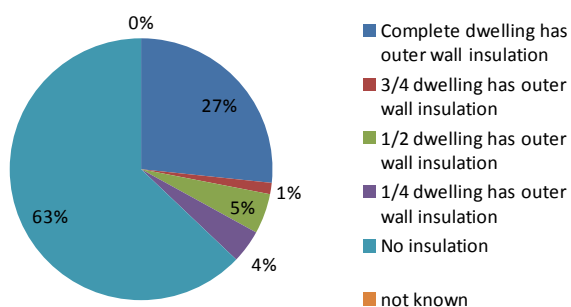


Figure 11: présence d'isolation dans les murs des logements wallons [Energy Consumption Survey 2012]

Sur la Figure 12 on observe que 83% des maisons possèdent du double vitrage (dont 69% avec double vitrage performant). Les fenêtres sont donc les premiers éléments qui font l'objet de travaux de rénovation énergétique dans l'habitation. Plus de 12% supplémentaires des logements se sont équipés de double vitrage entre 2001 et 2010.

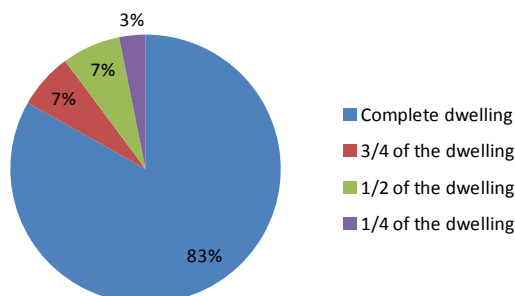


Figure 12: présence de double vitrage dans les logements wallons [Energy Consumption Survey 2012]

On observe donc globalement que depuis 2001 (SES 2001), de nombreux efforts ont été réalisés en matière de performance énergétique dans les habitations. Le parc immobilier « s'améliore » donc

d'année en année suite à une conscientisation du grand public, à l'augmentation du prix des énergies et grâce aux primes et subventions.

## 2.8. Choix des paramètres






Les 7 facteurs précités dans ce chapitre sont tous liés entre eux et interdépendants.

Les deux critères selon lesquels nous avons décidé de classer les maisons sont : le type d'habitation et la date de construction du logement, similairement à l'étude TABULA, car les autres paramètres varient en fonction de ces deux premiers. Par exemple la taille est fonction du type, le vecteur énergétique est fonction de la date de construction. Un autre paramètre important, qui influence également la taille ou le vecteur énergétique, est la localisation. Néanmoins, nous ne distinguerons pas de classe spécifique selon la localisation sur le territoire wallon car celle-ci est elle-même fonction de la date de construction (voir point 3.4).

De plus, afin de pouvoir prendre en compte le fait que certaines habitations existantes ont déjà subi de petits ou grands travaux de rénovation énergétique (voir point 3.7), certaines typologies seront déboublées en faisant varier les caractéristiques thermiques des parois considérées dans le cas de « base » mais sans toucher à la géométrie.

## 3. Les maisons étudiées

*Nous avons donc choisi une classification basée sur la date de construction et le type d'habitation (*

	Maison 4 façades	Maison 3 façades	Maison mitoyenne
< 1945	Maison de type vernaculaire (1) 	Maison de type ouvrière, avec passage latéral (2) 	Maison de type ouvrière (3) 
	6%	4%	15%
45%	Maison villageoise, entre deux guerres (4) 		Maison urbaine moyenne (5) 
	4%		16%




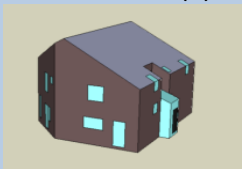





De 1946 à 1970	Villa des premières extensions urbaines (6) 		Maison de type bel-étage  (8)
	10%		4%
20%	Villa de plain-pied, en périphérie de la ville (7) 		
	6%		
De 1971 à 1984	Villa 4 façades, de type lotissement (9) 		Maison «sociale», barre de logements (10) 
	15%	12%	3%
De 1985 à 1995	Villa 4 façades, de type lotissement, K70 (11) 	Maison 3 façades avec garage latéral, K70 (12) 	Maison type bel-étage, K70  (13)
	10%	6%	2%
De 1996 à 2008	Villa 4 façades, de type lotissement, K55 (14) 		Maison ossature bois, type éco-quartier, K55 (15) 
	10%	7%	3%

Figure 13). Pour déterminer le pourcentage que représente chaque typologie, nous avons « combiné » les résultats de :

- l'étude UCL qui donne pour les 8 typologies choisies, leur proportion par rapport au total des logements construits avant 1991 ;
- l'Energy Consumption Survey qui détaille, dans l'analyse des résultats du sondage, la proportion de logements construits par période (d'1an, de 10 ans ou plus) jusqu'en 2010.



	Maison 4 façades	Maison 3 façades	Maison mitoyenne
< 1945	<p>Maison de type vernaculaire (1)</p> 	<p>Maison de type ouvrière, avec passage latéral (2)</p> 	<p>Maison de type ouvrière (3)</p> 
	6%	4%	15%
45%	<p>Maison villageoise, entre deux guerres (4)</p> 		<p>Maison urbaine moyenne (5)</p> 
	4%		16%
De 1946 à 1970	<p>Villa des premières extensions urbaines (6)</p> 		<p>Maison de type bel-étage</p> 
	10%		4%
20%	<p>Villa de plain-pied, en périphérie de la ville (7)</p> 		
	6%		
De 1971 à 1984	<p>Villa 4 façades, de type lotissement (9)</p>		<p>Maison «sociale», barre de logements (10)</p>

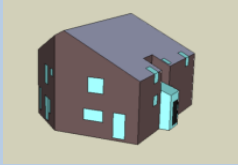


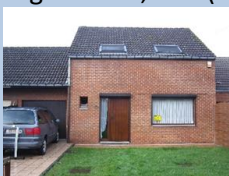



			
15%	12%		3%
De 1985 à 1995	Villa 4 façades, de type lotissement, K70 (11) 	Maison 3 façades avec garage latéral, K70 (12) 	Maison type bel-étage, K70 (13) 
10%	6%	2%	2%
De 1996 à 2008	Villa 4 façades, de type lotissement, K55 (14) 		Maison ossature bois, type éco-quartier, K55 (15) 
10%	7%		3%

Figure 13: Tableau des typologies considérées

### 3.1. Tableau des typologies dédoublées

Comme expliqué au point 2.8, en plus des habitations de « base », nous allons dédoubler certaines typologies afin de prendre en compte les rénovations énergétiques qui auraient déjà pu être réalisées selon les typologies. Nous considérons que seules les typologies d'avant 1985 (typologies 1 à 10) ont subi des rénovations importantes ou non car les maisons les plus récentes (à partir 1985) devaient déjà respecter une réglementation thermique.

L'Energy Consumption Survey nous donne des informations sur les proportions d'habitations qui possédaient une isolation en 2010, à savoir :

- 83% des logements ont du double vitrage,
- 59% ont une isolation en toiture,
- 27% possèdent une isolation dans les murs,
- 18% seulement ont une isolation dans le plancher.

Nous avons donc considéré, suite à ces données :

- qu'environ 8 maisons sur 10 qui ont subi des rénovations possèdent du double vitrage ;
- qu'environ 6 maisons sur 10 qui ont subi des rénovations possèdent une isolation de la toiture. Nous avons également considéré qu'une maison qui présente une isolation en toiture, a préalablement/simultanément subi une rénovation au niveau des fenêtres ;











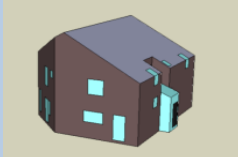




- qu'environ 3 maisons sur 10 ont subi une rénovation énergétique de leurs murs extérieurs (soit totalement par la coulisse d'un mur creux, soit partiellement et par l'extérieur pour une mitoyenne maison en mur plein) ;
- et que seulement 1 maison sur 10 a subi une rénovation complète de ces parois de déperditions, à savoir (dans un ordre logique de faisabilité) : les fenêtres, la toiture, les murs mais également le sol.

Néanmoins l'Energy Consumption Survey ne donne aucune information sur le type d'isolant, sur l'épaisseur d'isolant ou encore sur la mise en œuvre de l'isolant. Seule l'étude UCL sur les logements wallons fournit quelques informations à ce sujet. Le tableau à l'annexe 1, déjà utilisé pour COZEB1, précise quels sont les isolants les plus utilisés ainsi que leur épaisseur.

En réunissant et en croisant toutes ces informations nous avons déterminé les typologies à dédoubler et les types et épaisseurs d'isolant mis en œuvre lors des rénovations, (voir le tableau de la Figure 14).

Le but de ces variantes « bis » est d'identifier les rénovations énergétiques qui sont optimales économiquement même lorsque certains travaux ont déjà été réalisés pour améliorer la performance thermique du bâtiment. Est-il rentable de remplacer du double vitrage ancien par du double vitrage très performant ? Est-il rentable de placer une isolation complémentaire dans une toiture qui présente déjà 4, 6 ou 12cm de laine minérale ?

	Maison 4 façades		Maison 3 façades		Maison mitoyenne	
< 1945	Maison de type vernaculaire (1) 		Maison de type ouvrière, avec passage latéral (2) 		Maison de type ouvrière (3) 	
	Simple vitrage	Double vitrage	Simple vitrage	Toit : LM 4cm Double Vitrage	Simple vitrage	Toit : LM 4cm Double Vitrage
	6%		4%		15%	
45%	Maison villageoise, entre deux guerres (4) 				Maison urbaine moyenne (5) 	
	Simple vitrage	Double vitrage			Simple vitrage	Toit : LM 4cm Double Vitrage Mur (en partie arrière): LM

				3cm
	4%			16%
De 1946 à 1970	Villa des premières extensions urbaines (6) 			Maison de type bel-étage 
	Simple vitrage	Toit : LM 12cm Double Vitrage Mur : PUR 6cm Sol : EPS 4cm		(8) Simple vitrage
	10%			4%
20%	Villa de plain-pied, en périphérie de la ville (7) 			
	Simple vitrage	Toit : LM 6cm Double Vitrage Mur : EPS 5cm		
	6%			
De 1971 à 1984	Villa 4 façades, de type lotissement (9) 			Maison «sociale», barre de logements (10) 
	Toit : LM 4cm Simple vitrage Mur : LM 3cm	Toit : LM 12cm Double Vitrage Mur : LM 3cm		Toit : 4cm de verre cellulaire Double vitrage Mur : LM 2cm
	12%			3%
De 1985 à 1995	Villa 4 façades, de type lotissement, K70 (11) 		Maison 3 façades avec garage latéral, K70 (12) 	Maison type bel-étage, K70 
	Toit : 8cm de LM Double vitrage		Toit : 10cm de LM Double vitrage	(13) Toit : 15cm de LM Double vitrage
10%				



	Mur : 5cm de LM Sol : 2cm de PUR	Mur : 4cm de LM Sol : 3cm de PUR	Mur : 6cm de LM Sol : 4cm de PUR
	6%	2%	2%
<b>De 1996 à 2008</b>	Villa 4 façades, de type lotissement, K55 (14) 		Maison ossature bois, type éco-quartier, K55 (15) 
<b>10%</b>	Toit : 18cm de LM Double vitrage Mur : 6cm de LM Sol : 4cm de PUR		Toit : 10cm de LM Double vitrage Mur : 6cm de LM Sol : 2cm de PUR
	7%		3%

Figure 14 : Tableau des typologies dédoublées (avant 1985)

## 4. Description des maisons étudiées

### 4.1. La maison vernaculaire BASE

La première typologie (1) est une **maison rurale à l'architecture vernaculaire** construite, à l'époque, avec ce que l'on trouvait sur place : pierres, terre... Les volumétries sont diverses et assez grandes. Les murs sont pleins et souvent très épais.

La maison comporte 3 pièces au rez-de-chaussée : un séjour, une cuisine/salle à manger et un bureau ; à l'étage se trouve sur la moitié de la surface une chambre avec dressing et sur l'autre moitié, un grenier non aménagé qui est un espace adjacent non chauffé (hors du volume protégé). L'habitation ne possède pas de cave, le plancher est totalement sur sol. La maison est équipée d'un chauffage central au mazout et ne dispose d'aucun système de ventilation. La maison comporte 4 façades libres, la façade principale à rue est orientée Sud-Est. La description des parois et des systèmes sont décrits à la Figure 15. Les résultats énergétiques de l'habitation telle qu'elle existe aujourd'hui sont repris à la Figure 16.



(1)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture en ossature bois (tuiles)	1,76	102,28
Mur	Murs pleins, massifs en pierre, épaisseur 50cm	2,2	126,81
Sol	Chape sur sol	0,79	78,49
Fenêtre	Simple vitrage, châssis bois - façade avant (SE) - façade latérale (NE) - façade arrière (NO)	Uw=4,47 Ug=5,00 g=0,85 Uf=2,36	5,75 1,48 1,18
Porte	Porte façade avant Porte façade arrière	4	2,12 1,7
Système de chauffage	Chauffage central au mazout, chaudière non à condensation, rendement = 70%		
Production d'ECS	Boiler électrique, avec stockage		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	18 m³/h.m²		

Figure 15 : Tableau descriptif de la maison vernaculaire BASE (1)

(1) Données / résultats	
Ach	156,9 m <sup>2</sup>
Volume	430 m <sup>3</sup>
Niveau K	161
Niveau Ew	339
Espec	615 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 16 : Tableau des résultats énergétiques de la maison vernaculaire BASE (1)

La Figure 17 reprend les variantes de rénovation énergétique qui vont être appliquées à la maison de BASE et pour lesquelles les résultats énergétiques seront étudiés en relation avec le coût de la rénovation réalisée. Selon les cas, l'étanchéité à l'air va varier ainsi que l'inertie (celle-ci peut être modifiée si on isole une paroi par l'intérieur).

La toiture est isolée par l'intérieur entre les chevrons. Actuellement les tuiles sont apparentes côté intérieur, lors de la rénovation il va donc falloir refaire toute la couverture afin de placer une sous-toiture qui protégera l'isolant ainsi qu'un pare-vapeur et une finition intérieurs. Les murs sont isolés par l'extérieur excepté la façade avant qui se doit de conserver son caractère « exceptionnel » et sera donc isolée par l'intérieur (surface de 26,3m<sup>2</sup>). La finition extérieure sera un crépi sur isolant (EPS) tandis qu'à l'intérieur sera mis en place une structure contre le mur existant avec remplissage d'isolant ainsi qu'un pare-vapeur et une plaque de plâtre pour la finition intérieure. La dalle de sol sera isolée par l'intérieur, sur la dalle car il n'y a pas de cave ou de vide ventilé. Pour cela, il faudra casser le carrelage existant et nettoyer le sol afin de projeter le nouvel isolant et couler la nouvelle chape. Le niveau du rez-de-chaussée sera donc remonté de quelques centimètres (selon épaisseur isolation).

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité [m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> ]	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	18	Mi-Lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	15	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	15	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	15	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	12	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	12	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	12	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	14	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	14	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	14	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	13	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	13	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	13	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	6	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	6	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	6	

<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	6	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 17 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison vernaculaire BASE (1)

#### 4.2. La maison vernaculaire BASE BIS

La maison vernaculaire rénoverée avec du double vitrage (assez ancien  $U_w=3,5\text{W/m}^2.\text{K}$ ) sera également étudiée. La géométrie ainsi que les systèmes installés dans l'habitation restent identiques à la maison de BASE.

Seuls les éléments en **gras** repris dans la Figure 18 sont modifiés suite à une rénovation énergétique. Et étant donné que les fenêtres en simple vitrage ont été remplacées, l'étanchéité à l'air de la maison a aussi été améliorée.

(1 BIS)	Description	U [W/m <sup>2</sup> .K]	Surface [m <sup>2</sup> ]
<b>Toit</b>	Toiture en ossature bois (tuiles)	1,76	102,28
<b>Mur</b>	Murs pleins, massifs en pierre, épaisseur 50cm	2,2	126,81
<b>Sol</b>	Chape sur sol	0,79	78,49
<b>Fenêtre</b>	<b>Double vitrage, châssis bois- façade avant (SE)</b>	<b><math>U_w=3,5</math></b>	5,75
	<b>- façade latérale (NE)</b>	<b><math>U_g=4,0</math></b>	1,48
	<b>- façade arrière (NO)</b>	<b><math>g=0,80</math></b>	1,18
		<b><math>U_f=2,30</math></b>	
<b>Porte</b>	<b>Porte façade avant</b>	<b>3,5</b>	2,12
	<b>Porte façade arrière</b>		1,7
<b>Système de chauffage</b>	Chauffage central au mazout, chaudière non à condensation, rendement = 70%		
<b>Production d'ECS</b>	Boiler électrique, avec stockage		
<b>Ventilation</b>	Pas de système de ventilation		
<b>Etanchéité</b>	<b>15 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup></b>		

Figure 18 : Tableau descriptif de la maison vernaculaire BASE BIS (1)

Les résultats énergétiques dans le Tableau 19 sont également quelque peu modifiés par rapport à la maison BASE sans rénovation.

(1 BIS) Données / résultats	
<b>Ach</b>	156.9 m <sup>2</sup>
<b>Volume</b>	430 m <sup>3</sup>
<b>Niveau K</b>	<b>158</b>
<b>Niveau Ew</b>	<b>328</b>
<b>Espec</b>	<b>596 kWh/m<sup>2</sup>.an</b>

Figure 19 : Tableau des résultats énergétiques de la maison vernaculaire BASE BIS (1)

La Figure 20 reprend les mesures/groupes/variantes de rénovation énergétique qui vont être étudiés.

Les rénovations appliquées à la maison BASE BIS sont identiques à celles de la maison BASE : isolation de la toiture entre les chevrons, 3 murs isolés par l'extérieur et 1 mur par l'intérieur, dalle de sol isolée par le haut. Les techniques mises en œuvre et les finitions sont identiques à la rénovation de la maison (1).

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	15	Mi-Lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	15	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	15	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	15	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	12	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	12	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	12	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	14	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	14	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	14	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	13	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	13	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	13	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	6	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	6	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	6	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	6	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 20 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison vernaculaire BASE BIS (1)



### 4.3. La maison type ouvrière 3 façades BASE

Les deuxième et troisième typologies (2) (3) sont des **maisons ouvrières** qui ont été construites dans ou à proximité des villes. Ces maisons sont caractérisées par leur petite taille, des très petits volumes, des plafonds bas, 2 pièces par niveau. La typologie (2) est distinguée par le fait qu'elle possède un passage latéral piéton et a donc 3 façades de déperdition.

Cette maison comprend deux pièces deux vies au rez-de-chaussée ainsi qu'une cuisine et une salle de bain dans une annexe à l'arrière. A l'étage, il y a 2 chambres (une en façade avant et une en façade arrière). Le grenier ne fait pas partie du volume protégé, c'est un espace adjacent non chauffée. La maison ne possède pas de cave, le plancher est sur sol. Cette deuxième typologie étudiée utilise encore des poêles au gaz pour le chauffage. Il n'y a pas de chauffage central. L'eau chaude sanitaire est produite par un chauffe-eau instantané qui se trouve dans la salle de bain. La description des parois et des systèmes sont décrits à la Figure 21.



(2)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture plate en ossature bois (annexe arrière)	1,37	20,96
	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP	1,77	41,65
Mur	Murs plein extérieur, massifs en briques, épaisseur 30cm – à rue	1,88	18,47
	Murs plein extérieur, massifs en briques, épaisseur 30cm – arrière et latéral		97,04
	Murs mitoyens pleins en briques, épaisseur 30cm	1,05	75,90
Sol	Pierres sur sol	0,83	62,61
Fenêtre	Simple vitrage, châssis bois – EST	Uw=4,47 Ug=5,00	6,36
	Simple vitrage, châssis bois - OUEST	g=0,85 Uf=2,36	5,72
Porte	Porte entrée	4,00	2,02
Système de chauffage	Chauffage local, poêle au gaz		
Production d'ECS	Chauffe-eau instantané au gaz		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	18 m³/h.m²		

Figure 21 : Tableau descriptif de la maison ouvrière 3 façades BASE (2)

Les résultats énergétiques de l'habitation telle qu'elle existe aujourd'hui sont repris à la Figure 22.

(2) Données / résultats	
Ach	104,26 m <sup>2</sup>
Volume	328,67 m <sup>3</sup>
Niveau K	155
Niveau Ew	281
Espec	543 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 22 : Tableau des résultats énergétiques de la maison ouvrière 3 façades BASE (2)

La Figure 23 reprend les variantes de rénovation énergétique qui vont être appliquées à la maison de BASE et pour lesquels les résultats énergétiques seront étudiés en relation avec le coût de la rénovation réalisée.

La façade avant sera isolée par l'intérieur étant donné que l'alignement à rue doit être conservé avec les habitations voisines. L'isolant sera placé entre les montants d'une structure fixés sur le mur existant. Un pare-vapeur et une plaque de plâtre seront placés côté intérieur. La façade arrière sera isolée par l'extérieur. La finition extérieure sera un crépi sur isolant (EPS). La dalle de sol sera isolée par l'intérieur, sur la dalle car il n'y a pas de cave ou de vide ventilé. Pour cela, il faudra casser le carrelage existant et nettoyer le sol afin de projeter le nouvel isolant et couler la nouvelle chape. Le niveau du rez-de-chaussée sera donc remonté de quelques centimètres (selon épaisseur isolation).

Le plancher du grenier (qui délimite le volume protégé) sera isolé en déposant simplement l'isolant sur le plancher, côté combles. Cette technique est très facile à réaliser et peu coûteuse mais si l'isolant placé n'est pas rigide le grenier ne sera plus exploitable.

Pour la toiture plate de l'annexe, l'isolation se fera entre les gitages bois. Pour cela, il faudra d'abord enlever la finition intérieure avant de placer l'isolant et ensuite refermer par un pare-vapeur et des plaques de plâtre.

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	18	Mi-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	15	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	15	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	15	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	12	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	12	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	12	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	14	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	14	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	14	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	13	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	13	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	13	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	Peu-lourd
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	6	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	Mi-lourd
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	

<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	6	Peu-lourd
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	6	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	Mi-lourd
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	6	Peu-lourd
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 23 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison ouvrière 3 façades BASE (2)

#### 4.4. La maison type ouvrière 3 façades BASE BIS

On étudiera également la maison ouvrière 3 façades (avec passage latéral piéton) rénoverée avec du double vitrage (assez ancien  $U_w=3,5\text{W/m}^2.\text{K}$ ) et une isolation de 4cm de laine minérale en toiture. La Figure 24 ci-dessous reprend les éléments rénovés en **gras**. Etant donné que les fenêtres et la toiture ont été rénovées, l'étanchéité à l'air de la maison a aussi été améliorée.

(2 BIS)	Description	U [W/m <sup>2</sup> .K]	Surface [m <sup>2</sup> ]
Toit	Toiture plate en ossature bois (annexe arrière)	1,37	20,96
	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP et <b>4cm de laine minérale (<math>\lambda=0,05\text{ W/mK}</math>) entre gitage (89% isolation et 11% bois)</b>	<b>0,84</b>	41,65
Mur	Murs plein extérieur, massifs en briques, épaisseur 30cm – à rue	1,88	18,47
	Murs plein extérieur, massifs en briques, épaisseur 30cm – arrière et latéral		97,04
	Murs mitoyens pleins en briques, épaisseur 30cm	1,05	75,90
Sol	Pierres sur sol	0,83	62,61
Fenêtre	<b>DOUBLE VITRAGE</b> , châssis bois – EST	<b><math>U_w=3,5</math> <math>U_g=4,0</math> <math>g=0,80</math></b>	6,36
	<b>DOUBLE VITRAGE</b> , châssis bois - OUEST		5,72
Porte	<b>Porte entrée</b>	<b>3,5</b>	2,02
Système de chauffage	Chauffage local, poêle au gaz		
Production d'ECS	Chauffe-eau instantané au gaz		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	<b>13 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup></b>		

Figure 24 : Tableau descriptif de la maison ouvrière 3 façades BASE BIS (2)

Les résultats énergétiques dans le Tableau 25 sont également quelque peu modifiés par rapport à la maison BASE sans rénovation.

(2 BIS) Données / résultats	
Ach	104,26 m <sup>2</sup>
Volume	328,67 m <sup>3</sup>
Niveau K	<b>137</b>
Niveau Ew	<b>244</b>
Espec	<b>470 kWh/m<sup>2</sup>.an</b>

Figure 25 : Tableau des résultats énergétiques de la maison ouvrière 3 façades BASE BIS (2)

Les combinaisons de mesures appliquées à la maison BASE BIS sont identiques à celles de la maison BASE et sont reprises à la Figure 26. Néanmoins le coût de rénovation énergétique du plancher du grenier sera moindre que pour la maison BASE car il y a déjà présence de 4cm de laine minérale. Donc

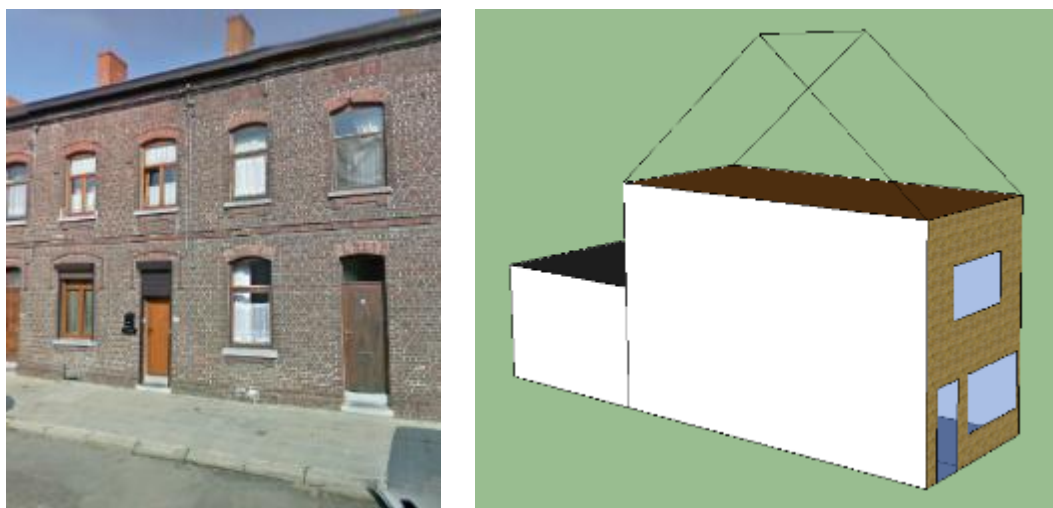
le coût de l'isolant nécessaire pour atteindre les exigences de 2012 (et plus) sera plus faible. Les 4cm d'isolant existants sont placés entre les gitages bois du plancher. Tandis que l'isolation complémentaire sera posée simplement sur le plancher côté combles (sur les panneaux OSB).

Groupes de mesures / variantes						
Cas	Enveloppe					
	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>Base bis</b>	-	-	-	-	13	Mi-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	12	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	12	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	12	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	10	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	10	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	10	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	11	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	11	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	11	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	11	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	11	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	11	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	Peu-lourd
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	6	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	Mi-lourd
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	6	Peu-lourd
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	6	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	Mi-lourd
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	6	Peu-lourd
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 26 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison ouvrière 3 façades BASE BIS (2)

#### 4.5. La maison type ouvrière mitoyenne BASE

La troisième typologie (3) est donc une maison ouvrière **mitoyenne**. Sa géométrie est tout à fait identique à la typologie (2) excepté qu'elle possède deux grandes parois mitoyennes. Les systèmes installés sont également identiques. La description des parois, leur surface et la description des systèmes sont repris à la Figure 27.



(3)	Description	U [W/m <sup>2</sup> .K]	Surface [m <sup>2</sup> ]
Toit	Toiture plate en ossature bois (annexe arrière)	1,37	20,96
	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP	1,77	41,65
Mur	Murs plein extérieur, massifs en briques, épaisseur 30cm – à rue	1,88	18,47
	Murs plein extérieur, massifs en briques, épaisseur 30cm – arrière		21,13
	Murs mitoyens pleins en briques, épaisseur 30cm	1,05	151,81
Sol	Pierres sur sol	0,83	62,61
Fenêtre	Simple vitrage, châssis bois – EST	Uw=4,47 Ug=5,00	6,36
	Simple vitrage, châssis bois - OUEST	g=0,85 Uf=2,36	5,72
Porte	Porte entrée	4,00	2,02
Système de chauffage	Chauffage local, poêle au gaz		
Production d'ECS	Chauffe-eau instantané au gaz		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	15 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>		

Figure 27 : Tableau descriptif de la maison ouvrière mitoyenne BASE (3)

Les résultats énergétiques de cette troisième typologie sont repris à la Figure 28.

(3) Données / résultats	
Ach	104,26 m <sup>2</sup>
Volume	328,67 m <sup>3</sup>
Niveau K	127
Niveau Ew	223
Espec	371 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 28 : Tableau des résultats énergétiques de la maison ouvrière mitoyenne BASE (3)

De manière identique à la typologie (2) les mesures/groupes/variantes (Figure 29) étudiées seront réalisées en fonction des spécificités de l'habitation : la façade avant sera isolée par l'intérieur, la façade arrière sera isolée par l'extérieur, l'isolation de la dalle de sol se fera par l'intérieur et le plancher du grenier sera isolé du côté des combles.

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	15	Mi-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	14	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	14	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	14	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	10	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	10	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	10	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	12	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	12	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	12	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	11	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	11	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	11	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	Peu-lourd
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	Mi-lourd
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5	Peu-lourd
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	Mi-lourd
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5	Peu-lourd
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 29 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison ouvrière mitoyenne BASE (3)

#### 4.6. La maison type ouvrière mitoyenne BASE BIS

On étudiera également la maison ouvrière mitoyenne rénovée avec du double vitrage (assez ancien  $U_w=3,5\text{W/m}^2.\text{K}$ ) et une isolation de 4cm de laine minérale en toiture. La Figure 30 ci-dessous reprend les éléments rénovés de la typologie (3) en gras.

(3 BIS)	Description	U [W/m <sup>2</sup> .K]	Surface [m <sup>2</sup> ]
Toit	Toiture plate en ossature bois (annexe arrière)	1,37	20,96
	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP et 4cm de laine minérale ( $\lambda=0,05\text{ W/mK}$ ) entre gitage (89% isolation)	<b>0,84</b>	41,65
Mur	Murs plein extérieur, massifs en briques, épaisseur 30cm – à rue	1,88	18,47
	Murs plein extérieur, massifs en briques, épaisseur 30cm – arrière		21,13
	Murs mitoyens pleins en briques, épaisseur 30cm	1,05	151,81
Sol	Pierres sur sol	0,83	62,61
Fenêtre	<b>DOUBLE VITRAGE, châssis PVC- EST</b>	<b><math>U_w=3,5</math> <math>U_g=4,0</math> <math>g=0,80</math> <math>U_f=2,30</math></b>	6,36
	<b>DOUBLE VITRAGE, châssis PVC - OUEST</b>		5,72
Porte	<b>Porte entrée</b>	<b>3,5</b>	2,02
Système de chauffage	Chauffage local, poêle au gaz		
Production d'ECS	Chauffe-eau instantané au gaz		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	<b>12 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup></b>		

Figure 30 : Tableau descriptif de la maison ouvrière mitoyenne BASE BIS (3)

Les résultats énergétiques de la maison (3) BASE BIS sont repris à la Figure 31 ci-dessous.

(3 BIS) Données / résultats	
Ach	104,26 m <sup>2</sup>
Volume	328,67 m <sup>3</sup>
Niveau K	<b>105</b>
Niveau Ew	<b>189</b>
Espec	<b>315 kWh/m<sup>2</sup>.an</b>

Figure 31 : Tableau des résultats énergétiques de la maison ouvrière mitoyenne BASE BIS (3)



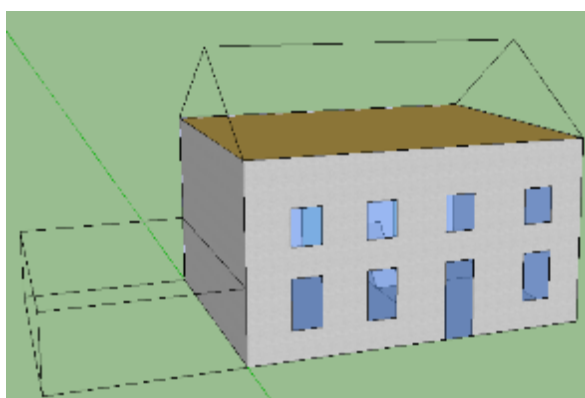
Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>Base BIS</b>	-	-	-	-	12	Mi-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	12	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	12	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	12	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	9	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	9	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	9	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	11	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	11	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	11	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	10	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	10	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	10	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5	Peu-lourd
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	Mi-lourd
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5	Peu-lourd
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	Mi-lourd
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5	Peu-lourd
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 32 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison ouvrière mitoyenne BASE BIS (3)

#### 4.7. La maison villageoise BASE

La quatrième typologie (4) est une **maison villageoise** de l'entre-deux guerres, de volumétrie assez simple et grande. Elle est construite avec des matériaux industriels (béton, briques) sans ornements. Les murs sont pleins et souvent très épais.

Au rez-de-chaussée de l'habitation se trouve un hall d'entrée traversant, un grand séjour ainsi qu'une grande cuisine/salle à manger et une toilette. Au premier étage, on retrouve 4 chambres et une salle de bain. Le grenier qui n'est pas isolé, dans la situation BASE, ne fait pas partie du volume protégé ; c'est le plancher du grenier qui délimite donc le volume protégé. Le plancher est en partie sur sol et en partie sur cave. Toutes les fenêtres sont encore en simple vitrage.



La description des parois et des systèmes sont repris à la Figure 33.

(4)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP	1,77	113,98
Mur	Murs pleins, massifs en briques, épaisseur 50cm vers extérieur	1,41	225,21
	Murs pleins en briques, épaisseur 50cm vers EANC (garage)	0,72	24,37
	Cloison légère vers cave	1,21	4,79
Sol	Pierres sur sol	0,83	81,29
	Plancher lourd sur cave	1,24	33,46
Fenêtre	Simple vitrage, châssis bois – NORD	Uw=4,47 Ug=5,00 g=0,85 Uf =2,36	9,83
	Simple vitrage, châssis bois - SUD		9,75
Porte	Portes entrée en bois	5,00	5,26
	Porte vers cave	5,00	1,62
Système de chauffage	Chauffage central au gaz, chaudière sans condensation, rendement = 70%		
Production d'ECS	Chauffe-eau gaz		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	18 m³/h.m²		

Figure 33 : Tableau descriptif de la maison villageoise BASE (4)

Les résultats énergétiques de la maison (4) BASE sont repris à la Figure 34 ci-dessous.

(4) Données / résultats	
Ach	228 m <sup>2</sup>
Volume	727,26 m <sup>3</sup>
Niveau K	132
Niveau Ew	372
Espec	628 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 34 : Tableau des résultats énergétiques de la maison villageoise BASE (4)

La Figure 35 reprend les variantes de rénovation énergétique qui vont être appliquées à la maison de BASE. Les 4 façades libres seront isolées par l'extérieur, et un nouveau crépi sera placé sur l'isolation EPS. Le sol sera totalement isolé sur la dalle par l'intérieur même la partie sur cave, on aura ainsi le même niveau fini dans toutes les pièces du rez-de-chaussée. Il faudra donc, préalablement, casser le carrelage et la chape existante avant de projeter le nouvel isolant et couler une nouvelle chape. Cette opération est assez coûteuse. Le plancher des combles sera isolé, côté combles, en posant simplement l'isolant sur le plancher.

Groupes de mesures / variantes						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Enveloppe		Etanchéité	Inertie
			Parois opaques (murs)	Sols		
<b>base</b>	-	-	-	-	18	Mi-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	15	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	15	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	15	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	12	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	12	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	12	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	14	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	14	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	14	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	13	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	13	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	13	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	6	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	6	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	6	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	6	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 35 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison villageoise BASE (4)



#### 4.8. La maison villageoise BASE BIS

La typologie (4) BASE BIS est une maison qui possède du double vitrage (assez ancien  $U_w=3,5\text{W/m}^2.\text{K}$ ). Etant donné que les fenêtres en simple vitrage ont été remplacées l'étanchéité à l'air de la maison a aussi été améliorée (Figure 36).

(4 BIS)	Description	U [W/m <sup>2</sup> .K]	Surface [m <sup>2</sup> ]
Toit	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP	1,77	113,98
Mur	Murs pleins, massifs en briques, épaisseur 50cm vers extérieur	1,41	225,21
	Murs pleins en briques, épaisseur 50cm vers EANC (garage)	0,72	24,37
	Cloison légère vers cave	1,21	4,79
Sol	Pierres sur sol	0,83	81,29
	Plancher lourd sur cave	1,24	33,46
Fenêtre	<b>DOUBLE VITRAGE, CHASSIS PVC – NORD</b>	<b><math>U_w=3,5</math> <math>U_g=4,0</math> <math>g=0,80</math> <math>U_f=2,30</math></b>	9,83
	<b>DOUBLE VITRAGE, CHASSIS PVC - SUD</b>		9,75
Porte	<b>Portes entrée en bois</b>	<b>3,5</b>	5,26
	<b>Porte vers cave</b>	<b>3,5</b>	1,62
Système de chauffage	Chauffage central au gaz, chaudière sans condensation, rendement = 70%		
Production d'ECS	Chauffe-eau gaz		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	<b>15 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup></b>		

Figure 36 : Tableau descriptif de la maison villageoise BASE BIS (4)

Les résultats énergétiques de la maison (4) BASE BIS sont repris à la Figure 37 ci-dessous.

(4 BIS) Données / résultats	
Ach	228 m <sup>2</sup>
Volume	727,26 m <sup>3</sup>
Niveau K	<b>127</b>
Niveau Ew	<b>353</b>
Espec	<b>595 kWh/m<sup>2</sup>.an</b>

Figure 37 : Tableau des résultats énergétiques de la maison villageoise BASE BIS (4)

La Figure 38 reprend les variantes de rénovation énergétique qui vont être appliquées à la maison de BASE BIS. Les 4 façades libres seront isolées par l'extérieur, le plancher de sol sera isolé par le haut et le plancher des combles sera isolé, côté combles, sur le plancher. Les techniques de rénovation énergétiques mises en œuvres sont identiques à celles de la maison (4).

Groupes de mesures / variantes						
Cas	Enveloppe					Inertie
	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	
<b>base</b>	-	-	-	-	15	Mi-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	15	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	15	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	15	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	12	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	12	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	12	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	14	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	14	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	14	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	13	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	13	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	13	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	6	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	6	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	6	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	6	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

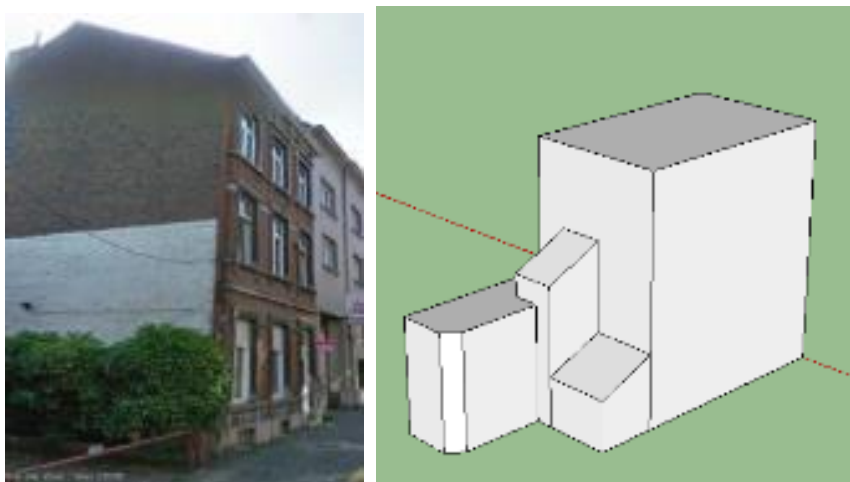
Figure 38 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison villageoise BASE BIS (4)

#### 4.9. La maison urbaine mitoyenne BASE

La cinquième typologie (5) comprend les **maisons urbaines** qui sont apparues dans les villes au 20<sup>ème</sup> siècle. Ces maisons mitoyennes sont plus grandes que les maisons ouvrières. Leurs façades à rue sont détaillées et ornementées de pierres et balcons. Cette typologie de maison avait déjà été prise comme bâtiment de référence dans COZEB1 (comme maison mitoyenne urbaine).

L'habitation étudiée est une habitation mitoyenne située en centre-ville et construite au début du 20<sup>ème</sup> siècle. Les deux murs mitoyens ne sont pas des surfaces de déperdition. La façade avant s'oriente à l'Ouest et la façade arrière à l'Est.

La maison est formée de différents volumes : un volume principal et plusieurs petits volumes secondaires (annexes). Le volume principal comporte cinq niveaux dont deux sont des espaces adjacents non chauffés dits EANC (des caves et des combles). Le rez-de-chaussée compte le hall d'entrée et le salon. Les chambres et l'escalier principal se situent au sein des étages supérieurs. Les annexes comprennent au rez-de-chaussée la cuisine, la salle-à-manger, la buanderie et un escalier secondaire. Ce dernier relie ce niveau au 1<sup>er</sup> étage abritant une chambre et une salle de bain. Les plans de l'habitation sont repris à l'annexe 4.



La description des parois (valeur U et surface) et des systèmes sont repris à la Figure 39. Et les résultats énergétiques correspondant à la maison dans son état actuel sont repris à la Figure 40.



(5)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture en ossature bois (annexes arrière)	1,55	34,1
	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP	1,65	69
Mur	Murs plein extérieur, massifs en briques, épaisseur 30cm – façade AVANT OUEST	2,31	53,43
	Murs plein extérieur, massifs en briques, épaisseur 30cm – façade ARRIERE EST	2,31	83,14
	Murs mitoyens pleins en briques, épaisseur 30cm	1,36	312,09
Sol	Plancher lourd sur cave	0,58	81,04
Fenêtre	Simple vitrage, châssis bois -EST	Uw=4,88	24,74
	Simple vitrage, châssis bois - OUEST	Ug=5,5	24,44
	Simple vitrage, châssis bois NORD	g=0,8 Uf=2,36	6,14
Système de chauffage	Chauffage central au gaz, chaudière sans condensation, rendement = 72% <sup>1</sup>		
Production d'ECS	Couplé à la chaudière, production instantanée		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	15 m³/h.m²		

Figure 39 : Tableau descriptif de la maison moyenne urbaine mitoyenne BASE (5)

(5) Données / résultats	
Ach	261 m²
Volume	854 m³
Niveau K	149
Niveau Ew	361
Espec	492 kWh/m².an

Figure 40 : Tableau des résultats énergétiques de la maison moyenne urbaine mitoyenne BASE (5)

La Figure 41 reprend les variantes de rénovation énergétique qui vont être appliquées à la maison (5) BASE.

Pour l'isolation des parois opaques, nous envisageons, une isolation à l'intérieur pour la façade à rue (on ne peut modifier l'alignement des façades à rue) et à l'extérieur pour la façade arrière. Pour l'isolation intérieure, une structure légère sera fixée au mur existant et l'isolant remplira les intervalles entre les montants verticaux. Il faut également placer un pare-vapeur côté intérieur pour éviter les problèmes de condensation et d'humidité, ainsi qu'une plaque de plâtre pour la finition intérieure. Pour la façade arrière, on placera un isolant de type EPS afin de pouvoir crépir dessus. L'isolation des parois mitoyennes n'est envisagée que lorsque la rénovation énergétique est très poussée, c'est-à-dire dans le cas du passif. L'isolation du plancher sur cave se fera par le bas, dans la cave. Cette technique est moins coûteuse que l'isolation sur la dalle et est plus simple à réaliser. Néanmoins, si la cave ne possède pas une grande hauteur, et si l'épaisseur d'isolant placée est importante, la cave peut vite devenir inutilisable. Pour la toiture plate, on envisage une nouvelle isolation par l'extérieur, pour créer une toiture chaude. Dans ce cas, il ne faut pas oublier la nouvelle

<sup>1</sup> Rendement de 72% pour cohérence avec étude TABULA. Dans COZEB 1, rendement = 82% car le système installé devait représenter « la moyenne » de ce qui était installé dans le parc résidentiel existant wallon

étanchéité qui est à placer côté extérieur. Et pour le plancher du grenier, l'isolation sera placée sur ce plancher (c'est-à-dire également une isolation par l'extérieur), technique simple, rapide et peu coûteuse.

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	15	Mi-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	14	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	14	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	14	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	10	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	10	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	10	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	12	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	12	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	12	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	11	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	11	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	11	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	Peu-lourd
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	Mi-lourd
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5	Peu-lourd
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	Mi-lourd
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5	Peu-lourd
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 41 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison urbaine mitoyenne BASE (5)

#### 4.10. La maison urbaine mitoyenne BASE BIS

Nous allons également étudier la maison moyenne urbaine rénovée avec du double vitrage (relativement performant  $U_w=2,5\text{W/m}^2.\text{K}$ ), une isolation de 4cm de laine minérale en toiture et une isolation du mur arrière par l'extérieur. L'étanchéité à l'air du bâtiment est donc aussi considérablement améliorée.

La description des parois (valeur U et surface) et des systèmes sont repris à la Figure 42. Et les résultats énergétiques correspondant à cette maison BASE BIS sont repris à la Figure 43.

(5 BIS)	Description	U [W/m <sup>2</sup> .K]	Surface [m <sup>2</sup> ]
Toit	Toiture en ossature bois (annexes arrière)	1,55	34,1
	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP et <b>isolation de 4cm de LM sur le plancher côté EANC</b>	<b>0,71</b>	69
Mur	Murs plein extérieur, massifs en briques, épaisseur 30cm – façade AVANT OUEST	2,31	53,43
	Murs plein extérieur, massifs en briques, épaisseur 30cm – façade ARRIERE EST – <b>isolation de 3cm de EPS côté extérieur + crépi</b>	<b>0,82</b>	83,14
	Murs mitoyens pleins en briques, épaisseur 30cm	1,36	312,09
Sol	Plancher lourd sur cave	0,91	81,04
Fenêtre	<b>DOUBLE VITRAGE</b> , châssis bois -EST	<b><math>U_w=2,5</math> <math>U_g=1,6</math> <math>g=0,7</math></b>	24,74
	<b>DOUBLE VITRAGE</b> , châssis bois - OUEST		24,44
	<b>DOUBLE VITRAGE</b> , châssis bois NORD		6,14
Système de chauffage	Chauffage central au gaz, chaudière sans condensation, rendement = 72%		
Production d'ECS	Couplé à la chaudière, production instantanée		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	9 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>		

Figure 42 : Tableau descriptif de la maison moyenne urbaine mitoyenne BASE BIS (5)

(5 BIS) Données / résultats	
Ach	261 m <sup>2</sup>
Volume	854 m <sup>3</sup>
Niveau K	<b>89</b>
Niveau Ew	<b>229</b>
Espec	<b>312 kWh/m<sup>2</sup>.an</b>

Figure 43 : Tableau des résultats énergétiques de la maison moyenne urbaine mitoyenne BASE BIS (5)

Les mesures/groupes/variantes sont identiques à celles de la maison BASE et sont reprises à la Figure 44. Néanmoins le coût de rénovation énergétique du plancher du grenier sera moindre que pour la maison BASE car il y a déjà présence de 4cm de laine minérale en toiture. Tandis que pour la façade arrière on considérera qu'il faut enlever l'isolation existante avant de placer la nouvelle isolation, il

faudra donc prendre en compte le surcoût lié à l'enlèvement de l'isolant existant. Ensuite on placera une nouvelle isolation plus importante d'EPS et un crépi.

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>Base BIS</b>	-	-	-	-	9	Mi-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	9	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	9	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	9	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	7	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	7	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	7	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	8	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	8	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	8	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	8	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	8	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	6	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5	Peu-lourd
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	Mi-lourd
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	6	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5	Peu-lourd
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	Mi-lourd
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	6	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5	Peu-lourd
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 44 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison urbaine mitoyenne BASE BIS (5)

#### 4.11. La villa des premières extensions urbaines BASE

La sixième typologie (6) est une **villa des premières extensions urbaines** construite dans des géométries assez complexes, avec de nombreux volumes annexes et des jeux de matériaux. Les plans de l'habitation se trouvent à l'Annexe 5.

L'habitation possède des caves sur toute sa surface. Au rez-de-chaussée on trouve les pièces de vie (salon, salle à manger, cuisine) ainsi qu'une chambre et une salle de bain. A l'étage, sous les toits, il y a une deuxième chambre ainsi que des greniers aménageables. La véranda ne fait pas partie du volume protégé. Tous les murs sont creux mais non isolés, les fenêtres sont en simple vitrage et la toiture n'est pas isolée mais présente une sous-toiture. La Figure 45 reprend la description des parois et des systèmes. Un chauffage central au mazout est installé dans la maison, la chaudière permet également de préparer l'eau chaude sanitaire.



(6)	Description	U [W/m <sup>2</sup> .K]	Surface [m <sup>2</sup> ]
Toit	Toiture principale	1,71	125,13
Mur	Murs creux : brique, lame d'air NV et bloc porteur	1,53	104,07
	Murs latéraux chien assis (structure bois)	1,55	1,3
	Murs façade/véranda (hors VP-EANC)	1,21	13,12
	Murs contre cave	1,8	9,75
Sol	Plancher lourd sur cave, pas d'isolation	1,66	88,85
	Paillasse de l'escalier	1,62	4,31
Fenêtre	Simple vitrage, châssis bois – SUD EST	Uw=4,47	6,61
	Simple vitrage, châssis bois – NORD OUEST	Ug=5,00	2,82
	Simple vitrage, châssis bois – SUD OUEST	g=0,85	2,43
	Simple vitrage, châssis bois – NORD EST	Uf=2,36	2,62
	Simple Vitrage, châssis bois en contact avec EANC – NORD OUEST	Uw=3,19 Ug=5,00 g=0,85 Uf=2,36	3,67
Porte	Porte d'entrée	4	2,04
	Porte cave et vers véranda (en contact avec EANC)		3,76
Système de chauffage	Chauffage central au mazout, d'avant 1985, rendement = 70%		
Production d'ECS	Combiné au chauffage central, avec stockage		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	18 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>		

Figure 45 : Tableau descriptif de la villa des premières extensions urbaines BASE (6)

Les résultats énergétiques de la maison (6) BASE sont repris à la Figure 46 ci-dessous.

(6) Données / résultats	
Ach	140 m <sup>2</sup>
Volume	400 m <sup>3</sup>
Niveau K	174
Niveau Ew	395
Espec	802 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 46 : Tableau des résultats énergétiques de la villa des premières extensions urbaines BASE (6)

La Figure 47 décrit les mesures/groupes/variantes qui seront appliquées à la maison BASE. Tous les murs seront isolés par l'extérieur (mais pas par la coulisse car l'épaisseur disponible n'est pas suffisante pour atteindre les exigences de 2012 et plus). On placera la nouvelle isolation sur la brique de parement, et on réalisera un crépi sur le nouvel isolant EPS. La toiture sera complètement isolée par l'intérieur, entre les chevrons. La couverture extérieure n'est pas à remplacer, les tuiles sont en bon état et une sous-toiture est déjà présente. Il faut néanmoins compter le prix du pare-vapeur à placer côté intérieur. L'isolation du plancher se fera par la cave. Les panneaux d'isolant seront fixés au plafond. Lorsqu'on place une épaisseur importante d'isolant, il est possible que la cave devient inutilisable car sa hauteur est trop faible.

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	18	Peu-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	15	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	15	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	15	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	12	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	12	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	12	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	14	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	14	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	14	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	13	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	13	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	13	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	6	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	6	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	6	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	6	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 47 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la villa des premières extensions urbaines BASE (6)

#### 4.12. La villa des premières extensions urbaines BASE BIS

La BASE BIS de la villa des premières extensions urbaines est une maison qui a subi une rénovation énergétique complète : nouveau double vitrage performant, isolation de 12cm de laine minérale en toiture, isolation de 6cm de PUR des murs extérieurs par la coulisse et une isolation du plancher sur cave. L'étanchéité à l'air du bâtiment est donc aussi considérablement améliorée.

On remarque à la Figure 48 reprenant la description des parois ainsi que leur valeur U, que lorsqu'on isole les murs creux extérieurs par la coulisse (6cm de vide rempli par du PUR) on obtient un  $U=0,71$   $W/m^2.K$ , ce qui est assez éloigné du U imposé en 2012 égal à  $0,32$   $W/m^2.K$ .

(6 BIS)	Description	U [W/m <sup>2</sup> .K]	Surface [m <sup>2</sup> ]
Toit	Toiture principale <b>12cm de LM (<math>\lambda=0,05</math> W/mK)</b>	<b>0,42</b>	125,13
Mur	Murs creux : brique, lame d'air <b>remplie par 6cm de PUR injecté (<math>\lambda=0.055</math> W/mK)</b> et bloc porteur	<b>0,71</b>	104,07
	Murs latéraux chien assis (structure bois)	1,55	1,3
	Murs façade/véranda (hors VP-EANC) – <b>coulisse remplie par 6cm de PUR injecté (<math>\lambda=0.055</math> W/mK)</b>	<b>0,63</b>	13,12
	Murs contre cave	1,8	9,75
Sol	Plancher lourd sur cave, <b>isolation de 4cm d'EPS (<math>\lambda=0.05</math> W/mK)</b>	<b>0,62</b>	88,85
	Paillasse de l'escalier <b>isolation de 4cm d'EPS</b>	<b>0,62</b>	4,31
Fenêtre	<b>Double vitrage, châssis bois – SUD EST</b>	<b>Uw=2,5</b>	6,61
	<b>Double vitrage, châssis bois – NORD OUEST</b>	<b>Ug=1,6</b>	2,82
	<b>Double vitrage, châssis bois – SUD OUEST</b>	<b>g=0,70</b>	2,43
	<b>Double vitrage, châssis bois – NORD EST</b>	<b>Uf=2,2</b>	2,62
	<b>Double Vitrage, châssis bois en contact avec EANC – NORD OUEST</b>	<b>Uw=2,5</b> <b>Ug=1,6</b> <b>g=0,70</b> <b>Uf=2,2</b>	3,67
Porte	<b>Porte d'entrée</b>	<b>2,5</b>	2,04
	<b>Porte cave et vers véranda (en contact avec EANC)</b>		3,76
Système de chauffage	Chauffage central au mazout, d'avant 1985, rendement = 70%		
Production d'ECS	Combiné au chauffage central, avec stockage		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	<b>6 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup></b>		

Figure 48 : Tableau descriptif de la villa des premières extensions urbaines BASE BIS (6)

Les résultats énergétiques de la typologie (6) BASE BIS sont repris à la Figure 49 ci-dessous.



(6 BIS) Données / résultats	
Ach	140 m <sup>2</sup>
Volume	400 m <sup>3</sup>
Niveau K	71
Niveau Ew	177
Espec	359 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 49 : Tableau des résultats énergétiques de la villa des premières extensions urbaines BASE BIS (6)

La Figure 50 reprend les mesures/groupes/variantes qui seront appliquées à la maison (6) BASE BIS. Pour ces combinaisons, seule l'isolation, supplémentaire à l'isolation déjà présente, nécessaire pour atteindre les exigences de 2012 (et plus) sera comptabilisé dans le coût de rénovation. Par exemple, pour atteindre un  $U=0,27 \text{ W/m}^2.\text{K}$  (exigences de 2012) en toiture, il faudra ajouter **Xcm** de laine minérale au 12cm déjà présents dans la BASE BIS. Pour les murs, on complètera l'isolation par l'extérieur, au-delà de la coulisse isolée et de la brique de parement.

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>Base BIS</b>	-	-	-	-	6	Peu-lourd
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	5,5	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	5,5	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	5,5	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	6	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	6	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	6	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	5	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	4,5	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	5	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	4,5	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	4,5	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	5	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	4,5	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 50 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la villa des premières extensions urbaines BASE BIS (6)

#### 4.13. La villa de plain-pied BASE

La septième typologie (7) est une **villa de plain-pied**. Cette typologie connaît aussi un développement important en périphérie de la ville au milieu du 20<sup>ème</sup> siècle, notamment due aux règles urbanistiques de certains lotissements qui imposent une hauteur maximale de construction. Les plans de l'habitation se trouvent à l'Annexe 6.

Le volume protégé est délimité par les murs creux extérieurs, les fenêtres en bois simple vitrage, le plancher en partie sur sol et en partie sur cave et le plancher du grenier. Les combles, la cave et le garage ne font pas partie du volume protégé. Toutes les pièces sont au rez-de-chaussée, de plain-pied, une grande pièce de séjour, une cuisine, 3 chambres, un bureau, une salle de bain et une toilette. La maison est chauffée par des radiateurs alimentés en eau chaude par une chaudière au mazout. L'eau chaude sanitaire est produite par un boiler électrique. L'habitation ne possède pas de système de ventilation. La Figure 51 reprend la description des parois (U, surface) et des systèmes. Donc



(7)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP	1,77	120,35
Mur	mur creux vers extérieur : brique, lame d'air non ventilée et bloc porteur en terre cuite	0,91	89,57
	Mur vers cave : maçonnerie terre cuite 9cm	1,07	16,83
	Mur vers garage : maçonnerie terre cuite 15cm	1,43	9,35
Sol	Plancher lourd sur sol	0,8	106,36
	Plancher lourd sur cave	1,14	14,00
Fenêtre	Simple vitrage, châssis bois – NORD	Uw=4,07	3,05
	Simple vitrage, châssis bois – SUD	Ug=4,50	2,10
	Simple vitrage, châssis bois – EST	g=0,80	11,06
	Simple vitrage, châssis bois - OUEST	Uf=2,36	6,72
Porte	Porte entrée	4,00	1,90
	Porte cuisine vers extérieur	4,00	1,95
	Porte vers cave	4,00	1,60
Système de chauffage	Chauffage central au mazout, chaudière sans condensation, rendement =70%		
Production d'ECS	Boiler électrique avec stockage		
Ventilation	Pas de système de ventilation		

Etanchéité	18 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>
------------	-------------------------------------

Figure 51 : Tableau descriptif de la villa de plain-pied BASE (7)

Les résultats énergétiques de la typologie (7) BASE sont repris à la Figure 52.

(7) Données / résultats	
Ach	120 m <sup>2</sup>
Volume	331 m <sup>3</sup>
Niveau K	140
Niveau Ew	332
Espec	801 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 52 : Tableau des résultats énergétiques de la villa de plain-pied BASE (7)

La Figure 53 décrit les mesures/groupes/variantes qui seront appliquées à la maison BASE. Tous les murs seront isolés par l'extérieur (mais pas par la coulisse car l'épaisseur disponible n'est pas suffisante pour atteindre les exigences de 2012 et plus). La brique de parement sera enlevée, l'isolation sera placée contre le mur porteur et un nouveau parement sera posé. Le plancher sur grenier sera isolé côté combles. L'isolation du plancher se fera sur la dalle, du côté intérieur.

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	18	Peu-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	15	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	15	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	15	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	12	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	12	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	12	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	14	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	14	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	14	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	13	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	13	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	13	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	6	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	6	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	6	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	6	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 53 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la villa de plain-pied BASE (7)

#### 4.14. La villa de plain-pied BASE BIS

La villa de plain-pied BIS est une maison qui a subi une rénovation énergétique assez poussée : remplacement des fenêtres, isolation de la toiture (6cm de laine minérale), isolation des murs extérieurs (5cm d'EPS dans la coulisse des murs creux) et des murs vers le garage par 4cm de EPS. La Figure 54 reprend **en gras** les éléments qui ont été modifiés par rapport à la maison BASE.

On remarque dans la figure ci-dessous reprenant la description des parois ainsi que leur valeur U, que lorsqu'on isole les murs creux extérieurs par la coulisse (5cm de vide rempli par d'EPS) on obtient un  $U=0,91 \text{ W/m}^2.\text{K}$ , ce qui est assez éloigné du U imposé en 2012 égal à  $0,32 \text{ W/m}^2.\text{K}$ .

(7 BIS)	Description	U [W/m <sup>2</sup> .K]	Surface [m <sup>2</sup> ]
Toit	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP <b>et isolation de 6cm de LM posée sur le plancher (<math>\lambda= 0,05 \text{ W/mK}</math>)</b>	<b>0,73</b>	120,35
Mur	mur creux vers extérieur : brique, lame d'air remplie <b>par 5cm d'EPS (<math>\lambda= 0,07 \text{ W/mK}</math>)</b> et bloc porteur en terre cuite	<b>0,91</b>	89,57
	Mur vers cave : maçonnerie terre cuite 9cm	1,07	16,83
	Mur vers garage : maçonnerie terre cuite 15cm + <b>panneau EPS de 4cm côté garage (<math>\lambda= 0,045 \text{ W/mK}</math>)</b>	<b>0,65</b>	9,35
Sol	Plancher lourd sur sol	0,8	106,36
	Plancher lourd sur cave	1,14	14,00
Fenêtre	<b>DOUBLE VITRAGE</b> , châssis bois - NORD	<b>U<sub>w</sub>=2,5</b> <b>U<sub>g</sub>=1,6</b> <b>g=0,70</b>	3,05
	<b>DOUBLE VITRAGE</b> , châssis bois – SUD		2,10
	<b>DOUBLE VITRAGE</b> , châssis bois – EST		11,06
	<b>DOUBLE VITRAGE</b> , châssis bois - OUEST		6,72
Porte	<b>Porte entrée</b>	<b>2,50</b>	1,90
	<b>Porte cuisine vers extérieur</b>	<b>2,50</b>	1,95
	<b>Porte vers cave</b>	<b>2,50</b>	1,60
Système de chauffage	Chauffage central au mazout, chaudière sans condensation, rendement =70%		
Production d'ECS	Boiler électrique avec stockage		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	<b>8 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup></b>		

Figure 54 : Tableau descriptif de la villa de plain-pied BASE BIS (7)

Les résultats énergétiques de la typologie (7) BASE BIS sont repris à la Figure 55.

(7 BIS) Données / résultats	
Ach	120 m <sup>2</sup>
Volume	331 m <sup>3</sup>
Niveau K	<b>82</b>
Niveau Ew	<b>203</b>
Espec	<b>488 kWh/m<sup>2</sup>.an</b>

Figure 55 : Tableau des résultats énergétiques de la villa de plain-pied BASE BIS (7)

La Figure 56 reprend les mesures/groupes/variantes qui seront appliquées à la maison (7) BASE BIS. Pour ces combinaisons, seule l'isolation, supplémentaire à l'isolation déjà présente, nécessaire pour atteindre les exigences de 2012 (et plus) sera comptabilisé dans le coût de rénovation.

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>Base bis</b>	-	-	-	-	8	Peu-lourd
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	6	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	6	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	6	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	7	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	7	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	7	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	5,5	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	5,5	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	5,5	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

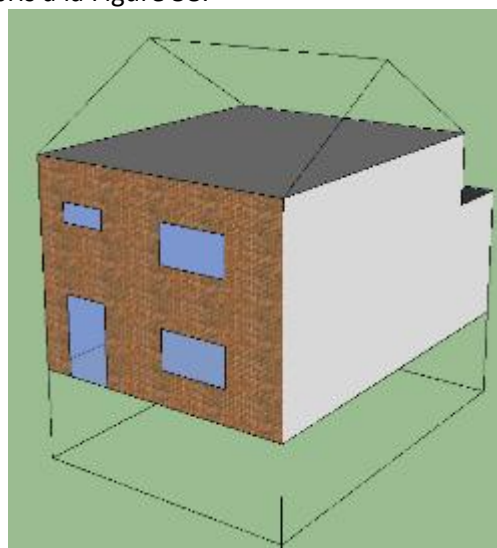
Figure 56 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la villa de plain-pied BASE BIS (7)

#### 4.15. La maison bel étage mitoyenne BASE

La huitième typologie (8) est une maison mitoyenne **de type « bel-étage »<sup>2</sup>**, avec un garage (qui ne fait pas partie du volume protégé de l'habitation) au niveau de la rue ou à demi-niveau. On rencontre ces habitations à proximité des villes.

Au rez-de-chaussée, on trouve les pièces de vie et à l'étage 3 chambres et une salle de bain. Le volume protégé est délimité par le plancher sur le garage, par les murs creux extérieurs et par le plancher des combles. L'habitation se situant proche de la ville, elle a accès au gaz de ville. Le système de chauffage est une chaudière non à condensation au gaz et l'eau chaude sanitaire est produite instantanément par un chauffe-eau au gaz. La Figure 57 reprend la description des parois (U, surface) et des systèmes.

Les résultats énergétiques de la typologie (8) BASE sont repris à la Figure 58.



(8)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP, sans isolation entre gîte	1,77	56,77
	Toiture annexe en ossature bois, sans isolation entre gîte	1,47	13,30
Mur	mur creux extérieur: brique, lame d'air ventilée avec 4cm et bloc porteur maçonnerie bloc terre cuite – AVANT OUEST	1,05	31,08
	mur creux extérieur: brique, lame d'air ventilée avec 4cm et bloc porteur maçonnerie bloc terre cuite – ARRIERE EST	1,05	29,10
	Mur mitoyen : maçonnerie bloc terre cuite, 30cm	1,05	100,89
Sol	Plancher lourd sur garage	2,28	70,07
Fenêtre	Simple vitrage, châssis bois - OUEST	Uw=4,47	4,20
	Simple vitrage, châssis bois – EST	Ug=5,00 g=0,85 Uf=2,36	8,70
Système de	Chauffage central au gaz, d'avant 1985, rendement =		

<sup>2</sup> La géométrie et les plans de cette habitation sont identiques ceux de la typologie 13 mais les caractéristiques des parois sont relatives à la date de construction et la surface de vitrage réduite d'environ 25%.

chauffage	72%		
Production d'ECS	Chauffe-eau instantané gaz		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	15 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>		

Figure 57 : Tableau descriptif de la maison bel-étage (8)

(8) Données / résultats	
Ach	127 m <sup>2</sup>
Volume	353 m <sup>3</sup>
Niveau K	157
Niveau Ew	328
Espec	560 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 58 : Tableau des résultats énergétiques de la maison bel-étage (8)

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	15	Mi-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	14	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	14	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	14	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	10	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	10	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	10	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	12	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	12	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	12	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	11	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	11	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	11	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5	Peu-lourd
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	Mi-lourd
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5	Peu-lourd
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	Mi-lourd
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5	Peu-lourd
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 59 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison bel-étage (8)

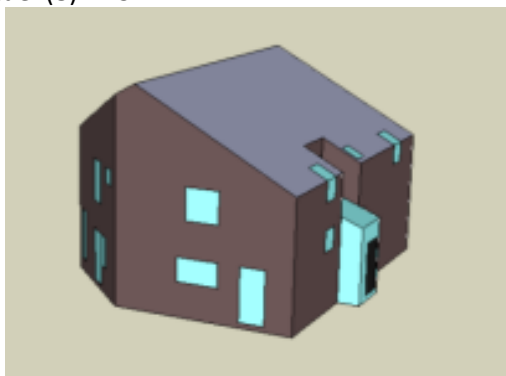
Nous n'étudierons pas de BASE BIS pour cette habitation bel-étage car nous considérons, que cette typologie de maison n'a que très rarement subi de rénovations énergétiques.



#### 4.16. La villa 4 façades de type lotissement BASE

La neuvième typologie (9) est **villa 4 façades de type lotissement** qui se développe surtout en Campine, en Brabant wallon et plus généralement dans les banlieues. Cette typologie de maison avait déjà été prise comme bâtiment de référence dans COZEB1. Les plans de l'habitation ainsi que ses principales caractéristiques se trouvent à l'Annexe 7.

Cette habitation de type « villa » située dans un lotissement a été construite au début des années 1980. Le volume protégé de cette maison est délimité par les 4 façades libres, par le plancher sur sol et en toiture en partie par le plancher des combles et en partie par une toiture inclinée extérieure. Le grenier ne fait pas partie du volume protégé. Au rez-de-chaussée on retrouve les pièces de vie et aux étages les chambres et salle de bain. L'habitation est chauffée par des radiateurs alimentés en eau chaude par une chaudière au mazout. L'eau chaude sanitaire est produite par un boiler électrique avec stockage. L'habitation ne dispose d'aucun dispositif de ventilation. La Figure 60 reprend la description des parois et des systèmes et la Figure 61 détaille les résultats énergétiques de l'habitation dans son état actuel (8) BASE.



(9)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture principale en ossature bois, avec isolation de 4cm de laine minérale entre gitage	0,72	16,85
	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP, avec isolation de 4cm de laine minérale entre gitage	0,91	91,97
Mur	murs creux : brique, lame d'air ventilée avec isolation laine minérale de 3cm et bloc porteur	0,81	137,22
	Mur extérieur de caractère - murs creux : brique, lame d'air ventilée avec isolation laine minérale de 3cm et bloc porteur		56,90
Sol	Plancher lourd sur sol	0,73	112,19
Fenêtre	Simple vitrage, châssis bois - NORD	Uw=4,47 Ug=5,00 g=0,85 Uf=2,36	7,50
	Simple vitrage, châssis bois – SUD		7,30
	Simple vitrage, châssis bois – EST		6,90
	Simple vitrage, châssis bois – OUEST		5,40
	Simple vitrage, châssis bois – SUD-OUEST		4,00
	Simple vitrage, châssis bois – SUD-EST		4,90
	Fenêtre de toit - Simple vitrage, châssis bois - NORD		5,70
Porte	Porte entrée	4,00	2,00

Système de chauffage	Chauffage central au mazout, chaudière sans condensation, rendement = 70% <sup>3</sup>		
Production d'ECS	Boiler électrique, avec stockage		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	17 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>		

Figure 60 : Tableau descriptif de la villa 4 façades de type lotissement BASE (9)

(9) Données / résultats	
Ach	221 m <sup>2</sup>
Volume	625 m <sup>3</sup>
Niveau K	104
Niveau Ew	234
Espec	404 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 61 : Tableau des résultats énergétiques de la villa 4 façades de type lotissement BASE(9)

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	17	Peu-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	16	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	16	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	16	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	11	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	11	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	11	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	14	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	14	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	14	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	13	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	13	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	13	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	6	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	6	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	6	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	6	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 62 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la villa 4 façades de type lotissement BASE (9)

<sup>3</sup> Rendement de 70% pour cohérence avec étude TABULA. Dans COZEB 1, rendement = 75% car le système installé devait représenter « la moyenne » de ce qui était installé dans le parc résidentiel existant wallon

#### 4.17. La villa 4 façades de type lotissement BASE BIS

La BASE BIS de la villa 4 façades de type lotissement est une maison qui a subi une rénovation énergétique au niveau de ses fenêtres et de sa toiture (12cm de laine minérale). L'étanchéité à l'air du bâtiment est donc aussi considérablement améliorée.

(9 BIS)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture principale en ossature bois, avec isolation de 12cm de laine minérale entre gitage ( $\lambda = 0,05$ W/mK)	0,38	16,85
	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP, avec isolation de 12cm de laine minérale entre gitage ( $\lambda = 0,05$ W/mK)	0,47	91,97
Mur	murs creux : brique, lame d'air ventilée avec isolation laine minérale de 3cm et bloc porteur	0,81	137,22
	Mur extérieur de caractère - murs creux : brique, lame d'air ventilée avec isolation laine minérale de 3cm et bloc porteur		56,90
Sol	Plancher lourd sur sol	0,73	112,19
Fenêtre	Double vitrage - NORD	Uw=2,5 Ug=1,6 g=0,70	7,50
	Double vitrage – SUD		7,30
	Double vitrage – EST		6,90
	Double vitrage – OUEST		5,40
	Double vitrage – SUD-OUEST		4,00
	Double vitrage – SUD-EST		4,90
	Fenêtre de toit – Double vitrage, châssis bois - NORD		5,70
Porte	Porte entrée	2,50	2,00
Système de chauffage	Chauffage central au mazout, chaudière sans condensation, rendement = 70%		
Production d'ECS	Boiler électrique, avec stockage		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	13 m³/h.m²		

Figure 63 : Tableau descriptif de la villa 4 façades de type lotissement BASE BIS (9)

La Figure 64 détaille les résultats énergétiques de l'habitation (9) BASE BIS.

(9 BIS) Données / résultats	
Ach	221 m²
Volume	625 m³
Niveau K	77
Niveau Ew	183
Espec	316 kWh/m².an

Figure 64 : Tableau des résultats énergétiques de la villa 4 façades de type lotissement BASE BIS (9)

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>Base BIS</b>	-	-	-	-	13	Peu-lourd
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	10	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	10	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	10	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	11	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	11	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	11	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	6	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	6	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	6	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	6	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 65 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la villa 4 façades de type lotissement BASE BIS (9)

#### 4.18. La maison type barre de logement social BASE

La dixième typologie (10) caractérise l'époque intense des constructions de **logements sociaux** (barres de logements) à proximité des grandes villes.

Cette habitation **mitoyenne** comprend 3 niveaux. Au rez-de-chaussée (au niveau de la rue) on trouve un hall d'entrée et une buanderie inclus dans le volume protégé ainsi qu'un garage, qui lui ne fait pas partie du volume protégé. Au 1<sup>er</sup> étage se trouve les pièces de vie (séjour, cuisine et un wc) et au 2<sup>ème</sup> étage, il y a 3 chambres et une salle de bain. La toiture plate possède 4cm de verre cellulaire, les murs creux sont également isolés par 2cm de laine minérale. La maison est chauffée par un chauffage central au gaz. La Figure 66 reprend la description des parois délimitant le volume protégé et les systèmes installés dans l'habitation.

La Figure 67 détaille les résultats énergétiques de l'habitation (10) BASE.



(10)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture plate, béton et isolation de 4cm de verre cellulaire	0,94	41,94
Mur	Mur creux extérieur: brique, lame d'air ventilée avec isolation laine minérale de 2cm et bloc porteur en béton	1,07	43,84
	Mur mitoyen : bloc porteur en béton, 30cm	2,12	105,02
	Mur vers garage : bloc porteur en béton, 10cm	3,02	14,60
Sol	Plancher lourd sur sol	0,8	11,18
	Plancher lourd sur garage	1,95	30,76
Fenêtre	Double vitrage, châssis PVC – OSO	Uw=3,02 Ug=3,00	8,57
	Double vitrage, châssis PVC -ENE	g=0,75 Uf =2,20	8,59
Porte	Porte entrée	4,00	1,76
	Porte vers garage		1,42
Système de chauffage	Chauffage central au gaz, chaudière sans condensation, rendement = 72%		
Production d'ECS	Chauffe-eau instantané gaz		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	14 m³/h.m²		

Figure 66 : Tableau descriptif de la maison type barre de logement social (10)

(10) Données / résultats	
Ach	95 m <sup>2</sup>
Volume	255 m <sup>3</sup>
Niveau K	136
Niveau Ew	270
Espec	482 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 67 : Tableau des résultats énergétiques de la maison type barre de logement social (10)

La Figure 68 reprend les combinaisons de rénovation énergétique qui seront appliquées à cette typologie (10). Pour l'isolation des murs extérieurs, nous envisageons une isolation de la façade avant et arrière par l'extérieur. Etant donné que c'est une barre de logements qui sont tous identiques et appartiennent à une immobilière sociale, la rénovation portera sur l'ensemble des habitations du quartier, il n'y aura donc pas de problème d'alignement. L'isolation des parois mitoyennes n'est quant à elle envisagée que lorsque la rénovation énergétique est très poussée, c'est-à-dire dans le cas du passif. L'isolation du plancher sur le garage se fera par le bas, dans le garage. Pour la toiture plate, on envisage une nouvelle isolation par l'extérieur.

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	14	Mi-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	14	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	14	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	14	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	11	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	11	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	11	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	14	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	14	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	14	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	13	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	13	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	13	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	6	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	8	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	6	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	6	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	8	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	6	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 68 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison type barre de logement social (10)

Nous n'étudierons pas de BASE BIS pour cette habitation de type barre de logement social car nous considérons, que cette typologie de maison n'a que très rarement subi de rénovations énergétiques.

#### 4.19. La villa 4 façades K70 BASE

Les typologies (11) et (12) sont des **maisons 4 façades ou 3 façades** (semi-détachées avec garage latéral) qui se multiplient dans les **banlieues**. Ces typologies construites après 1985 ont dû respecter la première réglementation thermique et atteindre un niveau K70.

Le volume protégé de la typologie (11) est délimité par les 4 façades libres, par le plancher sur vide-ventilé et en toiture en partie par le plancher des combles et en partie par une toiture inclinée extérieure. Le grenier ne fait pas partie du volume protégé. Au rez-de-chaussée on retrouve les pièces de vie et à l'étage les chambres et salle de bain. Les plans de l'habitation 4 façades se trouvent à l'Annexe 8. La maison est chauffée par une chaudière au mazout. La Figure 69 reprend la description des parois et des systèmes installés dans l'habitation.



(11)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture en ossature bois, avec finition intérieure, isolation de 8cm de laine minérale entre gites	0,53	115,78
Mur	murs creux : brique, lame d'air ventilée avec isolation laine minérale de 5cm et bloc porteur	0,68	61,31
	murs creux : pierre, lame d'air ventilée avec isolation laine minérale de 5cm et bloc porteur	0,71	104,61
Sol	Plancher lourd sur vide ventilé, avec isolation de 2cm de PUR projeté	0,76	87,85
	Plancher lourd sur extérieur, avec isolation de 2cm de PUR projeté	0,85	2,02
Fenêtre	Double vitrage, châssis bois - NORD	Uw=2,4 Ug=2,2 g=0,70 Uf=2,36	5,72
	Double vitrage, châssis bois – SUD		8,58
	Double vitrage, châssis bois – EST		6,10
	Double vitrage, châssis bois - OUEST		3,90
	Double vitrage, châssis bois – SUD-EST		4,32
	Double vitrage, châssis bois – NORD-EST		4,32
	Fenêtre de toit - Double vitrage, châssis bois – NORD		0,76
	Fenêtre de toit - Double vitrage, châssis bois – SUD		0,76
Porte	Porte entrée	2,5	2,2
Système de chauffage	Chauffage central, chaudière non à condensation au mazout, rendement = 76%		
Production d'ECS	Boiler électrique, avec stockage		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	12 m³/h.m²		

Figure 69 : Tableau descriptif de la maison 4 façades K70 (11)



La Figure 70 détaille les résultats énergétiques de l'habitation dans son état actuel (11) BASE.

(11) Données / résultats	
Ach	177 m <sup>2</sup>
Volume	551 m <sup>3</sup>
Niveau K	74
Niveau Ew	177
Espec	315 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 70 : Tableau des résultats énergétiques de la maison 4 façades K70 (11)

La Figure 71 reprend les combinaisons de rénovation énergétique qui seront appliquées à la maison BASE (11). Pour l'isolation des murs extérieurs, nous envisageons une isolation par l'extérieur, au delà de la brique de parement car l'épaisseur du vide d'air de la coulisse ne permet pas d'atteindre les exigences de 2012 (et plus). L'isolation du plancher se fera par le bas, dans le vide ventilé. Pour la toiture, on envisage de compléter l'isolation en réalisant une isolation de type sarking, par l'extérieur.

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	12	Peu-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	11	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	11	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	11	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	8	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	8	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	8	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	10	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	10	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	10	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	9	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	9	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	9	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	7	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5,5	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	7	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5,5	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5,5	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	7	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5,5	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 71 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison 4 façades K70 (11)

#### 4.20. La maison 3 façades K70 BASE

Comme précisé, la typologie (12) est une **maison 3 façades** (mitoyenne d'un côté et avec garage latéral qui ne fait pas partie du volume protégé de l'autre côté) qui se peut se retrouver le long des grands axes proches de villes. Cette typologie construite après 1985 respecte un niveau K70.

Au rez-de-chaussée on trouve les pièces de vie, les 3 chambres et la salle de bain sont sous les toits. Les parois délimitant le volume protégé sont : les murs creux extérieurs isolés avec 4cm de laine minérale, le mur contre le garage (espace adjacent non chauffé) isolé avec 4cm de laine minérale, les fenêtres bois double vitrage, le plancher sur vide ventilé et la toiture inclinée isolée dans la structure par 10cm de laine minérale. La maison possède une chaudière au gaz mais pas de système de ventilation. La description des parois et des systèmes est détaillée à la Figure 72.



(12)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture en ossature bois, 10cm de laine minérale, avec finition intérieure	0,48	70,02
Mur	murs creux : brique, lame d'air peu ventilée avec 4 cm de laine minérale et bloc porteur	0,71	56,36
	Mur contre garage : 4cm de laine minérale + bloc porteur	0,81	35,64
Sol	Plancher lourd sur vide ventilé avec 3cm de PUR	0,6	57,14
Fenêtre	Double vitrage, châssis bois -EST	Uw=2,29 Ug=2,00	3,97
	Double vitrage, châssis bois -OUEST	g=0,70 Uf= 2,36	8,72
	Fenêtre de toit, Double Vitrage, châssis bois – EST	Uw=2,46 Ug=2,00	2,3
	Fenêtre de toit, Double Vitrage, châssis bois - OUEST	g=0,70 Uf= 2,36	2,3
Porte	Porte d'entrée	4	2,11
Système de chauffage	Chauffage central au mazout, rendement = 76%		
Production d'ECS	Combiné au chauffage, avec stockage		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	12 ³/h.m²		

Figure 72 : Tableau descriptif de la maison 3 façades K70 (12)

(12) Données / résultats	
Ach	114,3 m <sup>2</sup>
Volume	335 m <sup>3</sup>
Niveau K	68
Niveau Ew	152
Espec	279 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 73 : Tableau des résultats énergétiques de la maison 3 façades K70 (12)

La Figure 74 reprend les combinaisons de rénovation énergétique qui seront appliquées à la maison BASE (12). Pour l'isolation des murs extérieurs, nous envisageons une isolation par l'extérieur, au delà de la brique de parement. L'isolation du plancher se fera par le bas, dans le vide ventilé. Pour la toiture, on envisage de compléter l'isolation déjà présente par une nouvelle isolation complémentaire dans la structure.

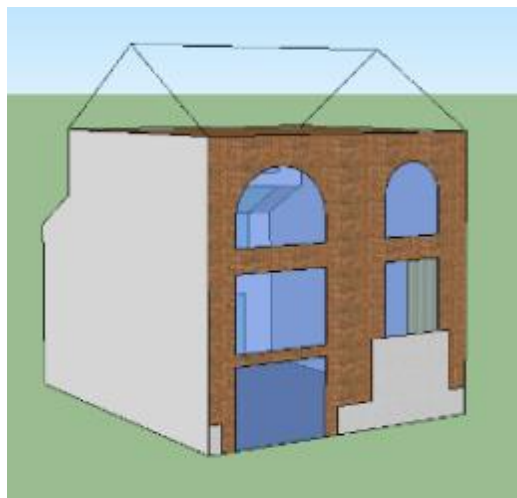
Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	12	Peu-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	11	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	11	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	11	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	8	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	8	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	8	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	10	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	10	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	10	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	9	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	9	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	9	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	7	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5,5	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	7	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5,5	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5,5	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	7	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5,5	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 74 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison 3 façades K70 (12)

#### 4.21. La maison mitoyenne bel-étage K70 BASE

La treizième typologie (13) se développe à proximité des villes, c'est la **maison mitoyenne bel étage**. Cette typologie est très similaire à la typologie (8) mais respecte un K70 car elle a été construite après 1985. Les plans de l'habitation se trouvent à l'Annexe 9.

Les parois délimitant le volume protégé sont : le plancher sur sol qui présente une isolation de 4cm de PUR, les murs creux extérieurs avec 6cm de laine minérale, les fenêtres bois double vitrage et le plancher du grenier isolé par 15cm de laine minérale entre les gîtes. Le grenier est donc un espace adjacent non chauffé tandis que le garage et la buanderie (au niveau de la rue) font partie du volume protégé. Cette typologie possède une chaudière au mazout qui alimentent les radiateurs et qui permet de chauffer l'eau chaude sanitaire. Cette habitation ne possède pas de système de ventilation. La description des parois et des systèmes est reprise à la Figure 75.



(13)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP, avec isolation de 15cm de laine minérale (0,045 W/mK) entre gitage	0,35	66,02
Mur	mur creux extérieur: brique, lame d'air ventilée avec isolation laine minérale de 6cm et bloc porteur béton	0,60	67,37
	Mur mitoyen : bloc béton 9cm – isolation laine minérale 2,5cm – bloc béton 9cm	0,95	147,04
	Mur contre terre : isolation mousse de PUR 4cm, blocs béton lourd 39cm	0,41	7,77
Sol	Plancher lourd sur sol, isolation mousse de PUR 4cm	0,41	81,48
Fenêtre	Double vitrage, châssis bois-SUD	Uw=2,26 Ug=2,00	13,23
	Double vitrage, châssis bois-NORD	g=0,70 Uf= 2,36	34,94
Porte	Porte entrée	4,00	3,60
	Porte garage		5,67
Système de chauffage	Chauffage central au mazout, chaudière sans condensation, rendement = 76%		
Production d'ECS	Combiné au chauffage, avec stockage		
Ventilation	Pas de système de ventilation		

Etanchéité	10 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>		
------------	-------------------------------------	--	--

Figure 75 : Tableau descriptif de la maison mitoyenne bel-étage K70 (13)

La Figure 76 détaille les résultats énergétiques de cette typologie (13) BASE.

(13) Données / résultats	
Ach	229 m <sup>2</sup>
Volume	499 m <sup>3</sup>
Niveau K	70
Niveau Ew	104
Espec	159 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 76 : Tableau des résultats énergétiques de la maison mitoyenne bel-étage K70 (13)

La Figure 77 reprend les combinaisons de rénovation énergétique qui seront appliquées à la maison BASE (13). La rénovation énergétique des murs sera réalisé par une isolation intérieure pour la façade à rue et par l'extérieur pour la façade arrière. L'isolation du plancher se fera par le haut, sur la dalle (car pas de cave, ou de vide ventilé). L'isolation du plancher des combles sera complétée afin d'atteindre les exigences nécessaires.

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	10	Peu-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	9	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	9	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	9	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	7	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	7	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	7	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	8	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	8	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	8	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	8	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	8	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	8	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	6	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	6	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	6	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 77 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison mitoyenne bel-étage K70 (13)

#### 4.22. La villa 4 façades K55 BASE

La typologie (14) reprend les **villas 4 façades** qui dominent le paysage en banlieue. De plus étant donné qu'elle a été construite après 1996, elle respecte le K55 et possède un système de ventilation complet.

Au rez-de-chaussée, on retrouve une cuisine, une salle à manger, un séjour, un bureau et une toilette. A l'étage, il y a 3 chambres et une salle de bain sous les toits. Afin de satisfaire l'exigence K55, les parois de déperditions présentent toute de l'isolant : 6cm de laine minérale dans les murs, 18cm de laine minérale dans la structure de la toiture et 4cm de PUR dans le plancher de sol. L'habitation est chauffée par une chaudière au mazout haut rendement. Un système de ventilation de type A (amenées d'air et extractions d'air naturelles) est installé afin de respecter la norme NBN 50-001 sur la ventilation des habitations résidentielles. La description des parois et des systèmes est reprise à la Figure 78. Les plans de cette habitation se trouvent à l'Annexe 10.



(14)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Plancher du grenier en ossature bois vers le grenier qui ne fait pas partie du VP, avec isolation de 18cm de laine minérale entre gitage	0,29	69,85
	Toiture vers extérieur en ossature bois, avec isolation de 18cm de laine minérale entre gitage	0,33	35,58
Mur	mur creux extérieur: brique, lame d'air ventilée avec isolation laine minérale de 6cm et bloc porteur béton	0,54	120,44
	Mur vers EANC en ossature bois, avec 18cm de laine minérale entre gitage	0,27	38,61
Sol	Plancher lourd sur vide ventilé, avec isolation PUR 4cm	0,49	96,39
Fenêtre	Double vitrage, châssis bois – NORD-EST	Uw=1,98 Ug=1,60 g=0,6 Uf= 2,36	6,88
	Double vitrage, châssis bois – SUD-OUEST		5,60
	Double vitrage, châssis bois – NORD-OUEST		2,72
	Double vitrage, châssis bois – SUD-EST		6,88
	Fenêtre de toit - Double vitrage, châssis bois – SUD-OUEST		1,35
Porte	Porte entrée	4,00	4,30
	Porte buanderie		2,15
Système de chauffage	Chauffage central, chaudière non à condensation au mazout, rendement = 90%		
Production d'ECS	Combiné au chauffage, avec stockage séparé		

Ventilation	Système de ventilation de type A		
Etanchéité	9 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>		

Figure 78 : Tableau descriptif de la maison 4 façades K55 (14)

La Figure 79 détaille les résultats énergétiques de la maison (14) BASE.

(14) Données / résultats	
Ach	174,6 m <sup>2</sup>
Volume	480 m <sup>3</sup>
Niveau K	53
Niveau Ew	98
Espec	183 kWh/m <sup>2</sup> .an

Figure 79 : Tableau des résultats énergétiques de la maison 4 façades K55 (14)

La Figure 80 reprend les mesures/groupes/variantes qui seront étudiées afin de trouver quel est l'optimum économique en terme de rénovation énergétique de la maison (14). Les murs seront isolés par l'extérieur (au-delà de la brique de parement). Le plancher sera isolé par le vide ventilé et la toiture sera isolée dans la structure.

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
<b>base</b>	-	-	-	-	9	Peu-lourd
<b>1</b>	V 2012	-	-	-	9	
<b>2</b>	V 2014	-	-	-	9	
<b>3</b>	V 3	-	-	-	9	
<b>4</b>	F 2012	-	-	-	6	
<b>5</b>	F 2014	-	-	-	6	
<b>6</b>	F 3	-	-	-	6	
<b>7</b>	-	Utoit 2012	-	-	7	
<b>8</b>	-	Utoit 2014	-	-	7	
<b>9</b>	-	Utoit 3	-	-	7	
<b>10</b>	V 2012	Utoit 2012	-	-	7	
<b>11</b>	V 2014	Utoit 2012	-	-	7	
<b>12</b>	V 3	Utoit 2012	-	-	7	
<b>13</b>	F 2012	Utoit 2012	-	-	6	
<b>14</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5	
<b>15</b>	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
<b>16</b>	F 2014	U toit 2014	-	-	6	
<b>17</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5	
<b>18</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5	
<b>19</b>	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
<b>20</b>	F 3	U toit 3	-	-	6	
<b>21</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5	
<b>22</b>	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
<b>23</b>	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 80 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison 4 façades K55 (14)



#### 4.23. La maison mitoyenne K55 BASE

On voit également apparaître la typologie (15) de **quartiers de maisons groupées** (maisons mitoyennes ou 3 façades). Ces quartiers, souvent proches des centres villes, permettent des économies d'échelle lors de la construction mais également en termes de consommation énergétique. Ces quartiers sont souvent bien desservis par les transports en commun et possèdent quelques commodités (magasin, école, crèche...).

La maison a deux façades libres et deux murs mitoyens, qui eux ne sont pas des surfaces de déperdition. Le plancher est une dalle sur sol et la toiture est de type inclinée extérieure à 2 versants. La maison comprend deux niveaux : le rez-de-chaussée avec les pièces de vie et à l'étage (sous les pentes de toit), se trouvent les 2 chambres et une salle de bain. L'habitation est chauffée par une chaudière gaz à condensation qui alimentent des radiateurs. Cette chaudière permet également de produire l'eau chaude sanitaire de manière instantanée. La description des parois et des systèmes est reprise à la Figure 81. Les plans de cette habitation se trouvent à l'Annexe 11.



(15)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture en ossature bois, isolation de 10cm de laine minérale entre gitage	0,45	85,25
Mur	Ossature bois: isolation de 6cm de laine minérale entre le gitage	0,43	20,81
	Mitoyen : maçonnerie briques 10cm – isolation en laine minérale 3cm - maçonnerie briques 10cm	0,94	132,03
Sol	Plancher lourd sur sol en béton armé avec isolation de 2cm de PUR projeté sous chape de finition	0,61	69,62
Fenêtre	Double vitrage, châssis bois - ENE	Uw=2,01 Ug=1,6 g=0,6 Uf=2,36	8,33
	Double vitrage, châssis bois - OSO		9,80
	Fenêtre de toit - Double vitrage, châssis bois - ENE	Uw=2,10 Ug=1,6 g=0,6 Uf=2,36	1,10
	Fenêtre de toit - Double vitrage, châssis bois - OSO		1,10
	Coupole en PVC double vitrage	Uw=2,25 Ug=1,6 g=0,4 Uf=2,8	2,25
Système de	Chauffage central, chaudière à condensation au gaz,		

chauffage	rendement = 107%		
Production d'ECS	Combiné au chauffage, production instantanée		
Ventilation	Système de ventilation de type A		
Etanchéité	7 m³/h.m²		

Figure 81 : Tableau descriptif de la maison mitoyenne K55 (15)

La Figure 82 ci-dessous reprend les résultats énergétiques de la maison (15) dans son état actuel.

(15) Données / résultats	
Ach	110 m²
Volume	412 m³
Niveau K	53
Niveau Ew	117
Espec	185 kWh/m².an

Figure 82 : Tableau des résultats énergétiques de la maison mitoyenne K55 (15)

Groupes de mesures / variantes						
Enveloppe						
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité	Inertie
base	-	-	-	-	7	Léger
1	V 2012	-	-	-	7	
2	V 2014	-	-	-	7	
3	V 3	-	-	-	7	
4	F 2012	-	-	-	5,5	
5	F 2014	-	-	-	5,5	
6	F 3	-	-	-	5,5	
7	-	Utoit 2012	-	-	6	
8	-	Utoit 2014	-	-	6	
9	-	Utoit 3	-	-	6	
10	V 2012	Utoit 2012	-	-	6	
11	V 2014	Utoit 2012	-	-	6	
12	V 3	Utoit 2012	-	-	6	
13	F 2012	Utoit 2012	-	-	5,5	
14	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5	
15	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5	
16	F 2014	U toit 2014	-	-	5,5	
17	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5	
18	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5	
19	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5	
20	F 3	U toit 3	-	-	5,5	
21	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5	
22	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5	
23	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5	

Figure 83 : Tableau des mesures/groupes/variantes de la maison mitoyenne K55 (15)

## 5. Mesures/groupes/variantes étudiées

Pour rappel, étant donné que les exigences actuelles en Wallonie en matière de rénovation portent uniquement sur les U de parois, seules les mesures liées à l'enveloppe sont analysées dans cette étude. Aucune mesure concernant les systèmes installés dans l'habitation n'est étudiée mais pourra faire l'objet d'une étude ultérieure.

L'ensemble des mesures / groupes / variantes étudié pour les bâtiments résidentiels existants est donc construit à partir de modifications des murs, des fenêtres (vitrage seul ou vitrage et châssis), du plancher et de la toiture.

Les différentes options envisagées suivent le canevas suivant, pour une même paroi :

- la première opération effectuée lors de la rénovation est une opération qui permet d'atteindre l'exigence sur les  $U_{max}$  qui était en vigueur entre le 1<sup>er</sup> juin 2012 et le 31 décembre 2013;
- la seconde opération est une opération qui permet d'atteindre l'exigence qui est applicable depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2014 ;
- la troisième opération correspond à un niveau de performance de la paroi qui se situe entre celle qui est exigée depuis janvier 2014 et celle recommandée pour atteindre le standard passif ;
- la quatrième et dernière opération correspond aux recommandations liées au standard passif.

Afin de mieux comprendre ces différentes options envisagées, le tableau de la Figure 84 reprend les caractéristiques thermiques des parois selon l'option de rénovation choisie :

	U2012		U2014		U3		Upassif	
<b>PAROIS OPAQUES</b>								
<b>façades</b>	0,32		0,24		0,2		0,15	
<b>mitoyen</b>	1		1		1		0,8	
<b>sol</b>	0,35		0,3		0,24		0,15	
<b>toiture</b>	0,27		0,24		0,2		0,15	
<b>PAROIS TRANSLUCIDES</b>								
	Uw	Ug	Uw	Ug	Uw	Ug	Uw	Ug
<b>fenêtres</b>	2,2	1,3	1,8	1,1	1,4	0,8	0,8	0,5
<b>(facteur solaire)</b>	g=0,63		g=0,50		g=0,38		g=0,50	
<b>porte</b>	2,2		2		1,5		0,8	

Figure 84 : Caractéristiques thermiques des parois (U en  $W/m^2K$ ) pour les habitations résidentielles existantes

Les 4 premières options envisagées sont identiques à l'étude COZEB1, mais afin de vérifier que l'optimum économique ne correspond pas, éventuellement, à des contraintes moins fortes, nous allons étudier 3 variantes complémentaires. Nous proposons donc d'analyser les variantes suivantes sur 2 ou 3 typologies de maisons unifamiliales (parmi celle que nous avons identifiées):

- exigences sur les  $R_{min}$  ou  $U_{max}$  qui sont en vigueur en 2014 pour obtenir les primes Energie de la Wallonie
- exigences  $U_{max}$  qui étaient en vigueur entre 2008 et le 1<sup>er</sup> mai 2010
- exigences  $U_{max}$  qui étaient en vigueur entre le 1<sup>er</sup> mai 2010 et 2012

## 6. Les immeubles d'appartements étudiés

Plusieurs paramètres entrent en ligne de compte pour le choix des immeubles d'appartements :

Le type de bâtiment ; l'étude de l'UCL montre que les deux catégories les plus représentées regroupent les « appartements dans un immeuble de type « Etrimmo » et les appartements dans un bâtiment divisé en plusieurs unités de logement. Dans [11], il est précisé qu'il s'agit d'un « bâtiment qui a subi, postérieurement à sa construction, des transformations (→ rénovations) visant à loger plusieurs ménages, et qu'on les retrouve sous différentes configurations : maisons unifamiliales divisées en kots, en appartements, en logements collectifs, bâtiment industriel divisé en lofts... Le plus souvent, il s'agit de « maisons urbaines moyennes » ou « maisons de maître ». L'ICEDD, dans le bilan énergétique 2008 de la Wallonie, ajoute à cela les appartements « dans les commerces et autres bâtiments » (soit les appartements situés dans les étages de bâtiments dont le rez-de-chaussée est à destination commerciale. Ceux-ci représentent 20,5% des appartements, contre 17% dans des maisons de 2, 3 ou 4 façades, et 62,5% dans des immeubles. Si on regroupe les 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> catégories, on obtient 37.5% d'appartements situés dans des maisons ou immeubles de commerces.

Selon [10], la répartition des logements occupés par type de logements est la suivante :

		Maisons 2 façades	Maisons 3 façades	Maisons 4 façades	Appartem. dans maisons (2F+3F+4F)	Immeubles à appartem.	Appartem. dans commerces et autres bâtiments	Total
en milliers de logements	1995	390	322	385	32	126	71	1 325
	2001	391	328	422	39	147	58	1 384
	2005	396	334	445	43	161	61	1 440
	2008	398	339	460	48	176	58	1 478
en % du total de logements occupés	1995	29%	24%	29%	2%	9%	5%	100%
	2001	28%	24%	30%	3%	11%	4%	100%
	2005	27%	23%	31%	3%	11%	4%	100%
	2008	27%	23%	31%	3%	12%	4%	100%

Tableau 5 - Répartition du parc de logements occupés par type de logements

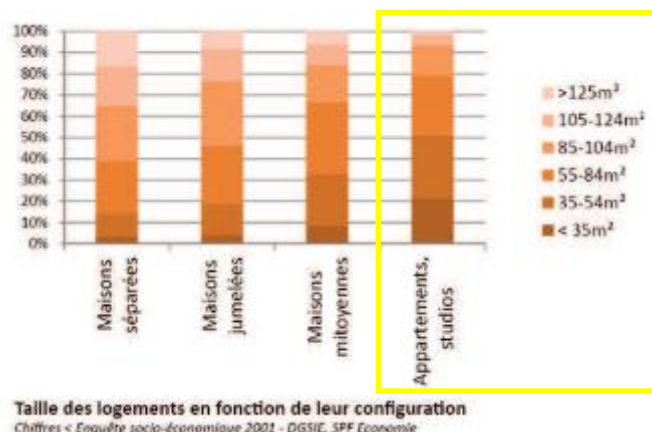
Ces chiffres tiennent compte de l'hypothèse suivante : « Par différence entre le nombre de logements existants recensés par le cadastre et le nombre estimé de logements occupés, on déduit le nombre de logements inoccupés (76.000 en 2008). On suppose ces logements inoccupés répartis pour moitié dans des maisons de commerce et pour moitié dans les autres types de bâtiments. De plus, le nombre de logements situés dans des maisons dépassant le nombre de maisons, l'on assimile les logements surnuméraires à des appartements. »

La date de construction, qui a été pointée plus haut comme étant cruciale pour la détermination des performances ; ci-dessous, un tableau dont les données, répartissant les types de bâtiment selon l'époque de construction, sont issues de l'Enquête sur la qualité de l'habitat en Région wallonne (2006 – 2007) :

Type de bâtiment	Epoque de construction					Total
	Avant 1919	1919 - 1945	1946 - 1970	1971 - 1990	Après 1990	
Maison unifamiliale	27.6%	19.8%	22.6%	19.2%	10.8%	100%
Immeuble d'appartement	12.3%	10.8%	35.2%	18.9%	22.7%	100%
Bâtiment divisé en plusieurs unités de logement	31.3%	24.7%	24.3%	11.3%	8.4%	100%
Autres	29.3%	28.5%	22.5%	19.6%	0%	100%

Il y aura donc lieu de respecter cette répartition dans l'âge des immeubles choisis. Les statistiques reprises sous la dénomination « autres » sont strictement indicatifs (car ne regroupent que 18 bâtiments sur les 6000 questionnés).

Il y a peu d'informations disponibles sur la taille des immeubles de logement, et le nombre de logement par immeubles. Selon [11], 79,5% des bâtiments résidentiels de 2006 sont unifamiliaux (« maisons »), 11,8% abritent entre 2 et 4 logements et 8,7% en abritent plus de 5. La taille des appartements est elle aussi relativement significative dans la répartition des logements. Ainsi, selon l'enquête socio-économique de 2001 :



En terme de performances énergétiques, il y a plusieurs particularités des appartements qu'il est nécessaire de pointer :

- Le système de copropriété qui régit la gestion de la plupart des immeubles d'appartement rend difficile la mise en œuvre d'une rénovation générale du bâtiment. Dans la plupart des cas, les travaux de rénovation (énergétique, comme le changement des châssis) sont entrepris séparément par chaque propriétaire.
- La plupart des appartements sont occupés par des locataires (privés ou publics) plutôt qu'occupés par leur propriétaire. Bien que cela n'affecte pas la géométrie ou la typologie du logement, cela aura une conséquence certaine sur la composition des parois. Les logements loués sont reconnus pour leur plus mauvaise performance énergétique (moins isolés au niveau de la toiture, des murs ou du vitrage, ils connaissent aussi plus de problèmes de mauvaise qualité) et le manque d'investissement consenti pour leur amélioration globale (voir point 3.4 ci-dessus).
- Même si tous les appartements d'un même immeuble possédaient les mêmes caractéristiques d'enveloppe et de système, ils n'auraient pas tous la même performance : ainsi, un logement d'angle, sous toiture, dans un grand immeuble, possède une surface de déperdition bien plus importante qu'un logement « noyé » au milieu du même bâtiment, dont la plupart de ses parois sont mitoyennes.

En conséquence, voici le choix qui sera fait pour les immeubles d'appartements :

	Immeuble à appartements	Dans une maison ou sur un
--	-------------------------	---------------------------

		commerce
< 1919	7,7% [1]	11,7% [2] [3]
De 1919 à 1945	6,8%	9,3% [4]
De 1946 à 1970	22,0% [5] [6]	9,1% [7]
De 1971 à 1990	11,8% [8]	4,2%
Après 1990	14,2% [9] [10]	3,2%
TOTAL	62,5%	37,5%

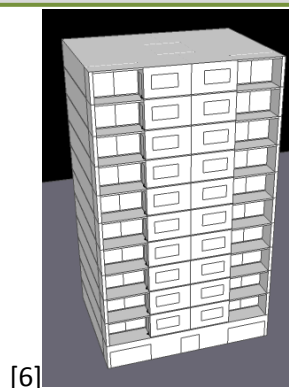
Toutes les typologies ne sont pas représentées ; le tableau ci-dessus montre que les bâtiments récents divisés en plusieurs unités de logement sont plus rares, alors que les immeubles de l'après-guerre sont plus représentés. Il a dès lors semblé logique de suivre cette conclusion.

5 des bâtiments présentés (n° 2, 3, 4, 7, 9) abritent 3 - 5 logements ; les n° 1, 6 et 10 en abritent une dizaine, les autres en abritent bien plus ; cela respecte la répartition mentionnée dans [11].

Bien que les bâtiments 9 et 10 se ressemblent, le n°9 date du début des années 90 (soumis à la première réglementation thermique – K70), alors que le n°10 date de la fin de la même décennie (lorsque la réglementation a été renforcée – K55).







Certains des bâtiments illustrés ci-dessus ont été utilisés dans la première étude COZEB :

- L'immeuble à appartements n°4 (la maison de maître d'avant-guerre divisée en plusieurs appartements).
- L'immeuble à appartement des années 60-70 (de type « Etrimmo » : l'exemple n°6), tiré de l'étude Epicool.

## 7. Description des immeubles d'appartements étudiées

### 7.1. Immeuble à appartements d'avant 1919 – A1

Cet immeuble de 10 appartements est constitué de 5 niveaux. Chaque étage comprends deux logements, le rez-de-chaussée abrite en plus un garage ainsi que la chaufferie.

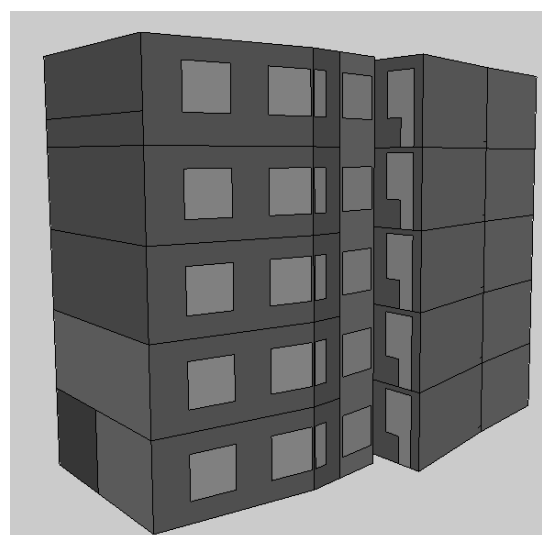


Le bâtiment est accolé du côté gauche à un bâtiment de même typologie.

La façade arrière est donc partiellement mitoyenne et partiellement ouverte vers l'intérieur d'îlot.



Façade à rue



Façade arrière

(A1)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture plate en structure massive (béton)	3	203,94
Mur	Murs pleins en briques, épaisseur 30 cm	2,15	560,86



	Murs pleins en briques, épaisseur 30 cm avec revêtement en pierre bleue (rez-de-chaussée)	1,42	87,50
	Murs pleins en briques, épaisseur 20 cm, en contact avec un EANC	1,5	66,69
Sol	Dalle sur cave en structure massive (béton)	0,51	173,86
	Plancher en structure massive (béton) sur EANC	1,02	27,31
Fenêtre	Double vitrage, châssis bois - façade avant (NE)	Uw=3,85	84,10
	- façade latérale (SE)	Ug=4,00	31,50
	- façade latérale (NO)	g=0,70	21,00
	- façade arrière (SO)	Uf=2,36	59,50
	- bow-window (N + E)		20,90
Système de chauffage	Chauffage central au mazout, chaudière non à condensation, rendement = 73%, système partagé		
Production d'ECS	Production d'eau chaude sanitaire par la chaudière au mazout avec stockage, boucle de circulation non isolée		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	15 m³/h.m²		

Figure 85 : Tableau descriptif de l'immeuble à appartements A1

Les résultats énergétiques correspondant à l'immeuble à appartements dans son état actuel sont repris dans le tableau ci-dessous :

(1) Données / résultats	
Ach	911,8 m²
Volume	2.766,28
Niveau K	168
Niveau Ew	242 - 493
Espec	391 – 898

Figure 86 : Tableau des résultats énergétiques de l'immeuble à appartements A1

Pour l'isolation des murs extérieurs, nous envisageons une isolation des façades à rue par l'intérieur. Etant donné que le bâtiment est semblable au bâtiment voisin, mais qu'ils appartiennent à des copropriétés différentes, la rénovation portera seulement sur cet immeuble et il y aura un problème d'alignement des façades. En plus, une isolation par l'extérieur entraînerait un débordement de la façade au niveau du trottoir, ce qui ne sera probablement pas autorisé d'un point de vue urbanistique.

Il s'agit donc d'une isolation en laine minérale placée dans une ossature en bois et recouverte d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre.

L'isolation du plancher sur cave se fera par le bas, dans la cave. Il s'agit d'un isolant en polystyrène (EPS), placé par collage au plafond de la cave.

Pour la toiture plate, on envisage une nouvelle isolation par l'extérieur. Il s'agit d'un isolant en polyuréthane (PUR) placé sur la membrane d'étanchéité existante de la toiture plate et ensuite recouvert par une nouvelle membrane d'étanchéité.

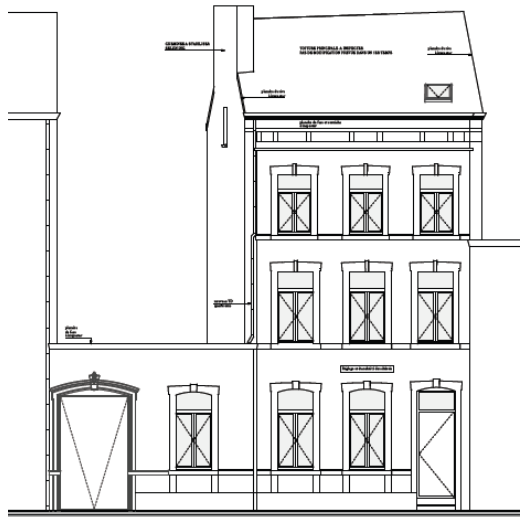
Le tableau ci-dessous reprend les mesures/groupes/variantes de rénovation énergétique qui vont être étudiés.

Groupes de mesures / variantes					
Enveloppe					
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité (v50)
base	-	-	-	-	15,0
1	V 2012	-	-	-	15,0
2	V 2014	-	-	-	15,0
3	V 3	-	-	-	15,0
4	F 2012	-	-	-	10,0
5	F 2014	-	-	-	10,0
6	F 3	-	-	-	10,0
7	-	Utoit 2012	-	-	12,0
8	-	Utoit 2014	-	-	12,0
9	-	Utoit 3	-	-	12,0
10	V 2012	Utoit 2012	-	-	8,0
11	V 2014	Utoit 2012	-	-	8,0
12	V 3	Utoit 2012	-	-	8,0
13	F 2012	Utoit 2012	-	-	8,0
14	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5,0
15	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5
16	F 2014	U toit 2014	-	-	8,0
17	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5,0
18	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5,0
19	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5
20	F 3	U toit 3	-	-	8,0
21	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5,0
22	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5
23	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5

Figure 87 : Tableau des mesures/groupes/variantes de l'immeuble à appartements A1

### 7.2. Maison divisée en appartements d'avant 1919 – A2

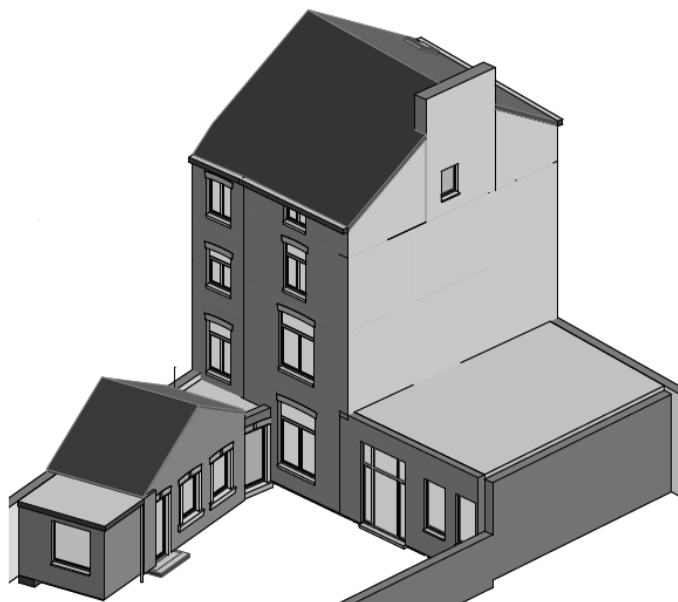
L'immeuble d'appartements, de type «bâtiment divisé en plusieurs unités de logement», comporte 4 niveaux dont le dernier est mansardé.



L'immeuble d'appartements est composé de trois volumes adjacents : un bâtiment principal, une annexe latérale comprenant entre-autre un EANC et une annexe située à l'arrière.

Le bâtiment principal est mitoyen d'un côté. Les annexes comportent un seul niveau chauffé.

L'illustration 3 D ci-dessous illustre la volumétrie de l'immeuble d'appartements.



On retrouve un appartement au rez-de-chaussée, un appartement au 1<sup>er</sup> étage et un duplex au 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> étage.

Les plans de l'immeuble à appartements se trouvent à l'Annexe 13.

(A1)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture inclinée, structure bois, non isolée	2,24	117,40
	Toiture plate, structure bois, non isolée	1,78	64,60
Mur	Murs pleins en briques, épaisseur 36 cm	2,15	391,04
	Murs pleins en briques, épaisseur 9 cm, en contact avec un EANC	1,96	26,60
Sol	Dalle sur cave en structure massive (béton)	0,81	70,30
	Dalle sur sol en structure massive (béton)	0,7	92,00
Fenêtre	Double vitrage, châssis bois - façade avant (SSE)	Uw=3,85	25,11
	- façade arrière (NO)	Ug=4,00	25,78
	- façade latérale (SO)	g=0,70	0,92
	- façade annexes (N)	Uf=2,36	2,48
	- façade annexes (o)		7,57
	- Velux (SSE)	Aw=4,36	0,49
Système de chauffage	Chauffage central au GAZ chaudière à condensation, rendement = 102%, chaudières individuelles par appartement		
Production d'ECS	Production d'eau chaude sanitaire instantanée par la chaudière gaz à condensation individuelle		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	15 m³/h.m²		

Figure 88 : Tableau descriptif de l'immeuble à appartements A2

Les résultats énergétiques correspondant à l'immeuble à appartements dans son état actuel sont repris dans le tableau ci-dessous :

(1) Données / résultats	
Ach	345,1
Volume	1.373,00
Niveau K	162
Niveau Ew	283-325
Espec	423-561

Figure 89 : Tableau des résultats énergétiques de l'immeuble à appartements A2

La rénovation énergétique des murs sera réalisé par une isolation intérieure pour la façade à rue, car une isolation par l'extérieur entrainerait un débordement de la façade au niveau du trottoir, ce qui ne sera probablement pas autorisé d'un point de vue urbanistique.

Il s'agit d'une isolation en laine minérale placée dans une ossature en bois et recouverte d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre.

L'isolation des murs se fera par contre par l'extérieur pour les façades arrières et latérales.

Il s'agit d'une isolation en polystyrène (EPS), collée sur les murs existants et recouverte par un crépi.

Le sol sera totalement isolé sur la dalle par l'intérieur (la partie sur cave et la partie sur sol, afin

d'éviter les différences de niveau). Le revêtement de sol et la chape existants seront donc démontés et remplacés par un isolant en polyuréthane (PUR), une nouvelle chape et un nouveau revêtement de sol.

Pour la toiture, on envisage une isolation dans la structure bois (entre chevrons ou entre pannes). Il s'agit d'une isolation en laine minérale placée dans l'épaisseur de la structure porteuse en bois. Quand l'épaisseur de la structure n'est pas suffisamment épaisse, le placement d'une structure en bois supplémentaire est prévu afin de permettre le placement des épaisseurs d'isolant élevées. Du côté intérieur, on prévoit le placement d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre. Du côté extérieur, on suppose qu'une membrane de sous-toiture est pré-existante.

Le tableau ci-dessous reprend les mesures/groupes/variantes de rénovation énergétique qui vont être étudiés.

Groupes de mesures / variantes					
Enveloppe					
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité (v50)
base	-	-	-	-	15,0
1	V 2012	-	-	-	15,0
2	V 2014	-	-	-	15,0
3	V 3	-	-	-	15,0
4	F 2012	-	-	-	10,0
5	F 2014	-	-	-	10,0
6	F 3	-	-	-	10,0
7	-	Utoit 2012	-	-	12,0
8	-	Utoit 2014	-	-	12,0
9	-	Utoit 3	-	-	12,0
10	V 2012	Utoit 2012	-	-	8,0
11	V 2014	Utoit 2012	-	-	8,0
12	V 3	Utoit 2012	-	-	8,0
13	F 2012	Utoit 2012	-	-	8,0
14	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5,0
15	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5
16	F 2014	U toit 2014	-	-	8,0
17	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5,0
18	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5,0
19	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5
20	F 3	U toit 3	-	-	8,0
21	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5,0
22	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5
23	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5

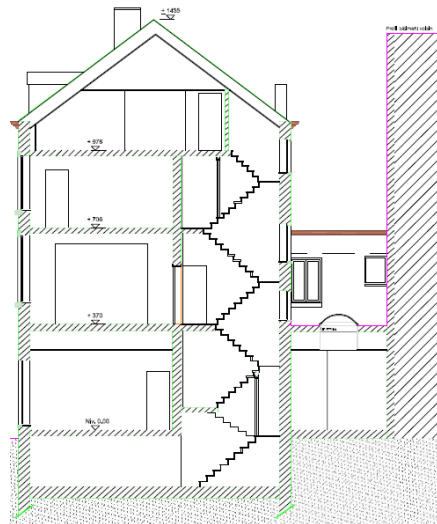
Figure 90 : Tableau des mesures/groupes/variantes de l'immeuble à appartements A2

### 7.3. Maison divisée en appartements + service au rez-de-chaussée d'avant 1919 - A3

Cette ancienne maison d'habitation se situe à un angle de rue et comporte 4 niveaux chauffés.

Au rez-de-chaussée se situe un service.

Les trois étages supérieurs sont respectivement occupés par un appartement, dont le dernier est mansardé.



Deux façades du bâtiment donnent à rue. La façade de gauche est mitoyenne à un bâtiment avoisinant. Du côté droit se situe une annexe du bâtiment principal qui comble l'espace vers le bâtiment voisin au rez-de-chaussée et partiellement au 1<sup>er</sup> étage.

Les plans de l'immeuble à appartements se trouvent à l'Annexe 14.

(A3)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture inclinée, structure bois, non isolée	1,7	122,33
	Toiture plate, structure bois, non isolée	1,54	40,07
Mur	Murs pleins en briques, épaisseur 39 cm	2,3	286,13
	Murs pleins en briques, épaisseur 19cm, annexe	3,23	36,23
Sol	Dalle sur cave en structure massive (béton)	1,39	91,51
	Dalle sur sol en structure massive (béton)	0,72	42,89
Fenêtre	Simple vitrage, châssis bois - fenêtres N	Uw=5,07	27,98
	- fenêtres O	Ug=5,75	25,41
	- fenêtres NO	g=0,85	9,37
	- fenêtres S	Uf=2,36	5,44
	- Velux S	Uw=5,98	2,14
	- coupole toit plat	Uw=3,32	1,38
Système de chauffage	Chauffage central au gaz chaudière non à condensation, rendement = 75%, système individuel par unité		

<b>Production d'ECS</b>	Production d'eau chaude sanitaire instantanée par la chaudière gaz individuelle		
<b>Ventilation</b>	Pas de système de ventilation		
<b>Etanchéité</b>	15 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>		

Figure 91 : Tableau descriptif de l'immeuble à appartements A3

Les résultats énergétiques correspondant à l'immeuble à appartements dans son état actuel sont repris dans le tableau ci-dessous :

(1) Données / résultats	
<b>Ach</b>	232 (hors service au rdc)
<b>Volume</b>	1.445,84
<b>Niveau K</b>	167
<b>Niveau Ew</b>	343-418
<b>Espec</b>	566-849

Figure 92 : Tableau des résultats énergétiques de l'immeuble à appartements A3

La rénovation énergétique des murs sera réalisé par une isolation intérieure pour la façade à rue, car une isolation par l'extérieur entraînerait un débordement de la façade au niveau du trottoir, ce qui ne sera probablement pas autorisé d'un point de vue urbanistique.

Il s'agit d'une isolation en laine minérale placée dans une ossature en bois et recouverte d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre.

L'isolation des murs se fera par contre par l'extérieur pour les façades à l'intérieur d'îlot. Il s'agit d'une isolation en polystyrène (EPS), collée sur les murs existants et recouverte par un crépi.

Le sol sera totalement isolé sur la dalle par l'intérieur (la partie sur cave et la partie sur sol, afin d'éviter les différences de niveau). Le revêtement de sol et la chape existants seront donc démontés et remplacés par un isolant en polyuréthane (PUR), une nouvelle chape et un nouveau revêtement de sol.

Pour la toiture, on envisage une isolation dans la structure bois (entre chevrons ou entre pannes).

Il s'agit d'une isolation en laine minérale placée dans l'épaisseur de la structure portante en bois. Quand l'épaisseur de la structure n'est pas suffisamment épaisse, le placement d'une structure en bois supplémentaire est prévu afin de permettre le placement des épaisseurs d'isolant élevées. Du côté intérieur, on prévoit le placement d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre. Du côté extérieur, on suppose qu'une membrane de sous-toiture est pré-existante.

Le tableau ci-dessous reprend les mesures/groupes/variantes de rénovation énergétique qui vont être étudiés.

Groupes de mesures / variantes					
Enveloppe					
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité (v50)
base	-	-	-	-	15,0
1	V 2012	-	-	-	15,0

2	V 2014	-	-	-	15,0
3	V 3	-	-	-	15,0
4	F 2012	-	-	-	10,0
5	F 2014	-	-	-	10,0
6	F 3	-	-	-	10,0
7	-	Utoit 2012	-	-	12,0
8	-	Utoit 2014	-	-	12,0
9	-	Utoit 3	-	-	12,0
10	V 2012	Utoit 2012	-	-	12,0
11	V 2014	Utoit 2012	-	-	12,0
12	V 3	Utoit 2012	-	-	12,0
13	F 2012	Utoit 2012	-	-	8,0
14	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5,0
15	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5
16	F 2014	U toit 2014	-	-	8,0
17	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5,0
18	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5,0
19	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5
20	F 3	U toit 3	-	-	8,0
21	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5,0
22	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5
23	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5

Figure 93 : Tableau des mesures/groupes/variantes de l'immeuble à appartements A3

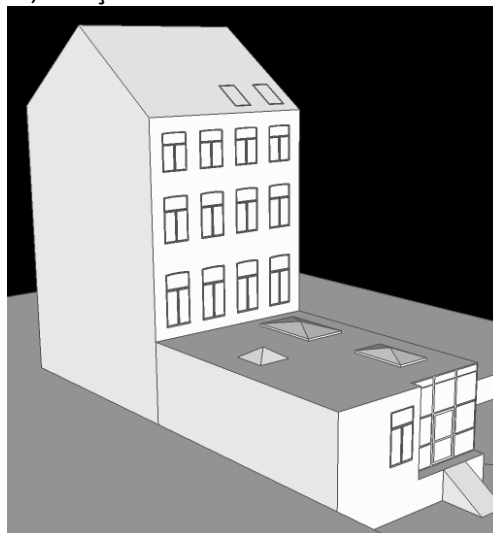


#### 7.4. Maison divisée en appartements de 1919-1945 - A4

L'immeuble d'appartements, de type «bâtiment divisé en plusieurs unités de logement», comporte cinq niveaux dont le dernier est mansardé. Les appartements sont répartis un par niveau.

Seules les façades avant et arrière, orientées respectivement SO et NE sont en contact avec l'environnement extérieur ; les autres parois sont mitoyennes.

Les images ci-dessous illustrent la géométrie de l'immeuble d'appartements. La photo de gauche représente la façade avant et la vue 3D de droite, la façade arrière.



L'immeuble d'appartements est composé de deux volumes adjacents : un bâtiment principal et une annexe située à l'arrière. Cette dernière comporte un seul niveau chauffé.

Chaque appartement est divisé en deux zones : une zone jour comprenant le hall, le séjour et la cuisine et une zone nuit comprenant une chambre (côté façade avant) et une salle-de-bain. L'agencement des pièces est sensiblement identique pour chaque appartement à l'exception du rez-de-chaussée. Sa superficie est supérieure par rapport à celle des autres. La zone nuit (deux chambres) est placée côté façade arrière.

Le bâtiment principal contient des caves et des combles. Ce sont des espaces adjacents non chauffés (EANC). Le plancher de l'annexe est une dalle sur terre-plein.

Les plans de l'immeuble à appartements se trouvent à l'Annexe 15.

Les surfaces de déperditions du bâtiment sont la façade avant orientée sud, la façade arrière orientée nord, le plancher sur caves et la toiture. Les informations générales et la composition des parois sont reprises dans le tableau ci-dessous.

(A4)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture inclinée principale, structure bois, non isolée	1,61	82,90
	Toiture plate annexe structure bois, 12 cm de LM	0,48	89,15
Mur	Murs pleins en briques, épaisseur 30 cm	2,31	119,58
	Murs creux de l'annexe : blocs béton de 14 cm - 4cm de laine minérale - vide - brique de parement	0,89	21,56

Sol	Dalle sur cave en structure massive (briques+chape)	1	90,30
	Dalle sur sol en structure massive (béton), 4 cm d'EPS	0,43	104,40
Fenêtre	Simple vitrage, châssis bois - façade avant (SO)	Uw=5,05	45,64
	- façade arrière (NE)	Ug=5,50 g=0,85 Uf=2,36	52,66
	- toiture (SO + NE)	Uw=5,95	27,27
Système de chauffage	Chauffage central au gaz, chaudière non à condensation, rendement = 82%, système partagé		
Production d'ECS	Production d'eau chaude sanitaire instantanée par la chaudière au gaz, sans stockage		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	15 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>		

Figure 94 : Tableau descriptif de l'immeuble à appartements A4

Les résultats énergétiques correspondant à l'immeuble à appartements dans son état actuel sont repris dans le tableau ci-dessous :

(1) Données / résultats	
Ach	420
Volume	1.714,14
Niveau K	129
Niveau Ew	256-328
Espec	294-711

Figure 95 : Tableau des résultats énergétiques de l'immeuble à appartements AA

La rénovation énergétique des murs sera réalisé par une isolation intérieure pour la façade à rue, car une isolation par l'extérieur entrainerait un débordement de la façade au niveau du trottoir, ce qui ne sera probablement pas autorisé d'un point de vue urbanistique. Il s'agit d'une isolation en laine minérale placée dans une ossature en bois et recouverte d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre.

L'isolation des murs se fera par contre par l'extérieur pour les façades à l'arrière. Il s'agit d'une isolation en polystyrène (EPS), collée sur les murs existants et recouverte par un crépi.

L'isolation par la coulisse de la façade de l'annexe n'est pas envisagée car la coulisse ventilée ne présente pas une épaisseur suffisante afin de respecter le  $U_{\max}$  actuel de la paroi.

Le sol sera totalement isolé sur la dalle par l'intérieur (la partie sur cave sous le bâtiment principal et la partie sur sol sous l'annexe, afin d'éviter les différences de niveau). Le revêtement de sol et la chape existants seront donc démontés et remplacés par un isolant en polyuréthane (PUR), une nouvelle chape et un nouveau revêtement de sol.

Pour la toiture à double pente ainsi que la toiture plate de l'annexe, on envisage une isolation dans la structure bois (entre chevrons ou entre pannes). Il s'agit d'une isolation en laine minérale placée dans l'épaisseur de la structure portante en bois. Quand l'épaisseur de la structure n'est pas suffisamment épaisse, le placement d'une structure en bois supplémentaire est prévu afin de permettre le placement des épaisseurs d'isolant élevées. Dans la toiture plate de l'annexe se

trouvent déjà 12 cm de laine minérale qui seront conservées. Du côté intérieur, on prévoit le placement d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre. Du côté extérieur, on suppose qu'une membrane de sous-toiture est pré-existante.

Le tableau ci-dessous reprend les mesures/groupes/variantes de rénovation énergétique qui vont être étudiés.

Groupes de mesures / variantes					
Enveloppe					
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité (v50)
base	-	-	-	-	15,0
1	V 2012	-	-	-	15,0
2	V 2014	-	-	-	15,0
3	V 3	-	-	-	15,0
4	F 2012	-	-	-	10,0
5	F 2014	-	-	-	10,0
6	F 3	-	-	-	10,0
7	-	Utoit 2012	-	-	12,0
8	-	Utoit 2014	-	-	12,0
9	-	Utoit 3	-	-	12,0
10	V 2012	Utoit 2012	-	-	12,0
11	V 2014	Utoit 2012	-	-	12,0
12	V 3	Utoit 2012	-	-	12,0
13	F 2012	Utoit 2012	-	-	8,0
14	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5,0
15	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5
16	F 2014	U toit 2014	-	-	8,0
17	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5,0
18	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5,0
19	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5
20	F 3	U toit 3	-	-	8,0
21	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5,0
22	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5
23	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5

Figure 96 : Tableau des mesures/groupes/variantes de l'immeuble à appartements AA

**7.5. Immeuble à appartements de 1946-1970 - A5**

Cet immeuble de 16 appartements est constitué de 9 niveaux.

Le rez-de-chaussée comprend un commerce, le hall d'entrée de l'espace commun ainsi qu'un accès extérieur vers le garage situé à l'arrière du bâtiment.

Les étages supérieurs comprennent respectivement deux logements.



La façade à rue est composée d'une structure en béton avec un remplissage par du vitrage et des parois légères en ossature bois avec bardage métallique.

La façade arrière ainsi que les façades latérales sont composées d'un mur en briques plein.

Les façades latérales de l'immeuble sont partiellement mitoyennes, les bâtiments voisins étant moins élevés.

(A5)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
<b>Toit</b>	Toiture plate en structure massive (béton)	2,83	172,70
<b>Mur</b>	Murs pleins en briques, épaisseur 30 cm	3,05	543,68
	Mur extérieur en ossature bois (épaisseur 10 cm) avec bardage métallique	2,16	50,56
	Murs pleins en béton, épaisseur 30 cm	3,07	73,60
<b>Sol</b>	Plancher en structure massive (béton) sur extérieur	1,54	42,17
	Plancher en structure massive (béton) sur EANC	1,28	62,00
<b>Fenêtre</b>	Double vitrage, châssis alu - façade avant (NNO)	Uw=3,69	142,88
	- façade arrière (SSE)	Ug=3	91,04
	- façade latérale (ENE)	g=0,7	10,64
	- façade latérale (SOS)		10,64
	Briques de verre	3,8	13,80
<b>Système de chauffage</b>	Chauffage central au mazout, chaudière non à condensation, rendement = 82%, système partagé		

<b>Production d'ECS</b>	Production d'eau chaude sanitaire par un chauffe-eau électrique individuel avec stockage		
<b>Ventilation</b>	Pas de système de ventilation		
<b>Etanchéité</b>	15 m³/h.m²		

Figure 97 : Tableau descriptif de l'immeuble à appartements A5

Les résultats énergétiques correspondant à l'immeuble à appartements dans son état actuel sont repris dans le tableau ci-dessous :

(1) Données / résultats	
<b>Ach</b>	1381,6
<b>Volume</b>	4.510,70
<b>Niveau K</b>	160
<b>Niveau Ew</b>	232-417
<b>Espec</b>	263-774

Figure 98 : Tableau des résultats énergétiques de l'immeuble à appartements A5

La rénovation énergétique des murs sera réalisée par une isolation par l'extérieur pour la façade en briques et béton. Il s'agit d'une isolation en polystyrène (EPS), collée sur les murs existants et recouverte par un crépi.

En ce qui concerne les murs en ossature bois, ils seront remplacés par une nouvelle ossature en bois, avec une isolation en laine minérale, recouverte d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre du côté intérieur et d'un bardage métallique du côté extérieur.

Le sol sera totalement isolé sous la dalle par l'extérieur (isolant en polyuréthane (PUR) placé côté extérieur/EANC).

Pour la toiture plate, on envisage une isolation par l'extérieur (toiture chaude).

Il s'agit d'un isolant en polyuréthane (PUR) placé sur la membrane d'étanchéité existante de la toiture plate et ensuite recouvert par une nouvelle membrane d'étanchéité.

Le tableau ci-dessous reprend les mesures/groupes/variantes de rénovation énergétique qui vont être étudiés.

Groupes de mesures / variantes					
Enveloppe					
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité (v50)
base	-	-	-	-	15,0
1	V 2012	-	-	-	15,0
2	V 2014	-	-	-	15,0
3	V 3	-	-	-	15,0
4	F 2012	-	-	-	10,0

5	F 2014	-	-	-	10,0
6	F 3	-	-	-	10,0
7	-	Utoit 2012	-	-	12,0
8	-	Utoit 2014	-	-	12,0
9	-	Utoit 3	-	-	12,0
10	V 2012	Utoit 2012	-	-	12,0
11	V 2014	Utoit 2012	-	-	12,0
12	V 3	Utoit 2012	-	-	12,0
13	F 2012	Utoit 2012	-	-	8,0
14	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5,0
15	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5
16	F 2014	U toit 2014	-	-	8,0
17	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5,0
18	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5,0
19	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5
20	F 3	U toit 3	-	-	8,0
21	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5,0
22	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5
23	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5

Figure 99 : Tableau des mesures/groupes/variantes de l'immeuble à appartements A5

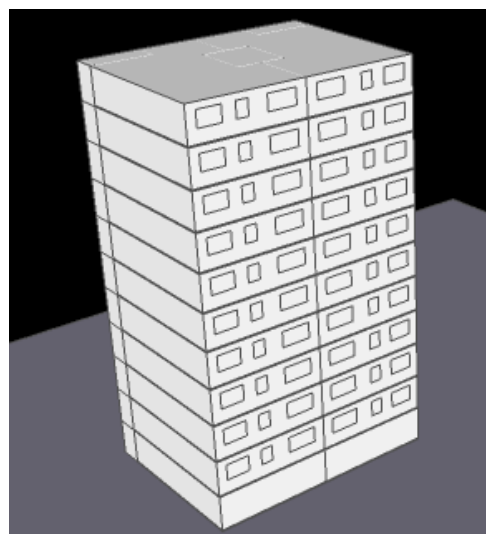
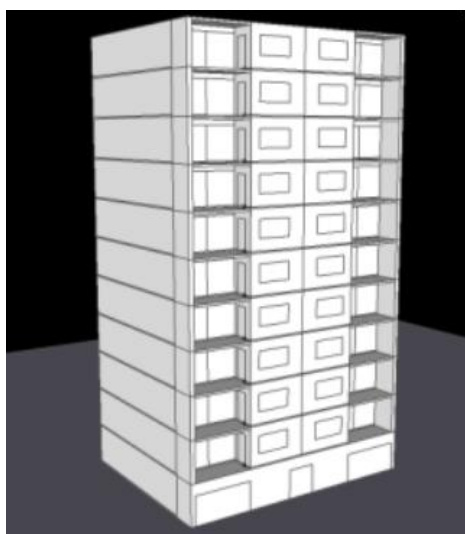
### 7.6. Immeuble à appartements de 1946-1970 - A6

L'immeuble d'appartements est tiré de l'étude Epicool. Il est constitué de 11 niveaux ; le rez-de-chaussée abrite les garages et les étages abritent les logements.

Chaque étage comprend 2 logements de 2 chambres. Le bâtiment est divisé en deux zones :

- une zone jour (côté façade avant) comprenant le hall, le séjour et la cuisine ;
- une zone nuit (côté façade arrière) comprenant les deux chambres et la salle de bains.

Les surfaces de déperdition sont la façade avant orientée sud, la façade arrière orientée nord, le plancher (sur garage et sur sol) et la toiture plate.



Les plans de l'immeuble à appartements se trouvent à l'Annexe 16.

(A6)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture plate en structure massive (béton)	1,03	182,00
Mur	Murs creux: blocs béton de 19 cm - vide - brique de parement	2,07	873,69
	Mur intérieurs en blocs de béton de 14 cm - contre EANC	0,46	54,38
Sol	Plancher en structure massive (béton) sur EANC	0,23	170,24
	Plancher en structure massive (béton) sur sol	0,56	15,83
Fenêtre	Simple vitrage, châssis PVC - façade avant (S)	Uw=5,14	271,92
	- façade arrière (N)	Ug=5,5 g=0,85 Uf=2,8	129,36
Système de chauffage	Chauffage central au gaz chaudière non à condensation, rendement = 82%, système partagé		
Production d'ECS	Production d'eau chaude sanitaire instantanée par un chauffe-eau au gaz individuel		
Ventilation	Pas de système de ventilation		

<b>Etanchéité</b>	15 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>
-------------------	-------------------------------------

Figure 100 : Tableau descriptif de l'immeuble à appartements A6

Les résultats énergétiques correspondant à l'immeuble à appartements dans son état actuel sont repris dans le tableau ci-dessous :

(1) Données / résultats	
<b>Ach</b>	2182,18
<b>Volume</b>	5.649,06
<b>Niveau K</b>	142
<b>Niveau Ew</b>	198-253
<b>Espec</b>	299-452

Figure 101 : Tableau des résultats énergétiques de l'immeuble à appartements A6

L'isolation des parois opaques sera réalisée par l'extérieur aussi bien pour la façade arrière que pour celle à rue. Il s'agit d'une isolation en polystyrène (EPS), collée sur les murs existants et recouverte par un crépi.

L'option d'isoler les murs par la coulisse ventilée est écartée car cette dernière ne présente pas une épaisseur suffisante afin de respecter le  $U_{\max}$  actuel de la paroi.

En ce qui concerne le plancher, une grande partie de l'isolation est envisagée par les garages, (isolant en polyuréthane (PUR) placé côté garages).

Le plancher des espaces communs sera isolé sur la dalle par l'intérieur. Le revêtement de sol et la chape existants seront donc démontés et remplacés par un isolant en polyuréthane (PUR), une nouvelle chape et un nouveau revêtement de sol.

Pour la toiture plate, on envisage une isolation par l'extérieur (toiture chaude). Il s'agit d'un isolant en polyuréthane (PUR) placé sur la membrane d'étanchéité existante de la toiture plate et ensuite recouvert par une nouvelle membrane d'étanchéité.

Le tableau ci-dessous reprend les mesures/groupes/variantes de rénovation énergétique qui vont être étudiés.

Groupes de mesures / variantes					
Enveloppe					
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité (v50)
base	-	-	-	-	15,0
1	V 2012	-	-	-	15,0
2	V 2014	-	-	-	15,0
3	V 3	-	-	-	15,0
4	F 2012	-	-	-	10,0
5	F 2014	-	-	-	10,0
6	F 3	-	-	-	10,0
7	-	Utoit 2012	-	-	12,0
8	-	Utoit 2014	-	-	12,0
9	-	Utoit 3	-	-	12,0



10	V 2012	Utoit 2012	-	-	12,0
11	V 2014	Utoit 2012	-	-	12,0
12	V 3	Utoit 2012	-	-	12,0
13	F 2012	Utoit 2012	-	-	8,0
14	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5,0
15	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5
16	F 2014	U toit 2014	-	-	8,0
17	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5,0
18	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5,0
19	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5
20	F 3	U toit 3	-	-	8,0
21	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5,0
22	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5
23	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5

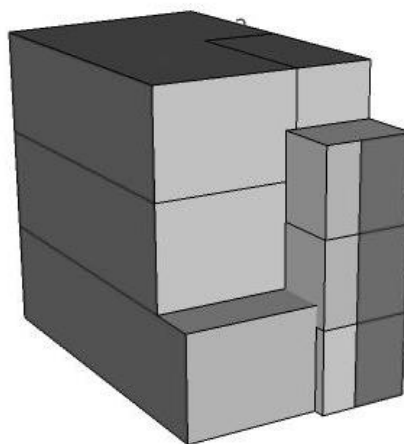
Figure 102 : Tableau des mesures/groupes/variantes de l'immeuble à appartements A6

### 7.7. Maison divisée en appartements de 1946-1970 - A7

Cette ancienne maison d'habitation a été divisée en trois appartements, un au rez-de chaussée, un au 1<sup>er</sup> étage et un au 2<sup>ème</sup> étage. Au dernier étage se situe un grenier.

Le volume principal comporte deux annexes à l'arrière, une horizontale au niveau du rez-de-chaussée et une verticale qui comporte trois étages.

L'habitation du rez-de-chaussée dispose d'un accès direct par la rue. L'accès aux deux autres appartements se fait par une partie commune comprenant une cage d'escaliers.



(A7)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture plate en structure massive (béton)	3	9,90
	Plancher du grenier, structure bois, non isolé	1,67	56,20
Mur	Murs creux: blocs béton de 19 cm - vide - brique de parement	1,96	53,10
	Murs creux annexe: blocs béton de 14 cm - vide - brique de parement	2,16	9,54
	Mur plein vers EANC - blocs de béton de 14 cm + plafonnage	2,43	3,40
	Mur plein annexe: blocs de béton de 19 cm + cimentage	2,94	11,60
Sol	Dalle sur cave en structure massive (béton)	1,46	53,60
	Dalle sur sol en structure massive (béton)	0,65	11,60
Fenêtre	Simple vitrage, châssis alu - façade avant (ESE)	Uw=6,7	14,28
	- façade arrière (ONO)	Ug=5,7	5,78
	- façade annexe (NNE)	g=0,85	0,72
	- façade avant (S)		0,93
	- coupole toit plat	Uw=6,27	2,10
Système de chauffage	Chauffage central au gaz, chaudière à condensation, rendement = 108%, système partagé		

<b>Production d'ECS</b>	Production d'eau chaude sanitaire instantanée par des chauffe-eaux individuels au gaz		
<b>Ventilation</b>	Pas de système de ventilation		
<b>Etanchéité</b>	15 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>		

Figure 103 : Tableau descriptif de l'immeuble à appartements A7

Les résultats énergétiques correspondant à l'immeuble à appartements dans son état actuel sont repris dans le tableau ci-dessous :

(1) Données / résultats	
<b>Ach</b>	147,7
<b>Volume</b>	529,04
<b>Niveau K</b>	168
<b>Niveau Ew</b>	161-223
<b>Espec</b>	235-432

Figure 104 : Tableau des résultats énergétiques de l'immeuble à appartements A7

La rénovation énergétique des murs sera réalisé par une isolation intérieure pour la façade à rue, car une isolation par l'extérieur entraînerait un débordement de la façade au niveau du trottoir, ce qui ne sera probablement pas autorisé d'un point de vue urbanistique.

Il s'agit d'une isolation en laine minérale placée dans une ossature en bois et recouverte d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre.

L'isolation des murs se fera par contre par l'extérieur pour les façades arrières.

Il s'agit d'une isolation en polystyrène (EPS), collée sur les murs existants et recouverte par un crépi.

Le mur donnant vers la cave sera également isolé par l'extérieur. Il s'agit d'une isolation en polystyrène (EPS), collée sur les murs existants et recouverte par un enduit.

Le sol sera totalement isolé sur la dalle par l'intérieur (la partie sur cave et la partie sur sol, afin d'éviter les différences de niveau). Le revêtement de sol et la chape existants seront donc démontés et remplacés par un isolant en polyuréthane (PUR), une nouvelle chape et un nouveau revêtement de sol.

Pour le plancher des combles, il s'agit d'une isolation en laine minérale placée dans l'épaisseur de la structure portante en bois. Quand l'épaisseur de la structure n'est pas suffisamment épaisse, le placement d'une structure en bois supplémentaire est prévu afin de permettre le placement des épaisseurs d'isolant élevées. Du côté intérieur, on prévoit le placement d'un freine-vapeur. Du côté des combles, on prévoit le placement d'un panneau en fibres de bois afin de maintenir le grenier accessible.

Pour la toiture plate de l'annexe, on envisage une isolation par l'extérieur (toiture chaude). Il s'agit d'un isolant en polyuréthane (PUR) placé sur la membrane d'étanchéité existante de la toiture plate et ensuite recouvert par une nouvelle membrane d'étanchéité.

Le tableau ci-dessous reprend les mesures/groupes/variantes de rénovation énergétique qui vont être étudiés.

Groupes de mesures / variantes					
Enveloppe					
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité (v50)
base	-	-	-	-	15,0
1	V 2012	-	-	-	15,0
2	V 2014	-	-	-	15,0
3	V 3	-	-	-	15,0
4	F 2012	-	-	-	10,0
5	F 2014	-	-	-	10,0
6	F 3	-	-	-	10,0
7	-	Utoit 2012	-	-	12,0
8	-	Utoit 2014	-	-	12,0
9	-	Utoit 3	-	-	12,0
10	V 2012	Utoit 2012	-	-	12,0
11	V 2014	Utoit 2012	-	-	12,0
12	V 3	Utoit 2012	-	-	12,0
13	F 2012	Utoit 2012	-	-	8,0
14	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5,0
15	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5
16	F 2014	U toit 2014	-	-	8,0
17	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5,0
18	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5,0
19	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5
20	F 3	U toit 3	-	-	8,0
21	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5,0
22	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5
23	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5

Figure 105 : Tableau des mesures/groupes/variantes de l'immeuble à appartements A7

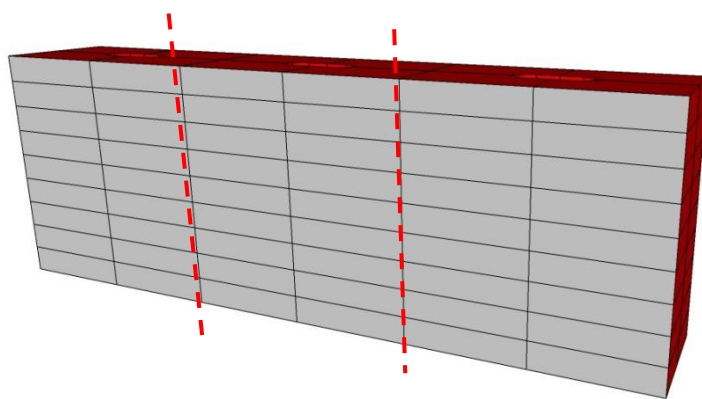
### 7.8. Immeuble à appartements de 1971-1990 - A8

Cet immeuble à appartements se compose de 3 bâtiments semblables de 36 appartements respectivement (108 appartements au total).

Chaque bâtiment est constitué de 9 niveaux, chacun comprenant 4 appartements, deux en façade avant et deux en façade arrière.

Les façades avant (Est) et arrière (Ouest) comprennent de nombreuses ouvertures, les façades latérales sont entièrement opaques.

Une cage d'escaliers/d'ascenseur centrale dessert les 36 appartements dans chacun des bâtiments.



a) Bâtiments latéraux :

(A8a)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture plate en structure massive (béton)	1,1	305,70
Mur	Murs pleins en béton, épaisseur 30 cm	2,72	791,00
Sol	Dalle sur cave en structure massive (béton)	0,72	305,70
Fenêtre	Double vitrage, châssis PVC - façade avant (E) - façade arrière (O)	Uw=2,75 Ug=3,0 g=0,7 Uf=2,8	378,90 370,53
Système de chauffage	Chauffage central au mazout, chaudière non à condensation, rendement = 73%, système partagé		
Production d'ECS	Production d'eau chaude sanitaire instantanée par la chaudière mazout avec échangeur externe, système partagé, boucle de circulation isolée		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	14 m³/h.m²		

Figure 106 : Tableau descriptif de l'immeuble à appartements A8a

Les résultats énergétiques correspondant à l'immeuble à appartements dans son état actuel sont

repris dans le tableau ci-dessous :

(1) Données / résultats	
Ach	2279,6
Volume	7.669,80
Niveau K	119
Niveau Ew	204-268
Espec	245-481

Figure 107 : Tableau des résultats énergétiques de l'immeuble à appartements A8a

#### b) Bâtiment central

(A8b)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture plate en structure massive (béton)	1,1	305,70
Mur	Murs pleins en béton, épaisseur 30 cm	2,72	477,80
Sol	Dalle sur cave en structure massive (béton)	0,72	305,70
Fenêtre	Double vitrage, châssis PVC - façade avant (E) - façade arrière (O)	Uw=2,75 Ug=3,0 g=0,7 Uf=2,8	378,90 370,53
Système de chauffage	Chauffage central au mazout, chaudière non à condensation, rendement = 73%, système partagé		
Production d'ECS	Production d'eau chaude sanitaire instantanée par la chaudière mazout avec échangeur externe, système partagé		
Ventilation	Pas de système de ventilation		
Etanchéité	14 m³/h.m²		

Figure 108 : Tableau descriptif de l'immeuble à appartements A8b

Les résultats énergétiques correspondant à l'immeuble à appartements dans son état actuel sont repris dans le tableau ci-dessous :

(1) Données / résultats	
Ach	2279,6
Volume	7.669,80
Niveau K	106
Niveau Ew	204-231
Espec	245-392

Figure 109 : Tableau des résultats énergétiques de l'immeuble à appartements A8b

Pour l'isolation des murs extérieurs, nous envisageons une isolation des façades par l'extérieur. Etant donné que les 3 bâtiments sont identiques et appartiennent à une même société immobilière, la rénovation portera sur l'ensemble de l'immeuble, il n'y aura donc pas de problème d'alignement. Il s'agit d'une isolation en polystyrène (EPS), collée sur les murs existants et recouverte par un crépi.

L'isolation du plancher sur cave se fera par le bas (placement d'un isolant en polyuréthane (PUR) côté cave).

Pour la toiture plate, on envisage une nouvelle isolation par l'extérieur (toiture chaude). Il s'agit d'un isolant en polyuréthane (PUR) placé sur la membrane d'étanchéité existante de la toiture plate et ensuite recouvert par une nouvelle membrane d'étanchéité.

Le tableau ci-dessous reprend les mesures/groupes/variantes de rénovation énergétique qui vont être étudiés.

Groupes de mesures / variantes					
Enveloppe					
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité (v50)
base	-	-	-	-	14,0
1	V 2012	-	-	-	14,0
2	V 2014	-	-	-	14,0
3	V 3	-	-	-	14,0
4	F 2012	-	-	-	9,5
5	F 2014	-	-	-	9,5
6	F 3	-	-	-	9,5
7	-	Utoit 2012	-	-	11,5
8	-	Utoit 2014	-	-	11,5
9	-	Utoit 3	-	-	11,5
10	V 2012	Utoit 2012	-	-	11,5
11	V 2014	Utoit 2012	-	-	11,5
12	V 3	Utoit 2012	-	-	11,5
13	F 2012	Utoit 2012	-	-	7,5
14	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	5,0
15	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	4,5
16	F 2014	U toit 2014	-	-	7,5
17	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	5,0
18	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	5,0
19	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	4,5
20	F 3	U toit 3	-	-	7,5
21	F 3	U toit 3	U mur 3	-	5,0
22	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	4,5
23	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5

Figure 110 : Tableau des mesures/groupes/variantes de l'immeuble à appartements A8b



**7.9. Immeuble à appartements d'après 1990 - A9**

Cet immeuble à appartements comprend 5 appartements.

Un appartement est situé au rez-de-jardin, en contrebas par rapport à la rue. Un appartement est situé au rez-de-chaussée, un appartement au 1<sup>er</sup> étage et deux duplex se situent au 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> étage et sont partiellement mansardés.

Le bâtiment est mitoyen du côté gauche. Le bâtiment mitoyen étant non construit, le mur plein en briques a été isolé avec 4 cm de laine minérale et bardée d'ardoises naturelles.

Les 3 autres façades sont constituées de murs creux muni d'une isolation de 4 cm de laine minérale.

La toiture inclinée ainsi que le plancher des combles sont isolés avec 12 cm de laine minérale.



Les plans de l'immeuble à appartements se trouvent à l'Annexe 17.

(A9)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture inclinée, structure bois, 12 cm de LM	0,5	76,58
	Plancher du grenier, structure bois, 12 cm de LM	0,48	31,80
Mur	Murs creux: blocs béton de 14 cm - 4 cm de LM - vide - brique de parement	0,89	248,84
	Murs pleins en briques, épaisseur 30 cm avec 4 cm de LM et bardage en ardoises (mitoyen non construit)	0,7	128,80
	Murs pleins en blocs de béton, épaisseur 9 cm, en contact avec une cave	1,3	37,50
Sol	Dalle sur sol en structure massive (béton) + 4 cm de Polyéthylène extrudé	0,43	81,10
	Dalle sur cave en structure massive (béton) + 2 cm de Polyéthylène extrudé	0,43	8,10
Fenêtre	Double vitrage, châssis bois - façade avant (NO)	Uw=3,05	4,92
	- façade latérale (SE)	Ug=3,0	13,14

	- façade latérale (SO)	g=0,7	22,32
	Velux (SE+NO)	3,36	9,12
<b>Système de chauffage</b>	Chauffage central au mazout, chaudière non à condensation, rendement = 73%, système partagé		
<b>Production d'ECS</b>	Production d'eau chaude sanitaire par la chaudière au mazout avec stockage, système partagé		
<b>Ventilation</b>	Système de ventilation A (pas de ventilateur qui sert au chauffage de l'air)		
<b>Etanchéité</b>	10 m³/h.m²		

Figure 111 : Tableau descriptif de l'immeuble à appartements A9

Les résultats énergétiques correspondant à l'immeuble à appartements dans son état actuel sont repris dans le tableau ci-dessous :

(1) Données / résultats	
<b>Ach</b>	388,7
<b>Volume</b>	1.128,90
<b>Niveau K</b>	75
<b>Niveau Ew</b>	149-174
<b>Espec</b>	220-356

Figure 112 : Tableau des résultats énergétiques de l'immeuble à appartements A9

La rénovation énergétique des murs sera réalisée par une isolation intérieure pour la façade à rue, car une isolation par l'extérieur entrainerait un débordement de la façade au niveau du trottoir, ce qui ne sera probablement pas autorisé d'un point de vue urbanistique.

Il s'agit d'une isolation en laine minérale placée dans une ossature en bois et recouverte d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre.

L'isolation des murs se fera par contre par l'extérieur pour les façades arrières et latérales.

Il s'agit d'une isolation en polystyrène (EPS), collée sur les murs existants et recouverte par un crépi.

Le mur donnant vers la cave sera également isolé par l'extérieur (côté cave). Il s'agit d'une isolation en polystyrène (EPS), collée sur les murs existants et recouverte par un enduit.

La dalle sur sol sera isolée par l'intérieur. Le revêtement de sol et la chape existants seront donc démontés et remplacés par un isolant en polyuréthane (PUR), une nouvelle chape et un nouveau revêtement de sol.

L'isolation du plancher sur cave se fera par le bas (placement d'un isolant en polyuréthane (PUR) côté cave).

Pour le plancher des combles, il s'agit d'une isolation en laine minérale posée au dessus de la structure porteuse en bois. Entre les gîtes, une isolation en laine minérale de 12 cm est pré-existante et sera conservée.

Pour la toiture, on envisage une isolation dans la structure bois (entre chevrons ou entre pannes). On remplace l'isolation en laine minérale pré-existante (12 cm) par une nouvelle isolation en laine minérale placée dans l'épaisseur de la structure porteuse en bois. Quand l'épaisseur de la structure n'est pas suffisamment épaisse, le placement d'une structure en bois supplémentaire est prévu afin de permettre le placement des épaisseurs d'isolant élevées. Du côté intérieur, on prévoit le placement d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre. Du côté extérieur, on

suppose qu'une membrane de sous-toiture est pré-existante.

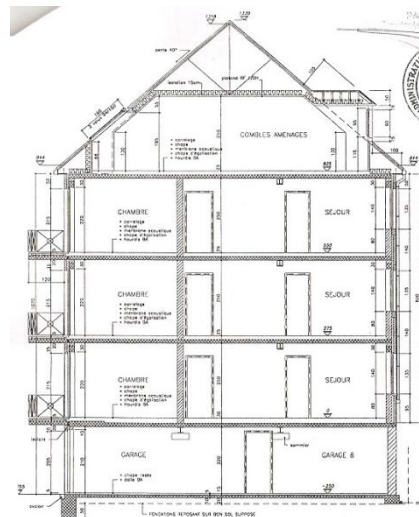
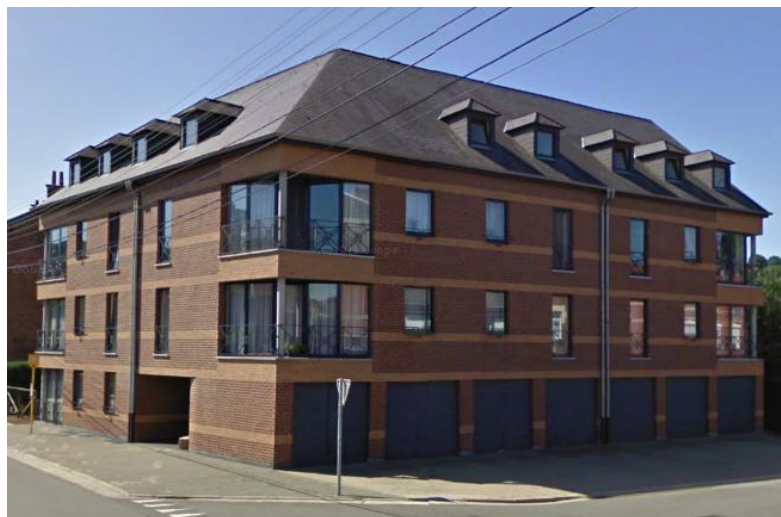
Le tableau ci-dessous reprend les mesures/groupes/variantes de rénovation énergétique qui vont être étudiés.

Groupes de mesures / variantes					
Enveloppe					
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité (v50)
base	-	-	-	-	10,0
1	V 2012	-	-	-	10,0
2	V 2014	-	-	-	10,0
3	V 3	-	-	-	10,0
4	F 2012	-	-	-	7,0
5	F 2014	-	-	-	7,0
6	F 3	-	-	-	7,0
7	-	Utoit 2012	-	-	8,0
8	-	Utoit 2014	-	-	8,0
9	-	Utoit 3	-	-	8,0
10	V 2012	Utoit 2012	-	-	8,0
11	V 2014	Utoit 2012	-	-	8,0
12	V 3	Utoit 2012	-	-	8,0
13	F 2012	Utoit 2012	-	-	5,0
14	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	3,5
15	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	3,0
16	F 2014	U toit 2014	-	-	5,0
17	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	3,5
18	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	3,5
19	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	3,0
20	F 3	U toit 3	-	-	5,0
21	F 3	U toit 3	U mur 3	-	3,5
22	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	3,0
23	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5

Figure 113 : Tableau des mesures/groupes/variantes de l'immeuble à appartements A9

**7.10. Immeuble d'appartements d'après 1990 - A10**

Cet immeuble à appartements est constitué de 5 niveaux (partiellement) chauffés et comprend 10 appartements.



Un duplex se situe au sous-sol (rez-de-cour) et rez-de-chaussée. Un autre appartement se situe au rez-de-chaussée.

Le reste du sous-sol est constitué de caves et de deux garages et le reste du rez-de-chaussée est constitué de 7 garages.

Au 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> étage se situent respectivement trois appartements.

Le 3<sup>ème</sup> étage comporte deux appartements mansardés.

Les façades sont constituées de murs creux avec blocs porteurs en Poroton, mais dépourvue d'isolation.

La toiture inclinée ainsi que le plancher des combles sont isolés avec 15 cm de laine minérale.

Les plans de l'immeuble à appartements se trouvent à l'Annexe 18.

(A10)	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture inclinée, structure bois, 15 cm de LM	0,33	141,08
	Plancher d'un EANC, stucture béton, 15 cm de LM	0,27	53,70
	Plancher du grenier, structure bois, 15 cm de LM	0,34	144,00
Mur	Murs extérieurs creux: blocs Poroton de 19 cm - vide - brique de parement	1,54	464,02
	Murs extérieurs en ossature bois avec 15 cm de LM, avec bardage en ardoises	0,33	27,27
	Murs pleins en blocs de béton épaisseur 19 cm (+plafonnage), en contact avec une cave	1,05	22,80
	Murs pleins en blocs de béton épaisseur 19 cm, en contact avec un EANC	2,18	17,20
	Murs en ossature bois avec 15 cm de LM, en contact avec un EANC	0,33	39,30

<b>Sol</b>	Dalle sur sol en structure massive (béton)	0,71	48,20
	Dalle sur cave en structure massive (béton)	0,72	102,00
	Dalle sur EANC en structure massive (béton)	0,90	132,30
<b>Fenêtre</b>	Double vitrage, châssis alu - façade S	Uw=3,69	47,40
	- façade O	Ug=1,3	35,97
	- façade E	g=0,7	32,52
	- façade SE	Uf= 4,51	6,30
	- façade N		33,15
	- façade NO		4,20
	- façade ENE		4,20
	- façade NNE		4,20
	Velux	Uw=4,15	3,01
<b>Système de chauffage</b>	Chauffage central au gaz, chaudière non à condensation, rendement = 83%, chaudière individuelle par unité		
<b>Production d'ECS</b>	Production d'eau chaude sanitaire par la chaudière au gaz avec stockage, système indivuel par unité		
<b>Ventilation</b>	Système de ventilation C (ventilation volontaire par défaut, pas de ventilateur qui sert au chauffage de l'air)		
<b>Etanchéité</b>	10 m³/h.m²		

Figure 114 : Tableau descriptif de l'immeuble à appartements A10

Les résultats énergétiques correspondant à l'immeuble à appartements dans son état actuel sont repris dans le tableau ci-dessous :

(1) Données / résultats	
<b>Ach</b>	938,07
<b>Volume</b>	2.941,00
<b>Niveau K</b>	95
<b>Niveau Ew</b>	133-194
<b>Espec</b>	247-355

Figure 115 : Tableau des résultats énergétiques de l'immeuble à appartements A10

Pour l'isolation des murs creux, nous envisageons l'isolation par l'extérieur (en enlevant les briques de parement). Il s'agit d'une isolation en polystyrène (EPS), collée sur les murs existants et recouverte par des briquettes collées. Cette technique est coûteuse, mais permet de maintenir un aspect extérieur proche de l'aspect extérieur existant, tout en évitant une isolation par l'intérieur.

Les murs donnant vers la cave ou un espace adjacent non chauffé seront également isolés par l'extérieur (côté cave/EANC). Il s'agit d'une isolation en polystyrène (EPS), collée sur les murs existants et recouverte par un enduit.

Les murs en ossature bois, comprenant déjà 15 cm de laine minérale, seront isolées par l'intérieur. Il s'agit d'une isolation en laine minérale placée dans une ossature en bois et recouverte d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre.

La dalle sur sol sera isolée sur la dalle par l'intérieur. Le revêtement de sol et la chape existants

seront donc démontés et remplacés par un isolant en polyuréthane (PUR), une nouvelle chape et un nouveau revêtement de sol.

L'isolation du plancher sur cave et l'espace adjacent non chauffé se fera par le bas (placement d'un isolant en polyuréthane (PUR) côté cave).

Pour le plancher des combles, il s'agit d'une isolation en laine minérale posée au dessus de la structure portante en bois. Entre les gîtes, une isolation en laine minérale de 15 cm est pré-existante et sera conservée.

Pour la toiture, on envisage une isolation dans la structure bois (entre chevrons ou entre pannes). On conserve l'isolation en laine minérale pré-existante (15 cm) et on ajoute une isolation en laine minérale placée dans l'épaisseur de la structure portante en bois. Quand l'épaisseur de la structure n'est pas suffisamment épaisse, le placement d'une structure en bois supplémentaire est prévu afin de permettre le placement des épaisseurs d'isolant élevées. Du côté intérieur, on prévoit le placement d'un freine-vapeur ainsi que d'une finition en plaques de plâtre. Du côté extérieur, on suppose qu'une membrane de sous-toiture est pré-existante.

Le tableau ci-dessous reprend les mesures/groupes/variantes de rénovation énergétique qui vont être étudiés.

Groupes de mesures / variantes					
Enveloppe					
Cas	Parois transparentes	Toitures	Parois opaques (murs)	Sols	Etanchéité (v50)
base	-	-	-	-	10,0
1	V 2012	-	-	-	10,0
2	V 2014	-	-	-	10,0
3	V 3	-	-	-	10,0
4	F 2012	-	-	-	7,0
5	F 2014	-	-	-	7,0
6	F 3	-	-	-	7,0
7	-	Utoit 2012	-	-	8,0
8	-	Utoit 2014	-	-	8,0
9	-	Utoit 3	-	-	8,0
10	V 2012	Utoit 2012	-	-	8,0
11	V 2014	Utoit 2012	-	-	8,0
12	V 3	Utoit 2012	-	-	8,0
13	F 2012	Utoit 2012	-	-	5,0
14	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	-	3,5
15	F 2012	Utoit 2012	U mur 2012	U sol 2012	3,0
16	F 2014	U toit 2014	-	-	5,0
17	F 2014	U toit 2014	U mur 2012	-	3,5
18	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	-	3,5
19	F 2014	U toit 2014	U mur 2014	U sol 2014	3,0
20	F 3	U toit 3	-	-	5,0
21	F 3	U toit 3	U mur 3	-	3,5

22	F 3	U toit 3	U mur 3	U sol 3	3,0
23	F passif	U toit passif	U mur passif	U sol passif	2,5

Figure 116 : Tableau des mesures/groupes/variantes de l'immeuble à appartements A10



## PARTIE 3: CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

---

La classification choisie permet de considérer la majorité des bâtiments résidentiels, aussi bien les maisons unifamiliales que les appartements, en Wallonie.

Ce rapport reprend, pour chaque bâtiment choisi, une étude détaillée de leur géométrie et de leurs caractéristiques thermiques ainsi que des systèmes installés.

Ensuite, dans la suite de l'étude, pour chaque typologie, une série de différentes rénovations énergétiques sera appliquée et la variante la plus rentable économiquement sera mise en évidence.

Les étapes suivantes du projet sont :

- Encodage des mesures/groupes/variantes dans le logiciel PEB 5.0.5 ;
- Encodage dans la feuille EXCEL mise à jour de toutes les mesures/groupes/variantes des unités précitées ;
- Analyse des résultats et détermination de l'optimum économique ;
- Comparaison de la consommation calculée et de la consommation réelle.

A l'issue de cette étude, l'occupant de tout logement existant en Wallonie pourra identifier son habitation à une typologie et en déduire la rénovation énergétique qui est la plus rentable pour lui.

## PARTIE 4 : BIBLIOGRAPHIE

---

[1] *La rénovation énergétique et durable des logements wallons - Analyse du bâti existant et mise en évidence de typologies de logements prioritaires*, réalisée en 2008 par Caroline Kints, Architecture & Climat, UCL.

[2] *IEE TABULA - Typology Approach for Building Stock Energy Assessment*, rapport scientifique composé dans le cadre du projet TABULA, réalisé en 2011 par W. Cyx, N. Renders, M. Van Holm en S. Verbeke, VITO (vision on technology).

[3] *Réno 2020 – Etude énergétique et typologie du parc résidentiel wallon en vue d'en dégager des pistes de rénovation prioritaires*, réalisée en 2009 par Stéphane Monfils et Jean-Marie Hauglustaine, Energy SuD, ULg.

[4] *Energy Consumption Survey for Belgian Households*, rapport final réalisé en 2012 par VITO (K. JESPERS, Y. DAMS, K. AERNOUTS), ICEDD (P. SIMUS, F. JACQUEMIN, L. DELAITE ) et FPS Economy, SMEs (FPS Economy, SMEs, Self-employed and Energy- STATISTICS BELGIUM : C. VANDERHOEFT CAMILLE).

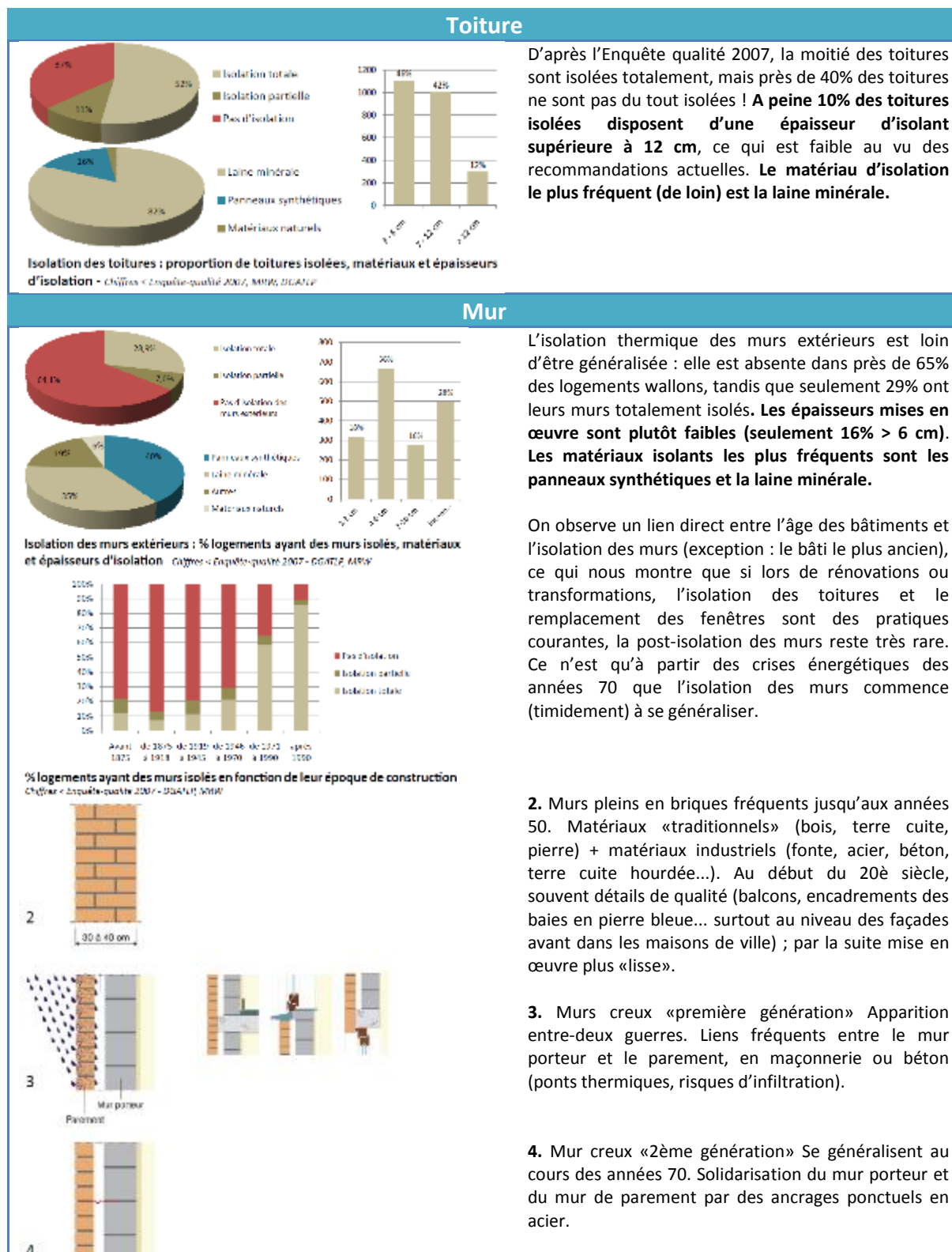
[5] *Plan pluriannuel de la Première Alliance Emploi-Environnement*, Plan Marshall 2.vert, seconde lecture.

[6] *Etude sur la réduction des émissions de CO2 dans le parc immobilier futur*, étude réalisée en 2008 par 3E et la Haute Ecole Professionnelle du Limbourg.

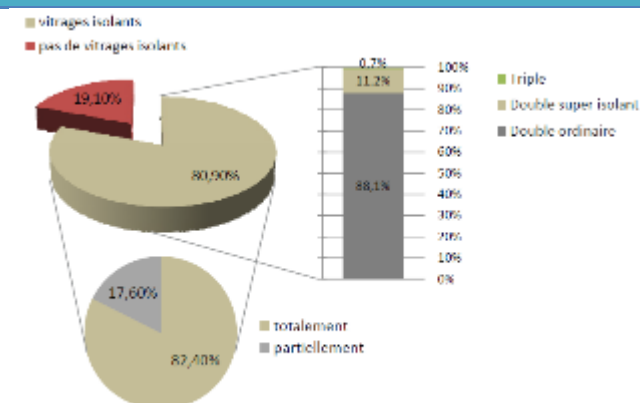
[7] *COZEB rapport final du projet*, juin 2013, étude réalisée par Institut Energie de l'UMONS, Energy Sud de l'Ulg et le bureau d'étude 3E

## PARTIE 5 : ANNEXES

**Annexe 1 : Caractéristiques des parois de déperditions selon l'étude UCL sur les logements wallons. Ce tableau est repris de l'étude COZEB1 dans laquelle il a déjà été utilisé.**



## Fenêtres

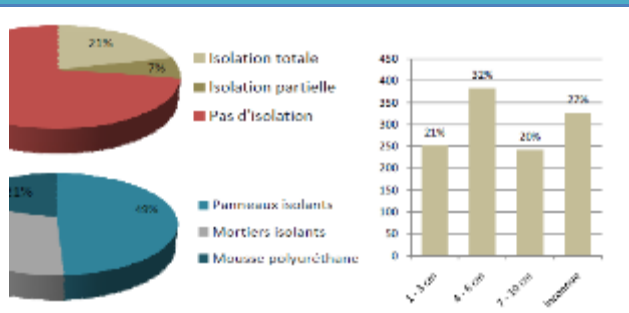


Caractéristiques des fenêtres : proportion et type de vitrages isolants

Chiffres &lt; Enquête qualité 2007 - DIGATLP, MRW

81% des logements wallons possèdent des vitrages isolants dont 82% totalement (toutes les fenêtres sont isolantes) et 18% partiellement. Le **type de vitrage isolant est surtout du «double vitrage ordinaire» (88% des cas)** ; la part du triple vitrage est vraiment très faible. Pour les châssis, le **matériau le plus fréquent est le bois (63%)**, puis le PVC (29%), ensuite l'aluminium, avec ou sans coupure thermique (respectivement 3 et 4%).

## Plancher

Proportion de sols isolés, matériaux et épaisseurs  
Chiffres < Enquête qualité 2007, MRW, DIGATLP

On ne considère ici que les maisons unifamiliales, pas les appartements. Comme on s'y attend, l'enquête confirme que les planchers sont rarement isolés : l'isolation des sols est absente dans plus de 70% des maisons. Les **épaisseurs d'isolants mises en œuvre sont faibles à moyennes** ; les matériaux les plus couramment utilisés sont les **panneaux isolants** (panneaux rigides ou semi-rigides posés entre la chape et la dalle ou sous la chape), des mortiers isolants (mortiers composés de ciment et de particules isolantes incorporées dans le mélange) et de la mousse de polyuréthane.

Tableau de données statistiques d'isolation des parois [ $W/(m^2K)$ ] (source : Etude logements wallons UCL, 2009)

## Annexe 2 : Caractéristiques des parois de déperditions selon l'étude TABULA

Composition de parois				
Année de construction	Toits	Murs	Dalle de sol	Fenêtres
<1945	Toiture en ossature bois (tuiles ou ardoises), pas de finition intérieure, adjacent à un EANC 1.7 W/m²K	Murs pleins, massifs en briques (épaisseur 30cm) 2.2 W/m²K	Pierre ou béton sur sol, sans isolant 0.85 W/m²K	Simple vitrage châssis bois 5 W/m²K
1946-1970	Toiture en ossature bois (tuiles ou ardoises), avec finition intérieure 1.9 W/m²K	Briques, lame d'air 5cm, pas d'isolant, blocs porteurs 1.7 W/m²K	Pierre ou béton sur sol, sans isolant 0.85 W/m²K	Simple vitrage châssis bois 5 W/m²K
1971-1990	Toiture en ossature bois (tuiles ou ardoises), isolation de 4cm entre les chevrons, avec finition intérieure 0.85 W/m²K	Briques, lame d'air ventilée avec 2cm d'isolant, blocs porteurs 1.0 W/m²K	Pierre ou béton, sans isolant 0.85 W/m²K	Double vitrage châssis métallique 4.3 W/m²K
1991-2005	Toiture en ossature bois (tuiles ou ardoises), isolation de 8cm entre les chevrons, avec finition intérieure 0.60 W/m²K	Briques, lame d'air ventilée avec 6cm d'isolant, blocs porteurs 0.6 W/m²K	Béton et chape sans isolant 0.70 W/m²K	Double vitrage châssis alu coupure therm. 3.5 W/m²K
>2006	Toiture en ossature bois (tuiles ou ardoises), isolation de 12cm entre les chevrons, avec finition intérieure 0.3 W/m²K	Briques, lame d'air ventilée avec 8cm d'isolant, blocs porteurs 0.4 W/m²K	Béton, 5cm isolant (ou chape isolante) 0.40 W/m²K	Double vitrage châssis alu coupure therm. 2 W/m²K

*Caractéristiques thermiques des parois en fonction la date de construction en Belgique [Etude TABULA]*

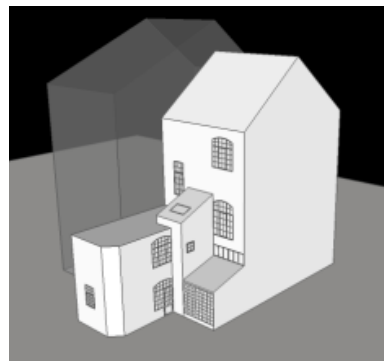
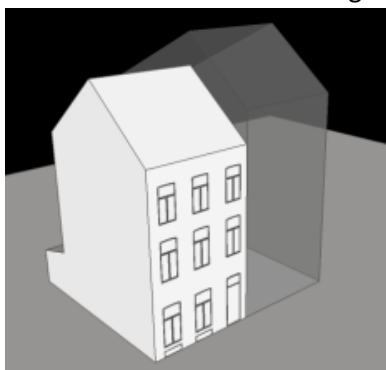
### Annexe 3 : Caractéristiques des systèmes de chauffage, production d'eau chaude sanitaire et de ventilation selon l'étude TABULA

Sub-typology of services systems				
	TYPE 1 - Detached house <1971	TYPE 2 - Semi-detached <1971	TYPE 3 - Terraced house <1971	TYPE 4 - Multi-family house <1971
Heating	Stove- heating oil - before 1985 – $\eta$ 0.72	Stove - gas - before 1985 – $\eta$ 0.75	Stove - gas - before 1985 – $\eta$ 0.75	Stove - gas - before 1985 – $\eta$ 0.75
Hot water	Individual water heater with storage on electricity applied in sfh with medium to large pipe lengths (>5m/point)	Individual instant water heater on gas applied in sfh with medium to large pipe lengths (>5m/point)	Individual instant water heater on gas applied in sfh with small pipe lengths (<5m/point)	Individual instant water heater on gas applied in apartments
Ventilation	No ventilation system	No ventilation system	No ventilation system	No ventilation system
	TYPE 5 - Detached house '71- '90	TYPE 5 - Semi-detached '71- '90	TYPE 6 - Terraced house '71- '90	TYPE 7 - Multi-family house '71- '90
Heating	Individual, central heating on oil / 1976 – 1985 – $\eta$ 0.7	Individual, central heating on oil / 1976 – 1985 – $\eta$ 0.7	Individual, central heating on gas/ 1986-1995 – $\eta$ 0.72	Collective, central heating on oil / 1976 – 1985 – $\eta$ 0.72
Hot water	Individual fossil fuel boiler with storage vessel, applied in sfh with medium to large pipe lengths (>5m/point) - system coupled to space heating /<1990	Individual fossil fuel boiler with storage vessel, applied in sfh with medium to large pipe lengths (>5m/point) - system coupled to space heating /<1990	Individual instant water heater on gas applied in sfh with small pipe lengths (<5m/point)	Collective fossil fuel boiler without external plate heat exchanger with an apart storage vessel - system coupled to space heating /<1990
Ventilation	No ventilation system	No ventilation system	No ventilation system	No ventilation system
	TYPE 8 - Detached house '91- '05	TYPE 8 - Semi-detached '91- '05	TYPE 9 - Terraced house '91- '05	TYPE 10 - Multi-family house '91- '05
Heating	Individual, central heating on gas / 1996-2005 – $\eta$ 0.76	Individual, central heating on gas / 1996-2005 – $\eta$ 0.76	Individual, central heating on gas / 1996-2005 – $\eta$ 0.76	Individual, central heating on gas / 1996-2005 – $\eta$ 0.76
Hot water	Individual fossil fuel combi boiler without storage, applied in sfh with medium to large pipe lengths (>5m/point) - system coupled to space heating />1989	Individual fossil fuel combi boiler without storage, applied in sfh with medium to large pipe lengths (>5m/point) - system coupled to space heating />1989	Individual fossil fuel combi boiler without storage, applied in sfh with small pipe lengths (<5m/point) - system coupled to space heating />1989	Individual fossil fuel combi boiler without storage - system coupled to space heating />1989
Ventilation	No ventilation system	No ventilation system	No ventilation system	No ventilation system
	TYPE 11 - Detached house >'05	TYPE 11 - Semi-detached >'05	TYPE 12 - Terraced house >'05	TYPE 13 - Multi-family house >'05
Heating	Individual, central heating on gas / >2005 – $\eta$ 1.06	Individual, central heating on gas / >2005 – $\eta$ 1.06	Individual, central heating on gas / >2005 – $\eta$ 1.06	Individual, central heating on gas / >2005 – $\eta$ 1.06
Hot water	Individual fossil fuel condensing combi boiler without storage, applied in sfh with medium to large pipe lengths (>5m/point) - system coupled to space heating />1989	Individual fossil fuel condensing combi boiler without storage, applied in sfh with medium to large pipe lengths (>5m/point) - system coupled to space heating />1989	Individual fossil fuel condensing combi boiler without storage, applied in sfh with small pipe lengths (<5m/point) - system coupled to space heating />1989	Individual fossil fuel condensing combi boiler without storage - system coupled to space heating />1989
Ventilation	Exhaust air ventilation system	Exhaust air ventilation system	Exhaust air ventilation system	Exhaust air ventilation system

Table 11: Belgian TABULA sub-typology of services systems

#### Annexe 4 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 5, maison urbaine moyenne entre 1922 et 1945

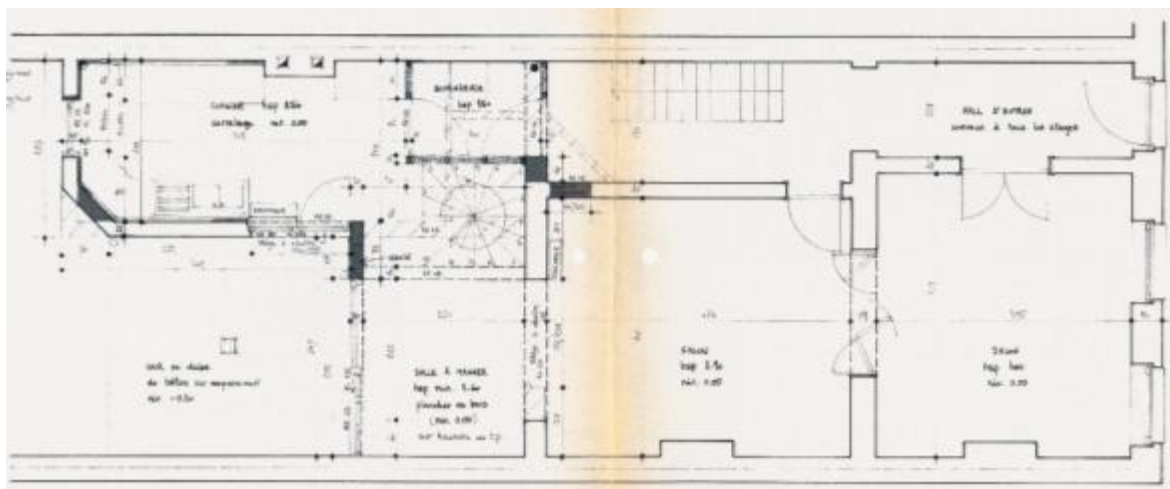
La maison est formée de différents volumes : un volume principal et plusieurs petits volumes secondaires (annexes). Le volume principal comporte cinq niveaux dont deux sont des espaces adjacents non chauffés dits EANC (des caves et des combles). Le rez-de-chaussée compte le hall d'entrée et le salon. Les chambres et l'escalier principal se situent au sein des étages supérieurs. Les annexes comprennent au rez-de-chaussée la cuisine, la salle-à-manger, la buanderie et un escalier secondaire. Ce dernier relie ce niveau au 1<sup>er</sup> étage abritant une chambre et une salle de bain.



Les informations générales sur l'habitation existante sont données dans le Tableau ci-dessous :

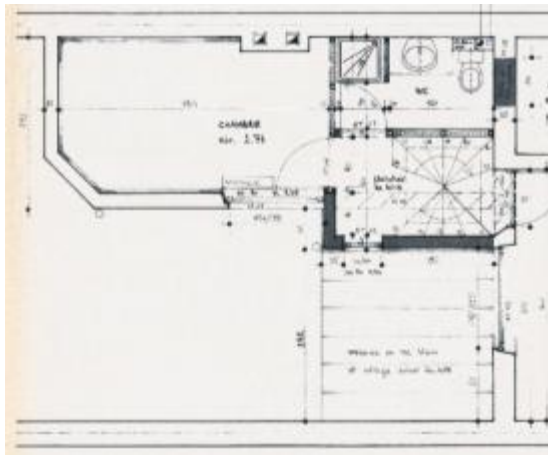
Informations générales	
Surface de plancher chauffée	260,79 m <sup>2</sup>
Volume protégé	854,15m <sup>3</sup>
Compacité	2,27
Niveau K	140

Les plans de l'habitation sont repris ci-après.

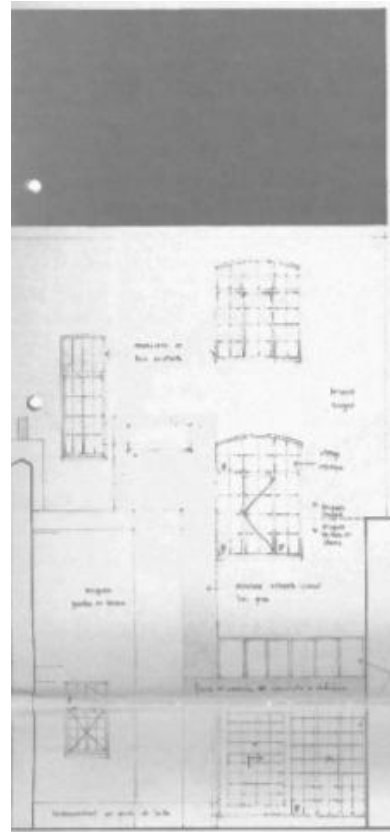


Plan du rez-de-chaussée

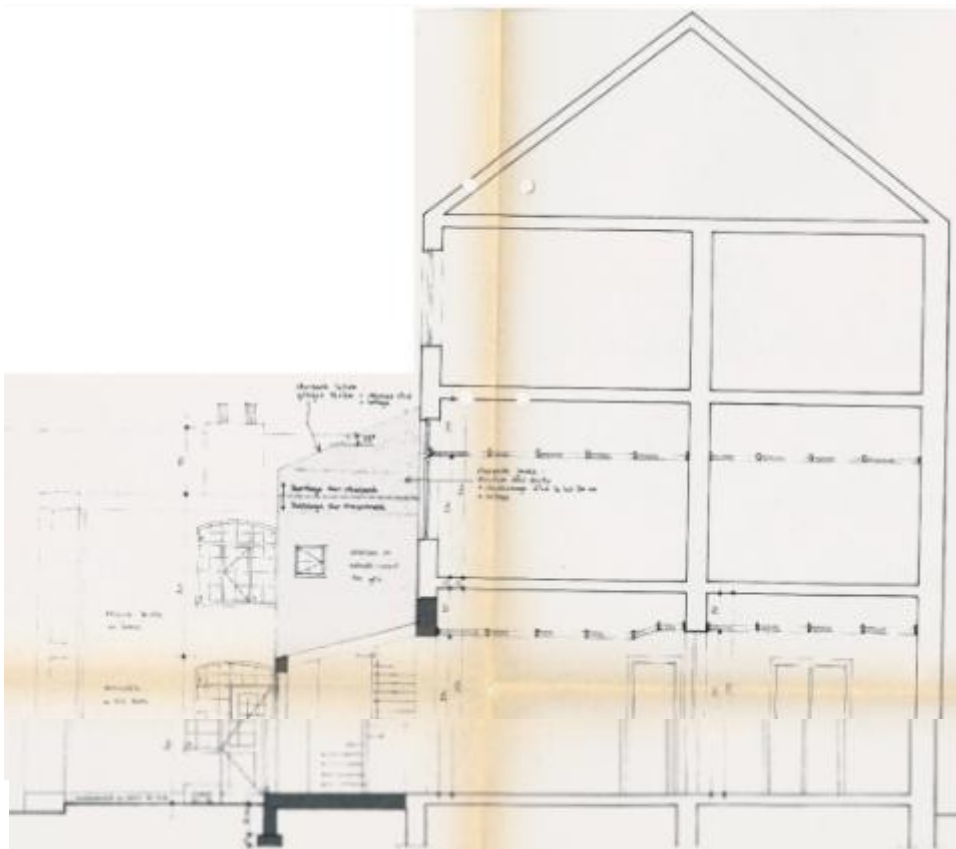




Plan du premier étage (partie arrière)



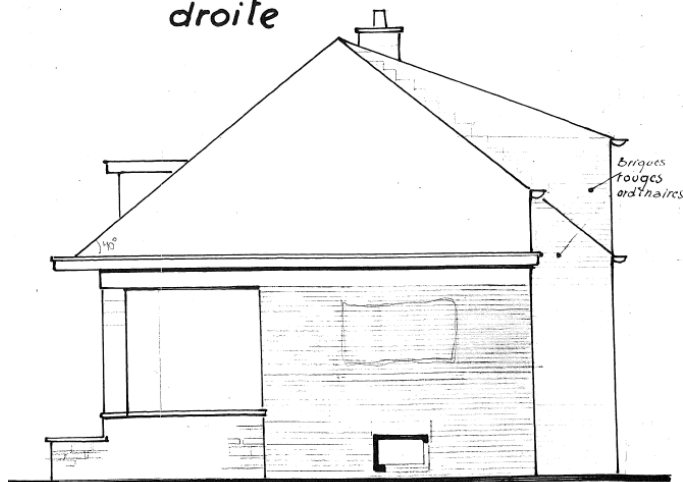
Façade Est (arrière)



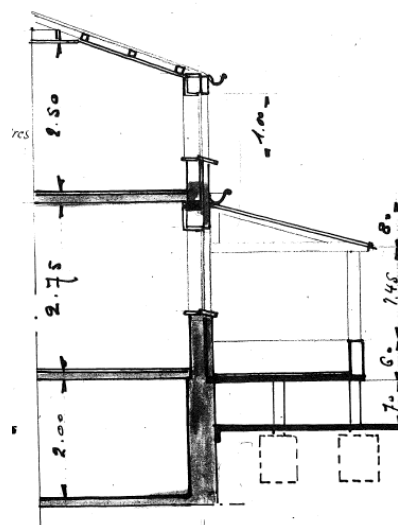
Coupe longitudinale



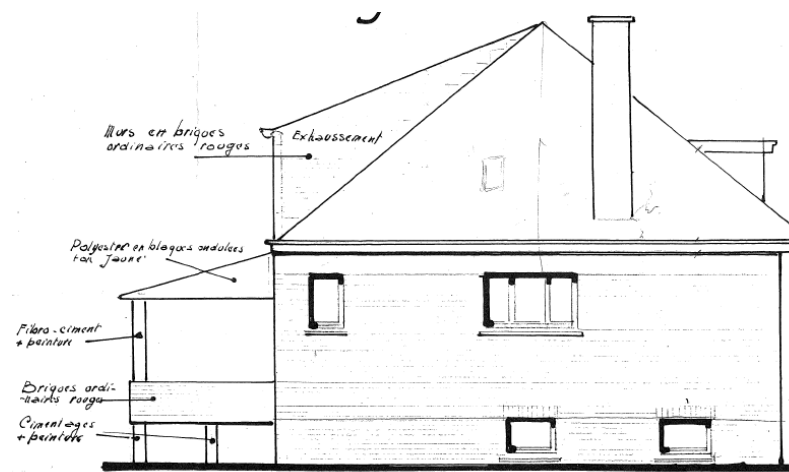
Façade latérale droite



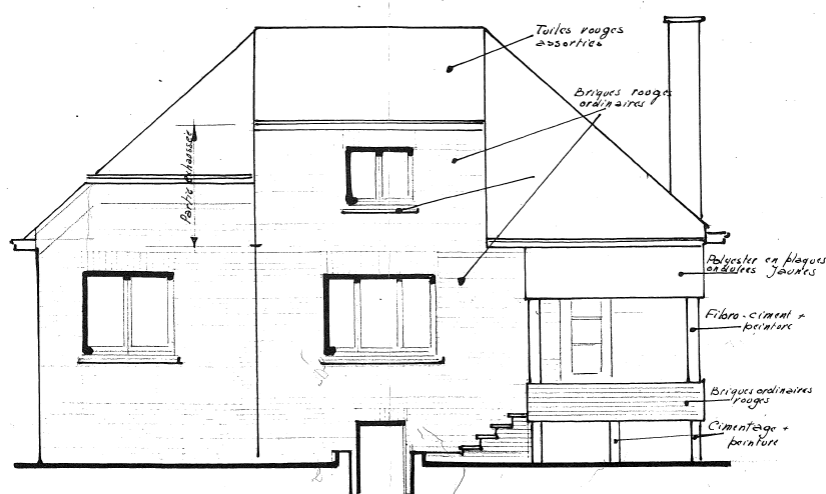
Façade latérale droite Nord-Est



Coupe transversale A-A



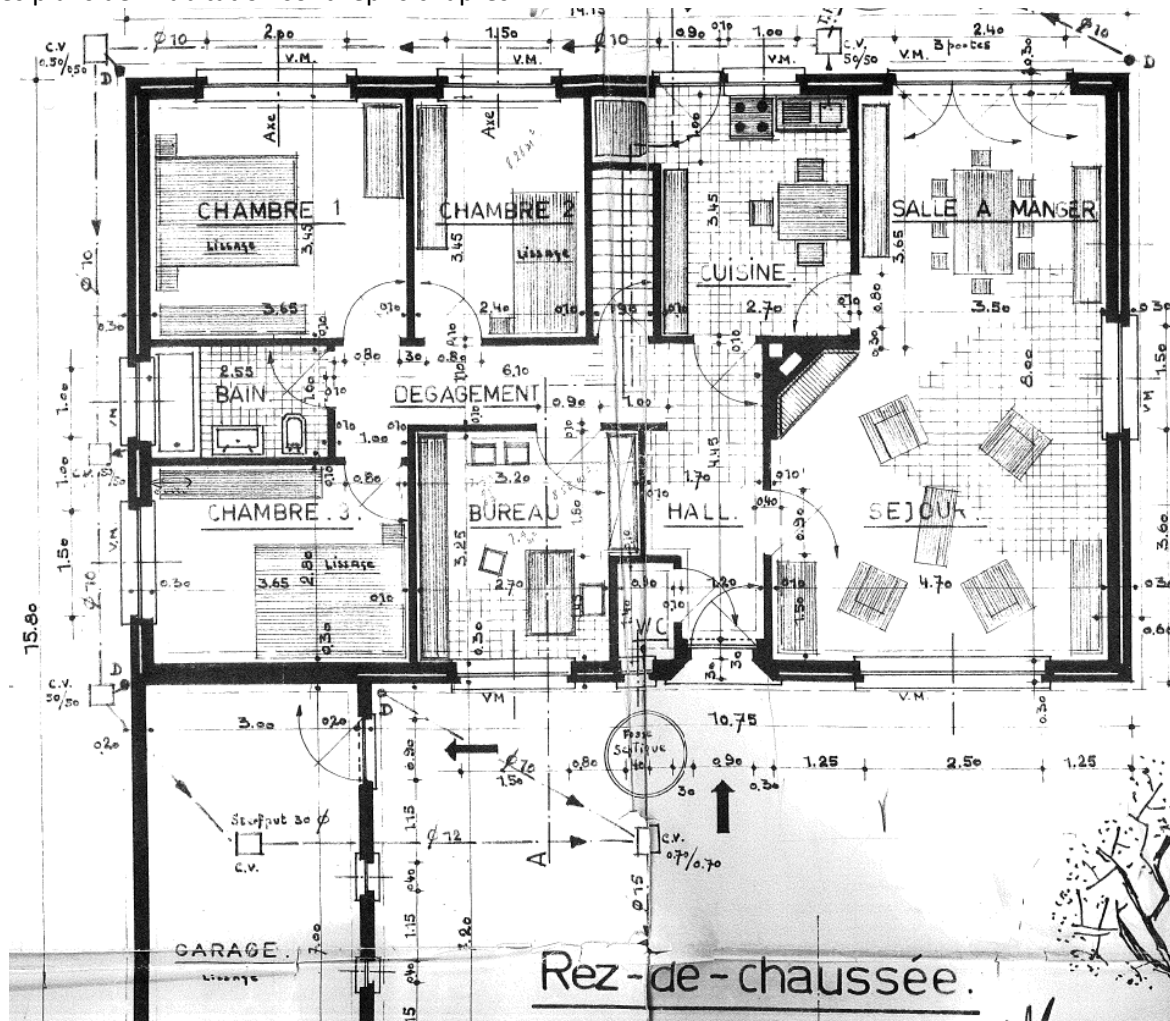
Façade latérale gauche Sud-Ouest



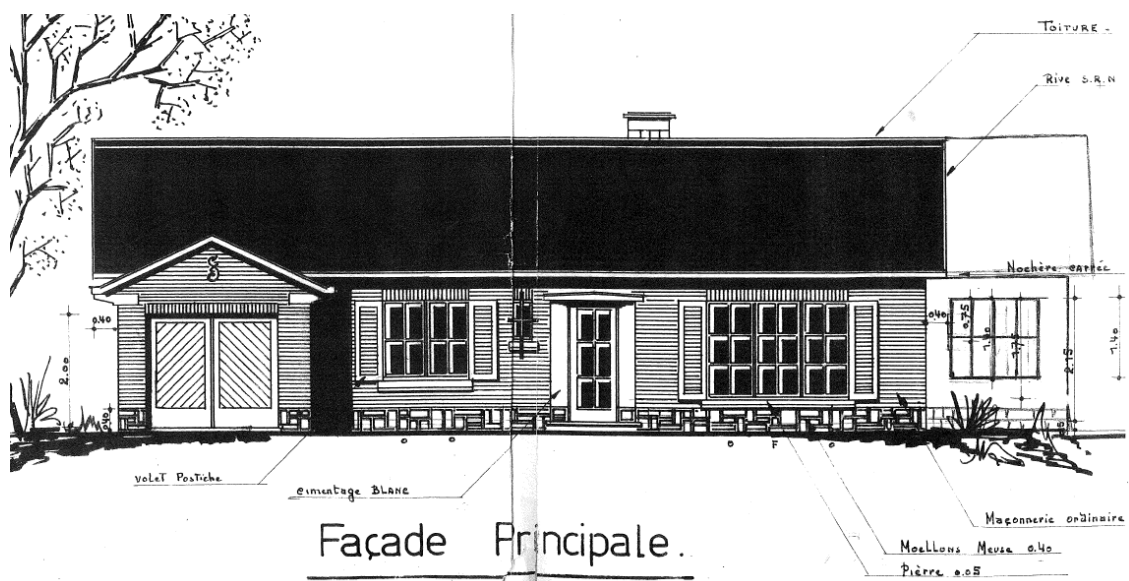
Façade arrière Nord-Ouest

## Annexe 6 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 7, villa de plain-pied entre 1946 et 1970

Les plans de l'habitation sont repris ci-après.

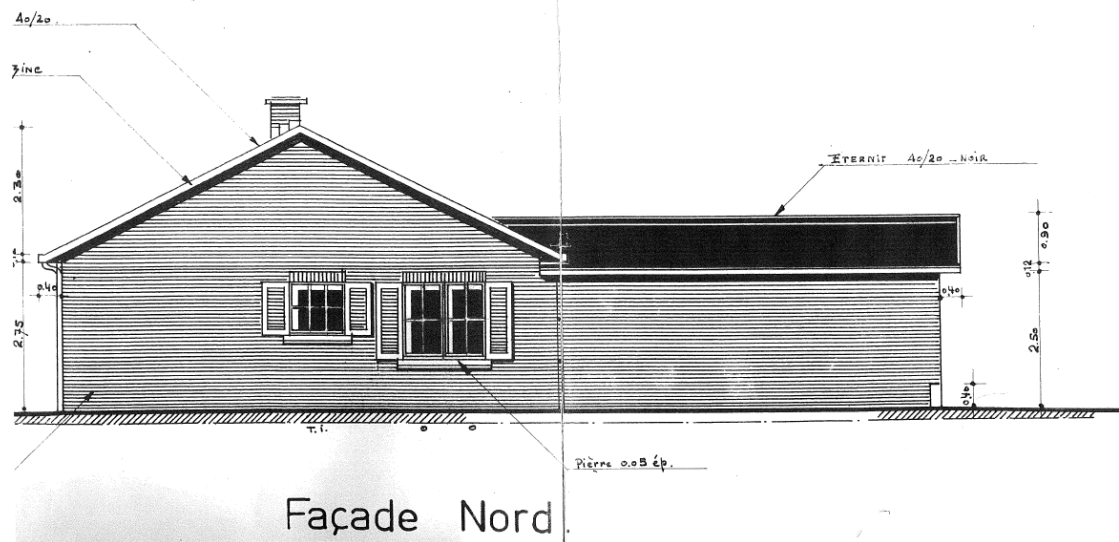


Plan du rez-de-chaussée

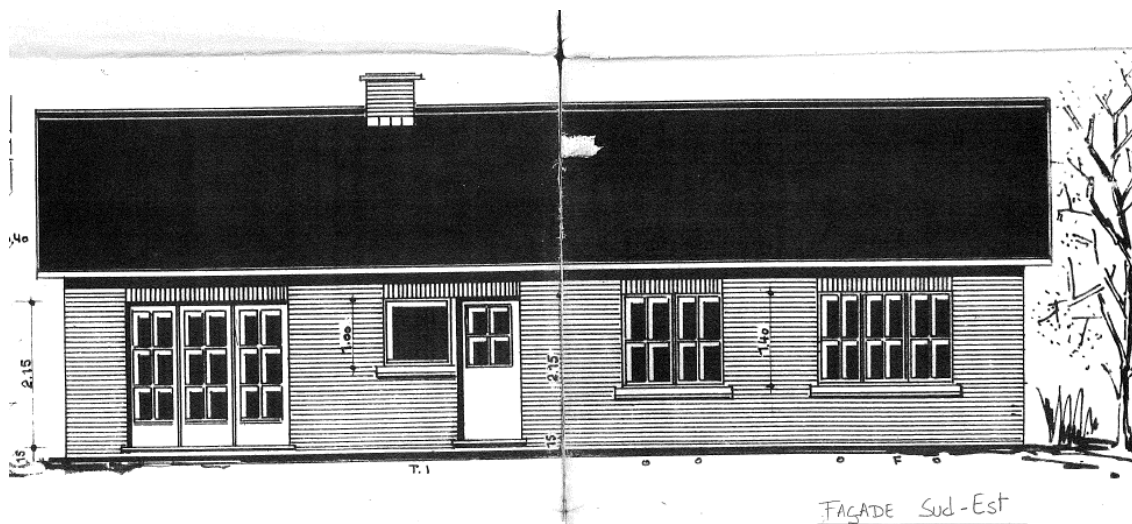


Façade avant Ouest

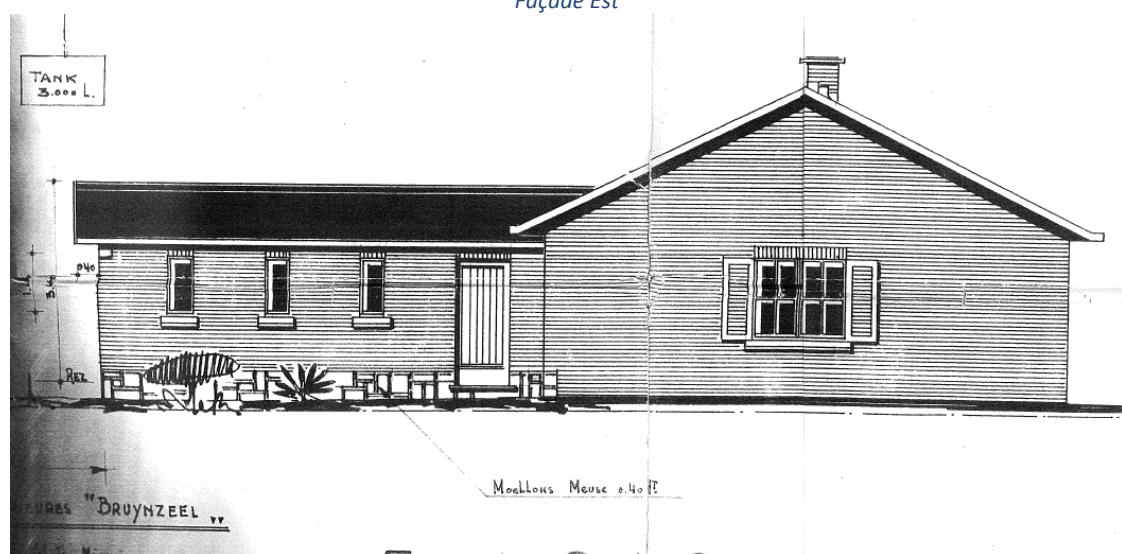


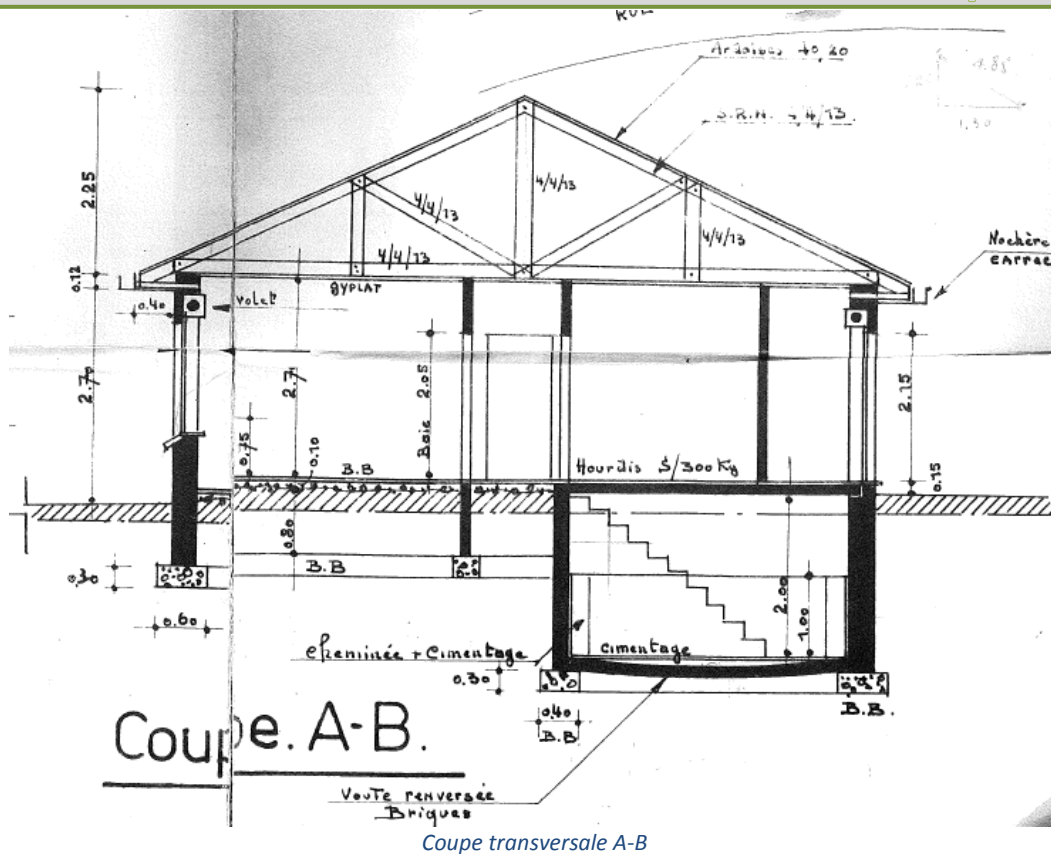


*Façade latérale Nord*



*Façade Est*





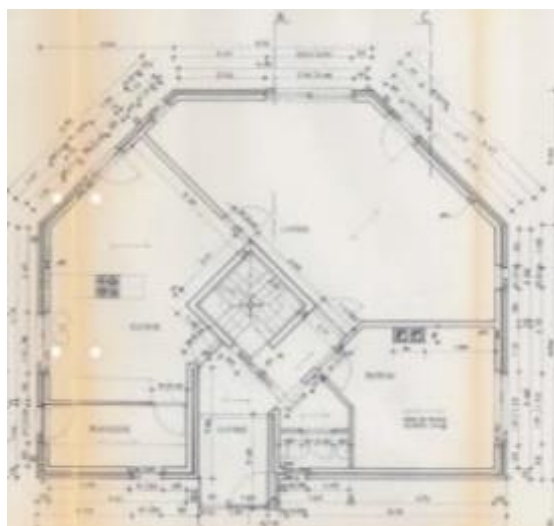
**Annexe 7: Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 9, villa 4 façades de type lotissement entre 1971 et 1984**

Cette typologie d'habitation de type « villa » est située dans un lotissement, hors du centre-ville et construite dans les années 1980. Le volume protégé de cette maison est délimité par les 4 façades libres, par le plancher sur sol et en toiture en partie par la toiture vers le grenier et en partie par une toiture inclinée extérieure. Le grenier ne fait pas partie du volume protégé. Au rez-de-chaussée on retrouve les pièces de vie et aux étages les chambres et salle de bain.

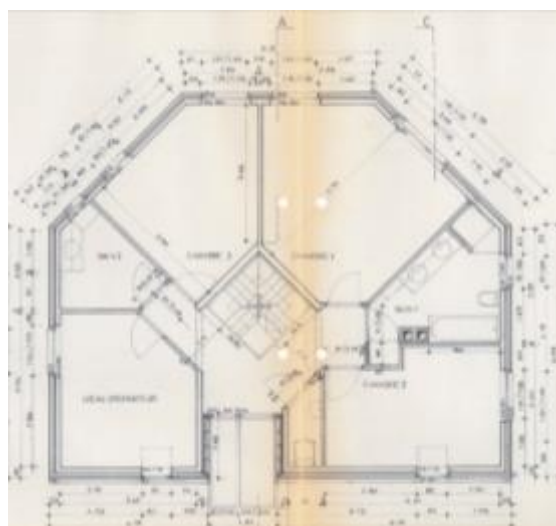
Les informations générales sur l'habitation existante sont données dans le Tableau ci-dessous :

Informations générales	
<b>Surface de plancher chauffée</b>	<b>221,12 m<sup>2</sup></b>
<b>Volume protégé</b>	<b>625,22 m<sup>3</sup></b>
<b>Compacité</b>	<b>1,36</b>
<b>Niveau K</b>	<b>114</b>

Les plans de l'habitation sont repris ci-dessous.

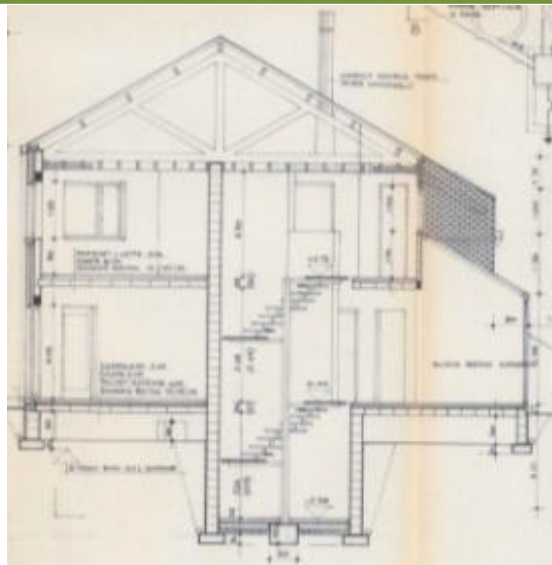


*Plan du rez-de-chaussée*



*Plan du premier étage*



*Coupe transversale**Façade Sud**Façade Est*

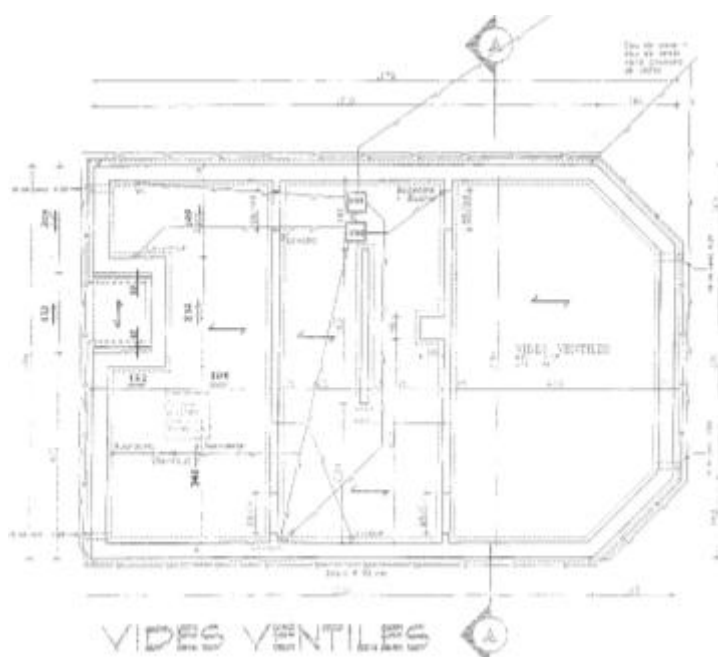
### Annexe 8 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 11, villa 4 façades de type lotissement K70 entre 1985 et 1995

Le volume protégé de cette typologie est délimité par les façades libres, par le plancher sur vide-ventilé et en toiture en partie par la toiture vers le grenier et en partie par une toiture inclinée extérieure. Le grenier ne fait pas partie du volume protégé. Au rez-de-chaussée on retrouve les pièces de vie et à l'étage les chambres et salle de bain.

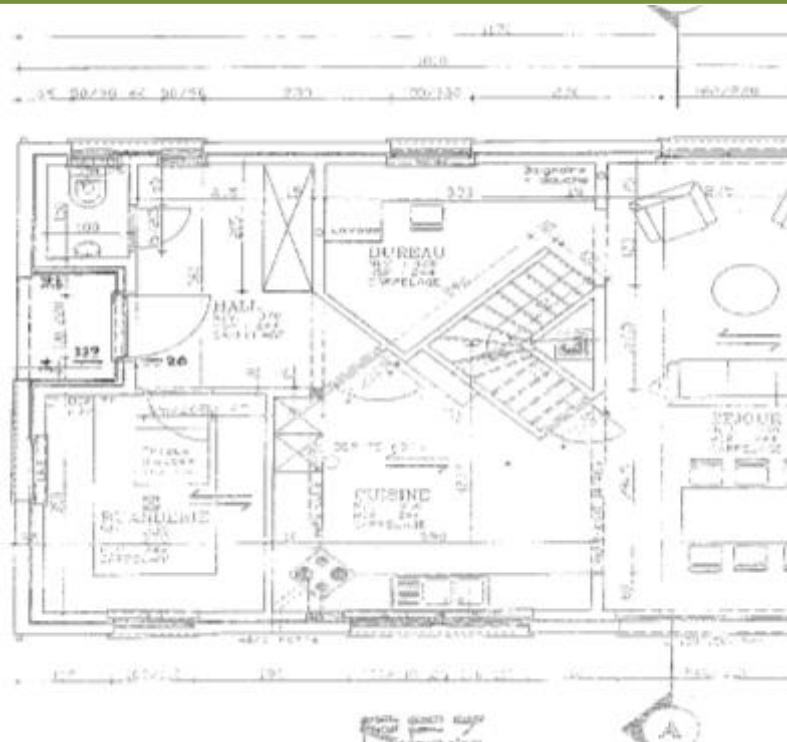
Les informations générales sur l'habitation existante sont données dans le Tableau ci-dessous :

Informations générales	
Surface de plancher chauffée	177,72 m <sup>2</sup>
Volume protégé	551 m <sup>3</sup>
Compacité	1,3
Niveau K	69

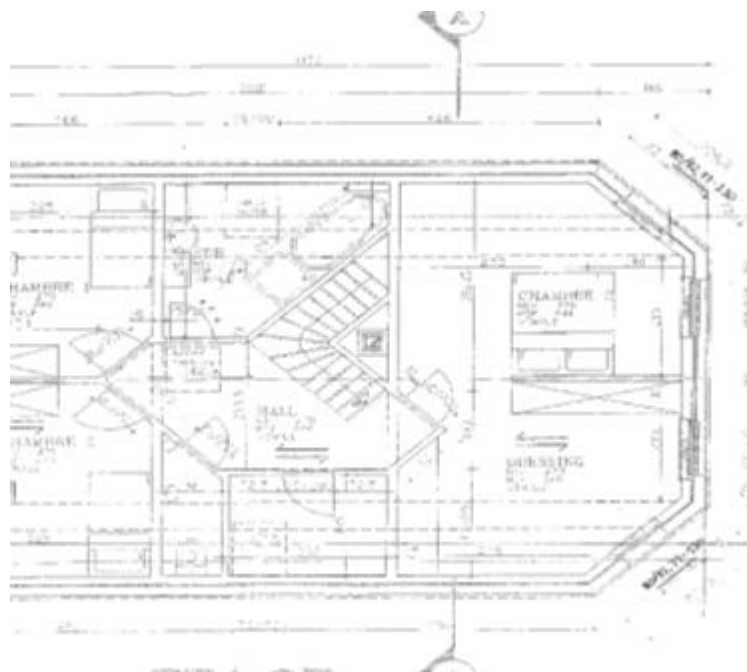
Les plans de l'habitation sont repris ci-dessous.



Plan du vide ventilé



Plan du rez-de-chaussée



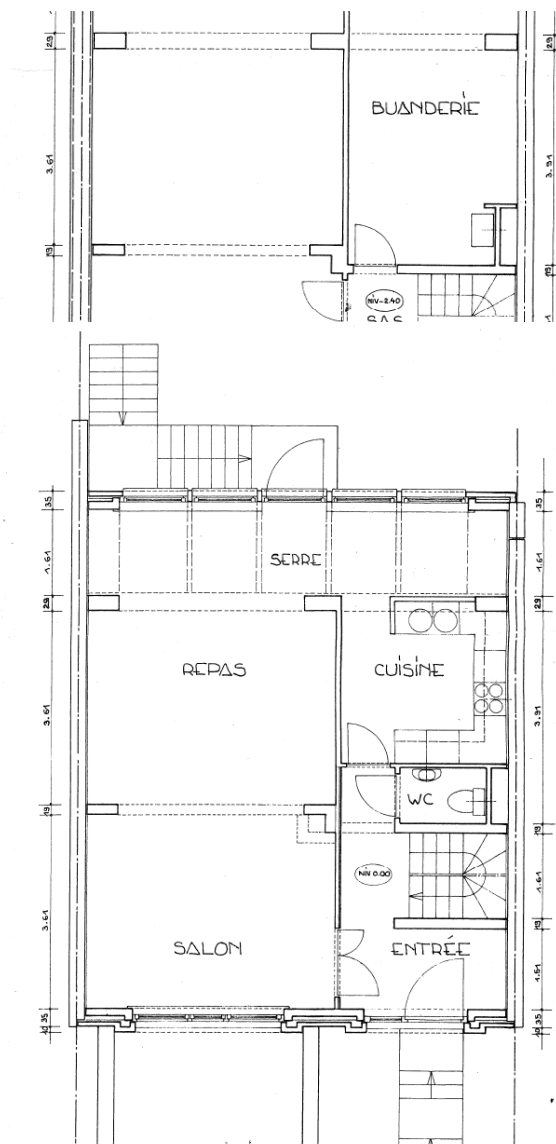
Plan du premier étage





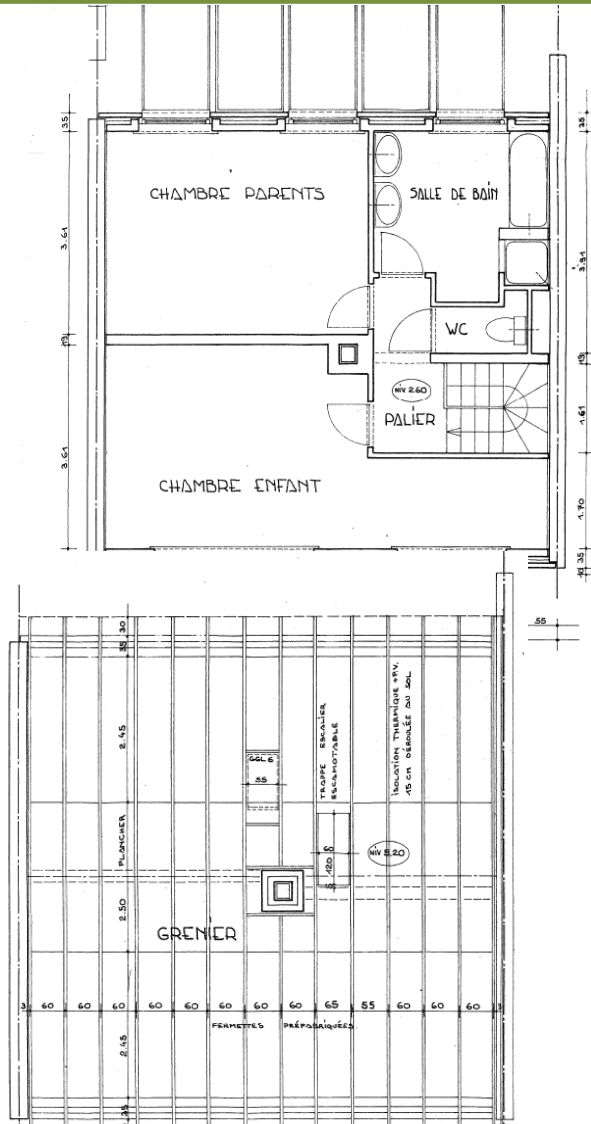
**Annexe 9 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 13, maison type bel-étage K70 entre 1985 et 1995**

Les plans de l'habitation sont repris ci-après.



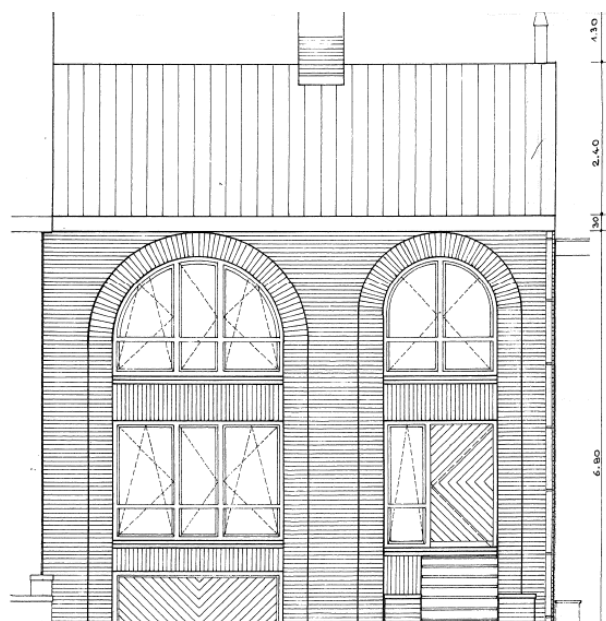
Plan du sous-sol

Plan du rez-de-chaussée

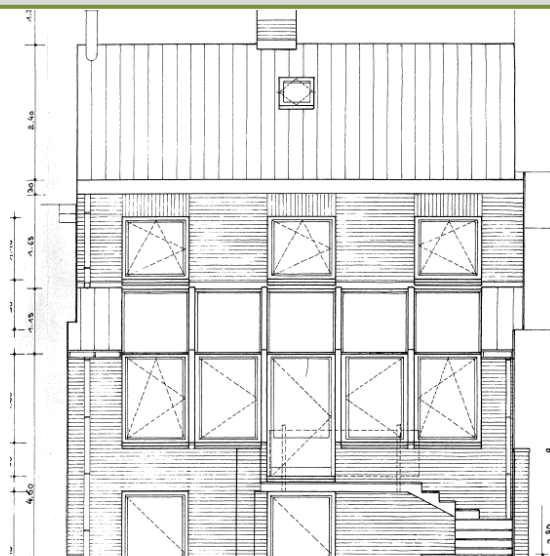


Plan du premier étage

Plan des combles

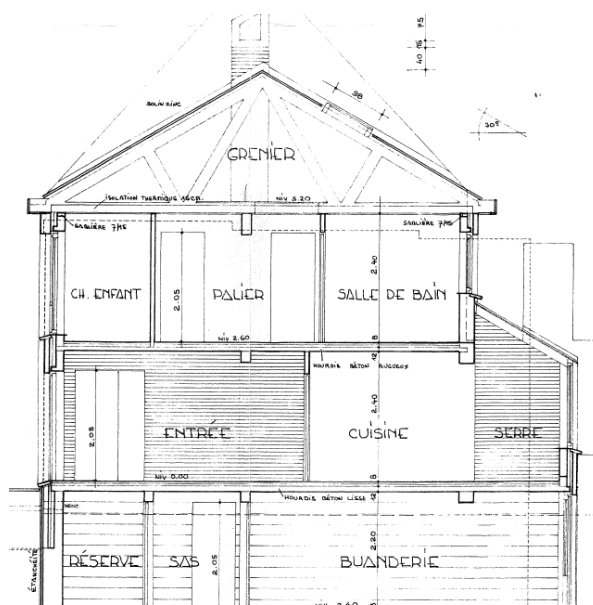






Façade avant Sud

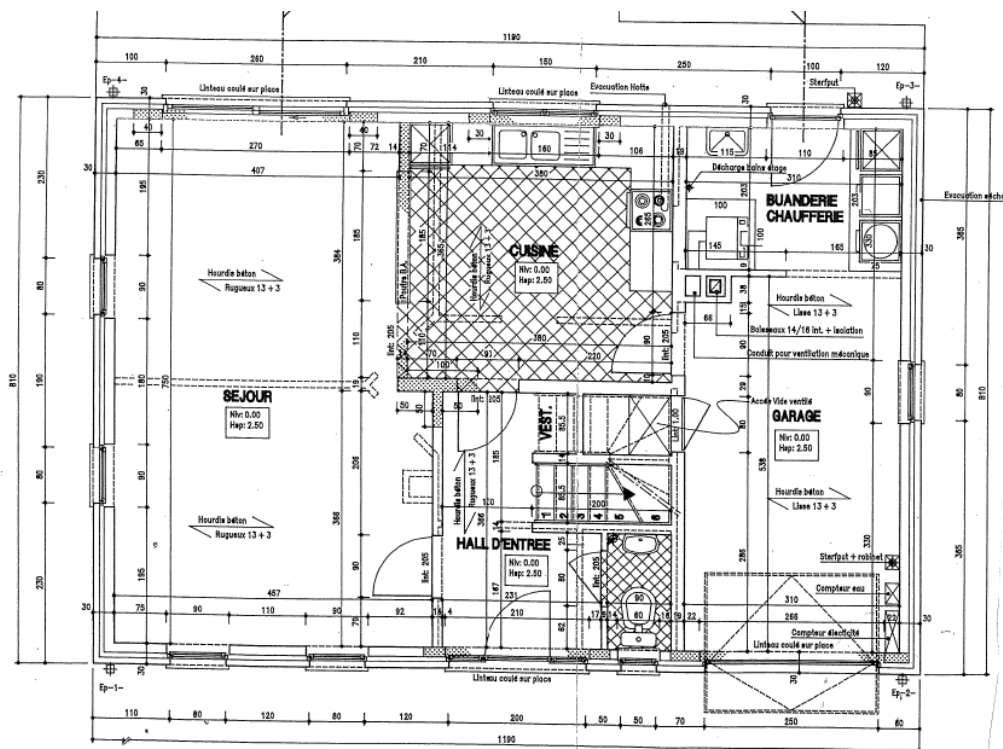
Façade arrière Nord



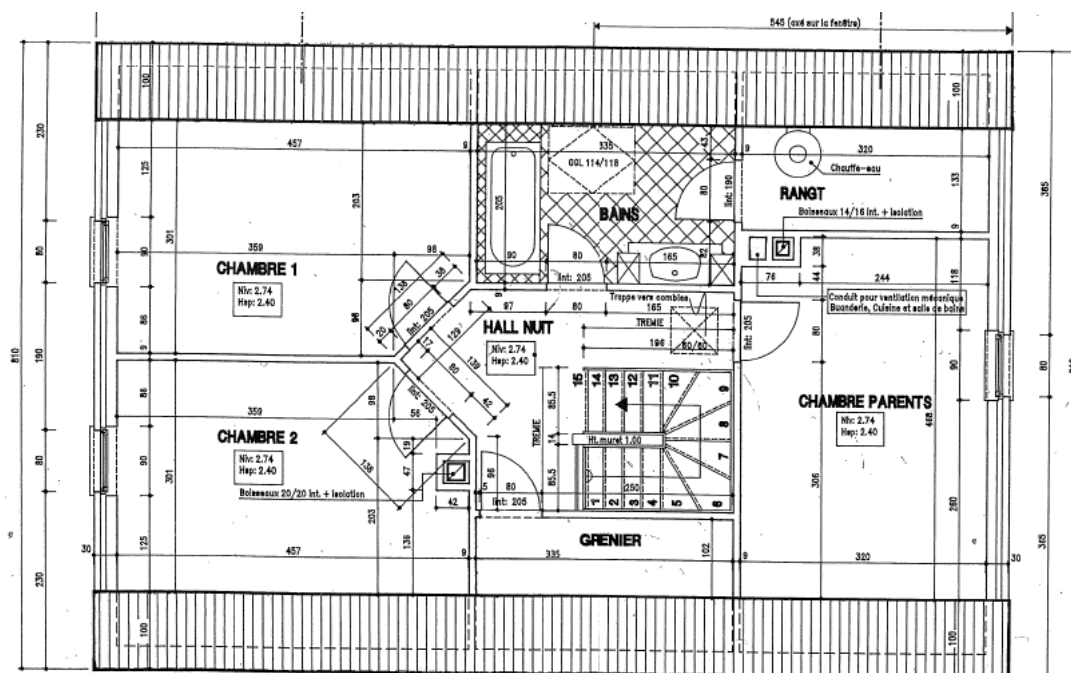
Coupe transversale

## Annexe 10 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 14, villa 4 façades de type lotissement K 55 entre 1996 et 2008

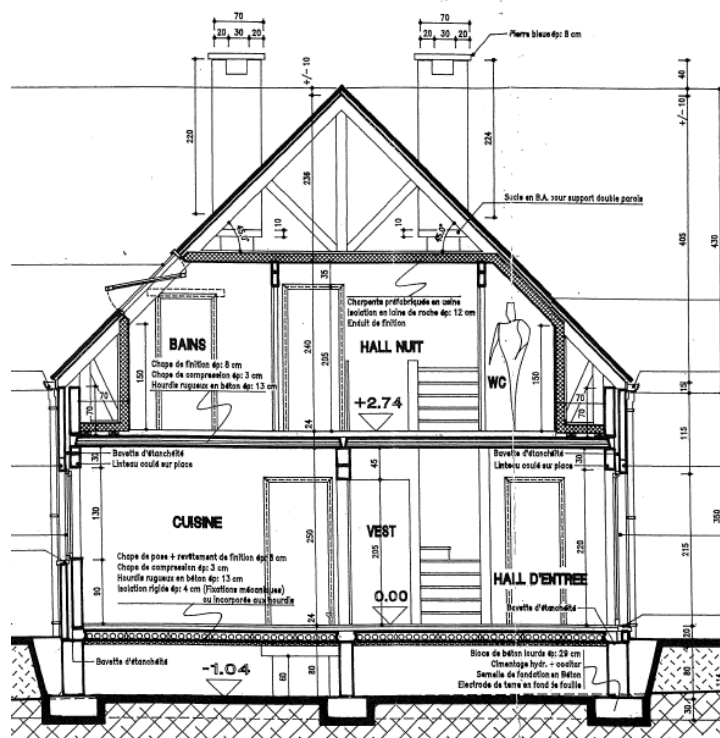
Les plans de l'habitation sont repris ci-après.



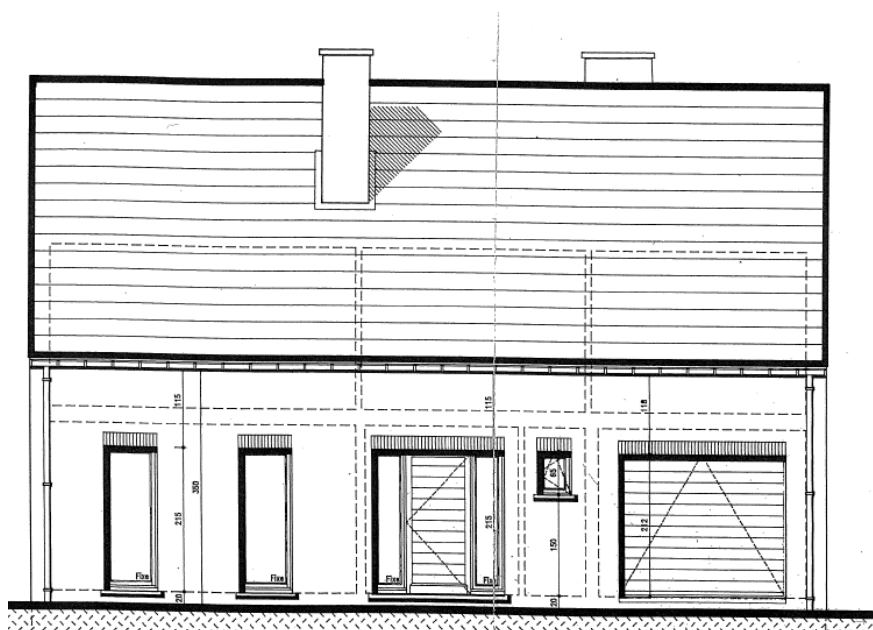
Plan du rez-de-chaussée



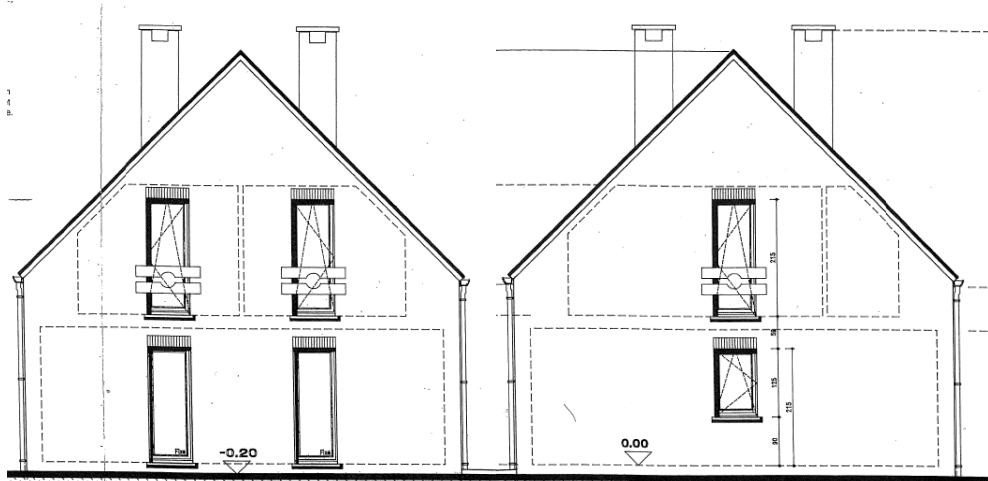
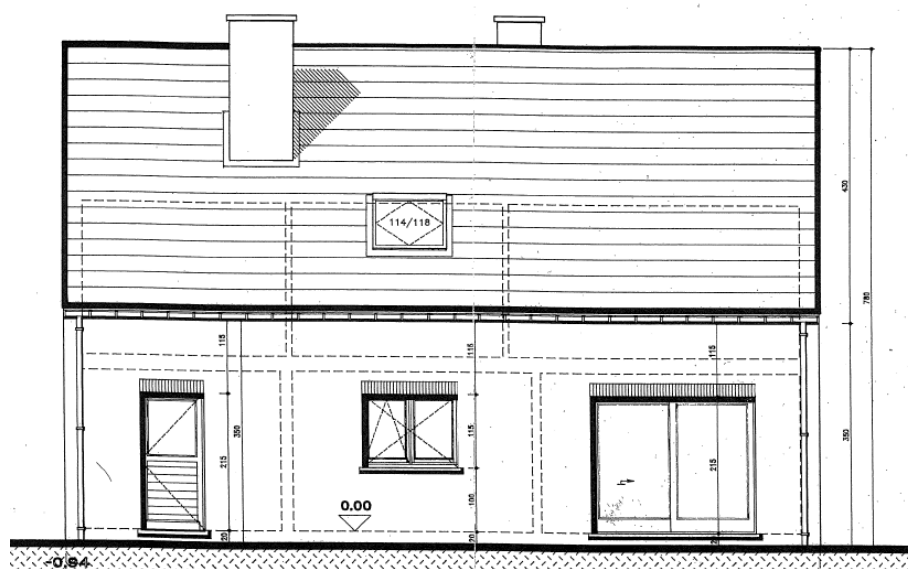
Plan du premier étage



Coupe transversale



Façade avant Nord-Est

*Façade latérale Sud-est**Façade latérale Nord-Ouest**Façade arrière Sud-Ouest*

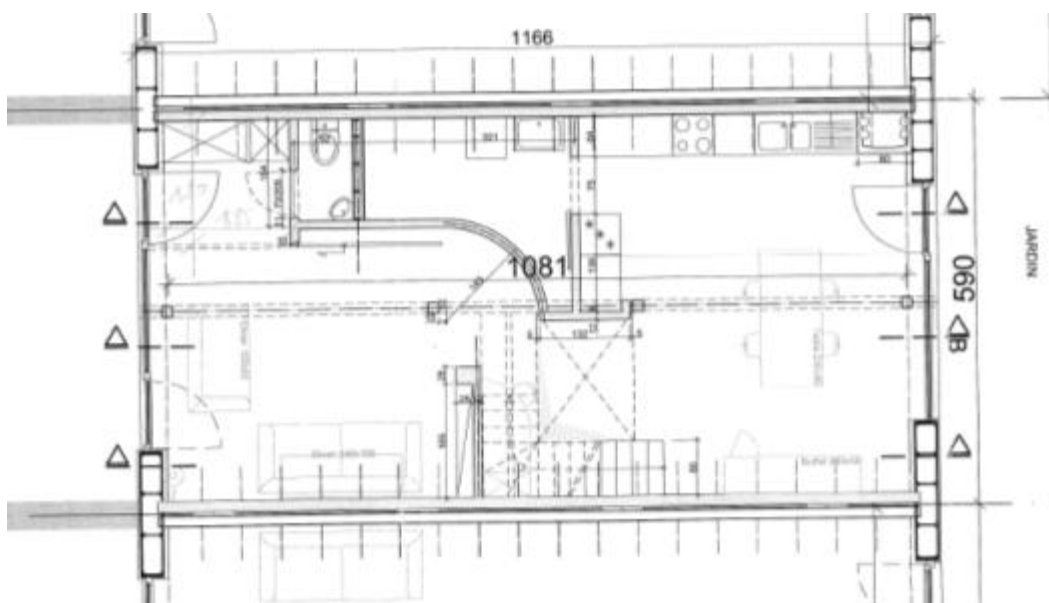
**Annexe 11 : Géométrie et caractéristiques générales de la typologie 15, maisons groupées type « pic au vent » K55 entre 1996 et 2008**

La maison a deux façades libres et deux murs mitoyens, qui eux ne sont pas des surfaces de déperdition. Le plancher est une dalle sur sol et la toiture est de type inclinée extérieure à 2 versants. La maison comprend deux niveaux : le rez-de-chaussée avec les pièces de vie et à l'étage (sous les pentes de toit), se trouvent les 2 chambres et une salle de bain.

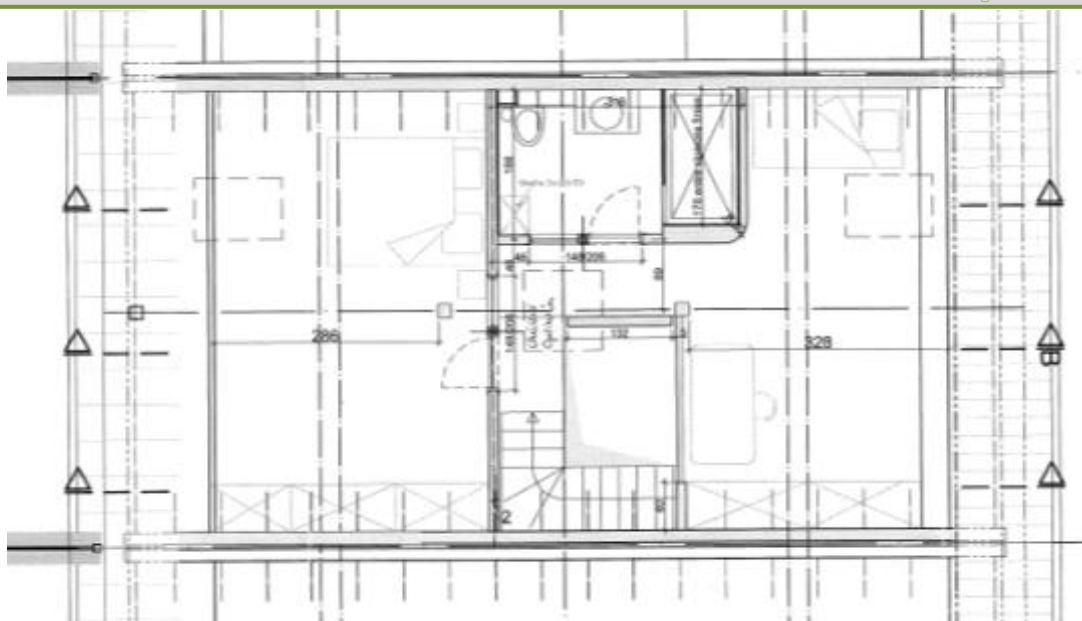
Les informations générales sur l'habitation existante sont données dans le Tableau ci-dessous :

Informations générales	
Surface de plancher chauffée	110,25 m <sup>2</sup>
Volume protégé	412 m <sup>3</sup>
Compacité	2,08
Niveau K	54

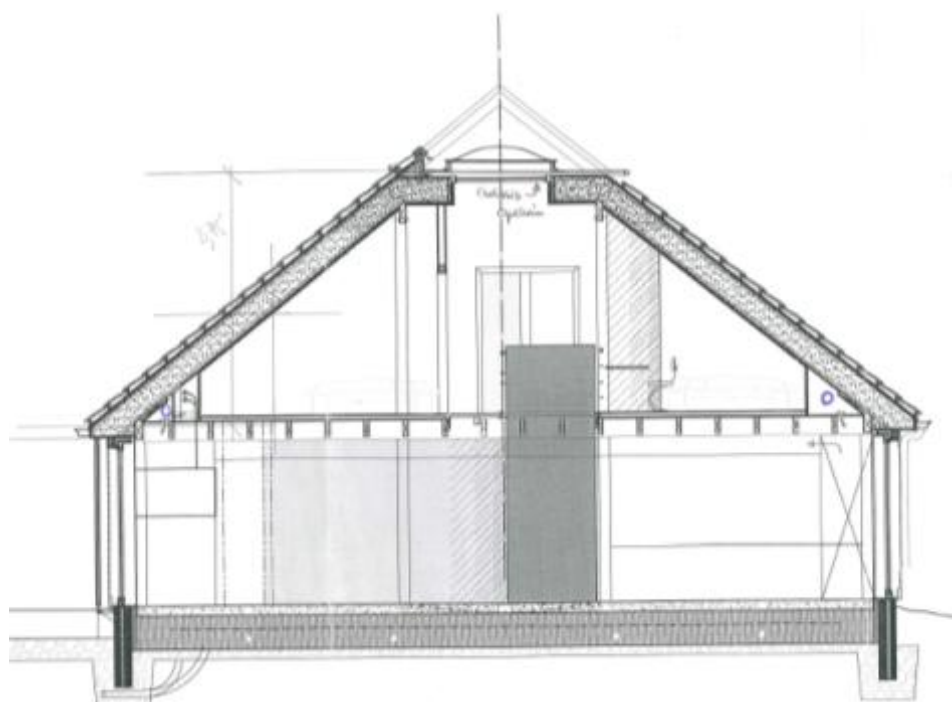
Les plans de l'habitation sont repris ci-dessous.



*Plan du rez-de-chaussée*



*Plan du premier étage*



*Coupe transversale*



## Annexe 12 : Hypothèses de simulation PEB et caractéristiques des systèmes des habitations existantes

### Nœuds constructifs

Les exigences sur les nœuds constructifs ne sont pas d'application lors de la rénovation d'un bâtiment dans la réglementation PEB.

### Étanchéité à l'air

Pour les bâtiments existants, le débit de fuite par unité de surface introduit pour le bâtiment de base (avant travaux de rénovation) est une valeur tirée de l'étude TABULA (<http://www.building-typology.eu/>). Cette valeur est fonction de la typologie étudiée (voir Tableau ci-dessous).

Quand on remplace les fenêtres, que l'on isole le toit et/ou les murs, l'étanchéité du bâtiment est améliorée. On considère dès lors une valeur différente du débit d'infiltration / exfiltration.

In/exfiltration at 50Pa [ $\text{m}^3/\text{h.m}^2$ ]					
	Detached	Semi-detached	Terraced	Enclosed apartment	Exposed apartment
Before '71	18	18	14,9	14,9	14,9
71-'90	17,1	16,3	14,1	14,1	14,1
91-'05	12	12	10	10	10
After '05	6,1	6,3	6	6	6
EPB 2010 upgrade scenario	6	6	6	6	6
Low Energy upgrade scenario	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Nous considérons les améliorations suivantes :

- **Lors du remplacement des fenêtres** : amélioration de 20 à 35% par rapport à l'étanchéité du bâtiment BASE
- **Lors de l'isolation de la toiture** : amélioration de 5 à 20% par rapport à l'étanchéité du bâtiment BASE
- **Lors du remplacement des fenêtres et isolation de la toiture** : pas d'influence l'un sur l'autre donc somme des deux améliorations : de 25 à 55% par rapport à l'étanchéité du bâtiment BASE
- **Lors du remplacement des fenêtres, isolation de la toiture et isolation des murs** : lorsqu'on remplace les fenêtres, on améliore déjà beaucoup le raccord mur/fenêtres donc en isolant les murs on améliore surtout les raccords murs et plancher: donc une amélioration de 10 à 15 % supplémentaire : amélioration de 30 à 70% par rapport à l'étanchéité du bâtiment BASE
- **Lors du remplacement des fenêtres, isolation de la toiture et isolation des murs et isolation du sol** : la plupart des raccords ont déjà été amélioré sauf peut-être raccord plancher sol/mur mais par lequel les fuites sont mineures : donc d'environ 5% d'amélioration, supplémentaire : amélioration de 55 à 75% par rapport à l'étanchéité du bâtiment BASE. On souhaite toujours arriver à une bonne étanchéité : valeur de  $4,5 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$
- **Pour une isolation complète de l'habitation de manière passive** : on veut arriver à une valeur maximale de  $2,5 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  (correspond à un Low Energy Building dans TABULA) : amélioration globale d'environ 85% par rapport à l'étanchéité de base du bâtiment.

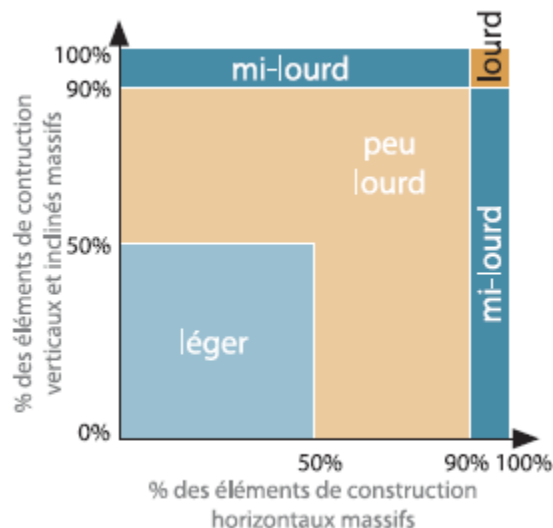
Pour les maisons BASE BIS qui ont déjà subi des rénovations, la valeur de l'étanchéité à l'air pour la « BASE BIS » est fonction du type de rénovation effectuée et du type d'habitation. Par exemple, si les



fenêtres ont été remplacées par du double vitrage assez ancien, on considérera une amélioration mineure de l'étanchéité à l'air car à l'époque où les fenêtres ont été remplacées, aucune attention particulière n'a été portée. Donc seul le double vitrage permet d'améliorer la valeur v50.

### Inertie

L'inertie d'une habitation peut être de 4 types différents : léger, peu-lourd, mi-lourd ou lourd. Elle dépend du pourcentage d'éléments de construction verticaux, inclinés et horizontaux qui sont « massifs » (c'est-à-dire qui ont une masse d'au moins 100kg/m<sup>2</sup> en ne considérant que les couches situées entre l'intérieur et une lame d'air ou une couche possédant une conductivité thermique inférieure à 0.20W/m.K).



### Ombrage

L'ombrage de toutes les fenêtres est laissé par défaut dans le logiciel PEB.

### Protections solaires

Pour les habitations existantes, aucune protection solaire intérieure ou extérieure ne sera considérée.

### Ventilation

Nous considérons que les habitations antérieures à 1996 ne possèdent pas de système de ventilation. Pour les habitations construites après 1996, elles possèdent un système de ventilation de type A (amenée d'air naturelle et extraction d'air naturelle) qui respecte les normes en vigueur.

	Aucun système	Système A
Ventilation à la demande	Aucune information à encoder	NON
Ventilateur sert au chauffage de l'air		NON
Qualité d'exécution		Par défaut

## Chauffage

Les deux tableaux suivants reprennent les 7 chaudières types qui sont installés dans les habitations de référence ainsi que leurs caractéristiques et valeurs encodées dans le logiciel PEB.

	CNC gaz 70%	CNC gaz 72%	CNC gaz 76%	CC gaz 107%
<b>rendement à 30% de charge</b>	70%	72%	76%	107%
<b>Hors du volume protégé</b>	Oui/Non (au cas par cas)	Oui/Non (au cas par cas)	Oui/Non (au cas par cas)	Non
<b>T° de retour à 30% de charge</b>				30°C
<b>chaudière maintenue en t°</b>	oui	non	non	non
<b>valeur par défaut pour la T° de retour</b>				oui
<b>veilleuse</b>	oui	oui	non	non
<b>ventilateur</b>	non	non	non	oui
<b>régulation électronique</b>	non	non	oui	oui
<b>Système de stockage</b>	absent	absent	absent	absent
<b>Auxiliaire circulateur</b>	Par unité sans régulation	Par unité sans régulation	Par unité avec régulation	Par unité avec régulation
<b>Distribution</b>	Calcul simplifié + conduites hors/dans VP (au cas par cas)	Calcul simplifié + conduites hors/dans VP (au cas par cas)	Calcul simplifié + conduites hors/dans VP (au cas par cas)	Calcul simplifié + conduites hors/dans VP (au cas par cas)
<b>émission</b>	Calcul simplifié + radiateurs	Calcul simplifié + radiateurs	Calcul simplifié + radiateurs	Calcul simplifié + radiateurs
<b>Emetteurs devant vitrage</b>	Non	Non	Non	Non
<b>Régulation T° ambiante local par local</b>	Non	Oui	Oui	Oui
<b>T° eau/air départ constante</b>	Oui	Oui	Non	Non

*Caractéristiques des systèmes de chauffage au GAZ des habitations résidentielles existantes*

CNC

CNC mazout

CNC mazout

	Mazout 70%	76%	90%
<b>rendement à 30% de charge</b>	70%	76%	90%
<b>Hors du volume protégé</b>	Oui/Non (au cas par cas)	Oui/Non (au cas par cas)	Non
<b>T° de retour à 30% de charge</b>			
<b>chaudière maintenue en t°</b>	Oui	Non	Non
<b>valeur par défaut pour la T° de retour</b>			
<b>veilleuse</b>			
<b>ventilateur</b>	oui	oui	oui
<b>régulation électronique</b>	Non	oui	oui
<b>Système de stockage</b>	absent	absent	absent
<b>Auxiliaire circulateur</b>	Par unité sans régulation	Par unité avec régulation	Par unité avec régulation
<b>distribution</b>	Calcul simplifié + conduites hors/dans VP (au cas par cas)	Calcul simplifié + conduites hors/dans VP (au cas par cas)	Calcul simplifié + conduites hors/dans VP (au cas par cas)
<b>émission</b>	Calcul simplifié + radiateurs	Calcul simplifié + radiateurs	Calcul simplifié + radiateurs
<b>Emetteurs devant vitrage</b>	Non	Non	Non
<b>Régulation T° ambiante local par local</b>	Non	Oui	Oui
<b>T° eau/air départ constante</b>	Oui	Non	Non

*Caractéristiques des systèmes de chauffage au MAZOUT des habitations résidentielles existantes*

### Eau chaude sanitaire

Le tableau suivant reprend les systèmes de production d'eau chaude sanitaire qui sont installés dans

les habitations de référence ainsi que leurs caractéristiques et valeurs encodées dans le logiciel PEB.

	Chauffe-eau instantané gaz	Boiler électrique avec stockage	Couplé chaudière gaz	Couplé chaudière mazout
<b>système</b>	Appareil à combustion au gaz	Boiler électrique	Chaudière	Chaudière
<b>Présence ballon de stockage</b>	non	oui	Oui/non (au cas par cas)	Oui/non (au cas par cas)
<b>veilleuse</b>	oui		Oui/non (au cas par cas)	Oui/non (au cas par cas)
<b>Boucle de circulation</b>	Non	Non	Non	Non

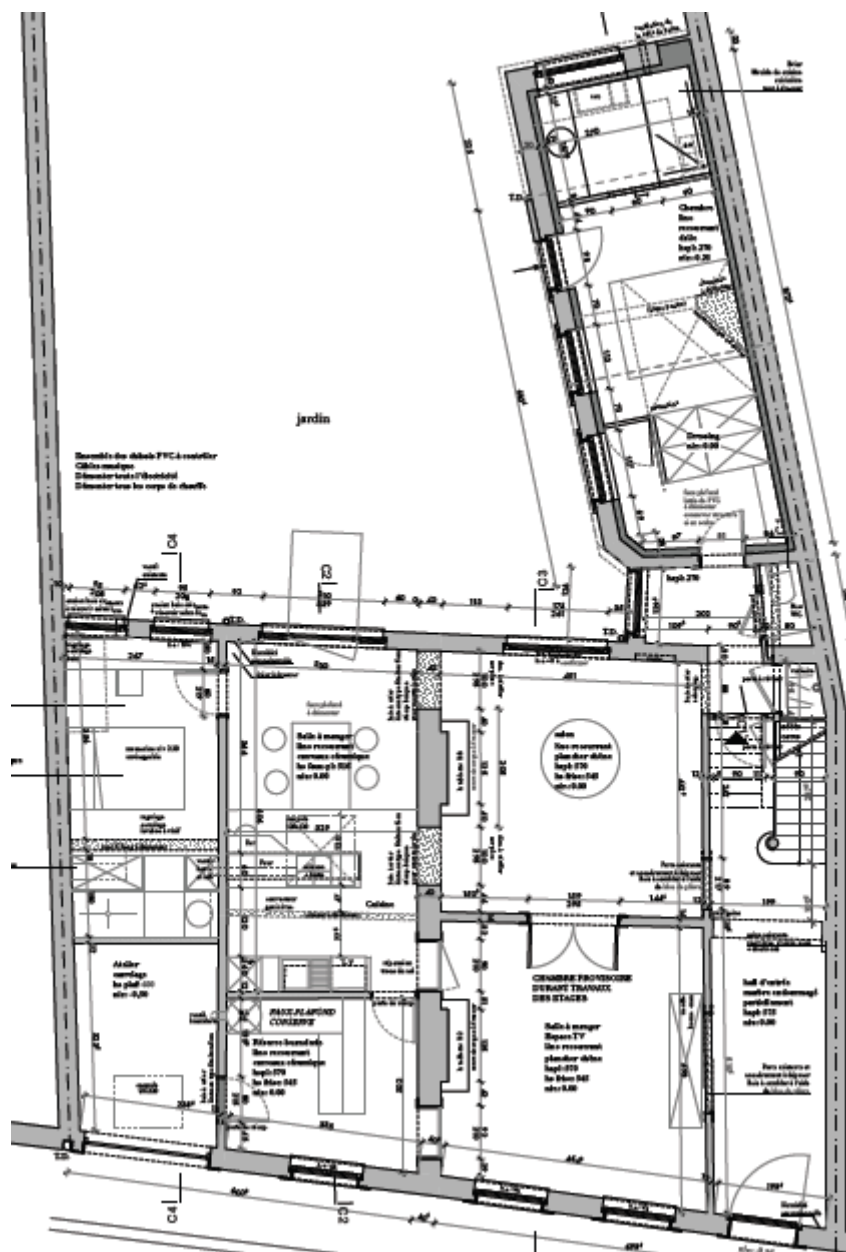
*Caractéristiques des systèmes d'ECS des habitations résidentielles existantes*

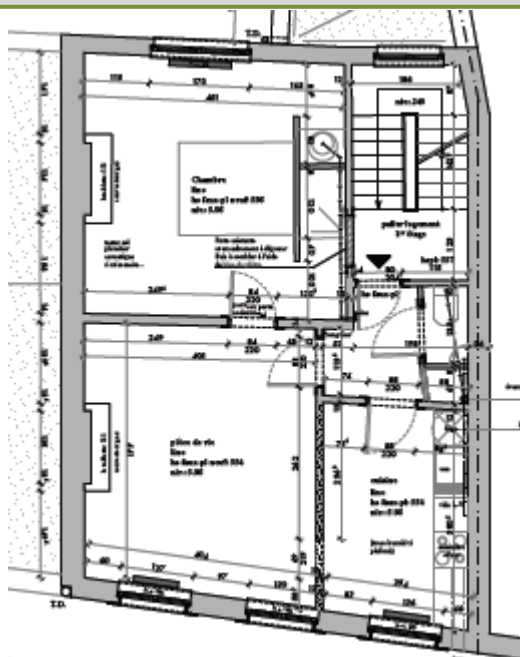
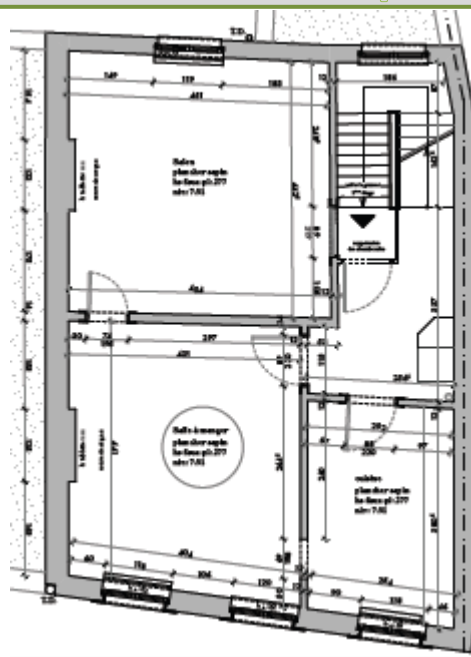
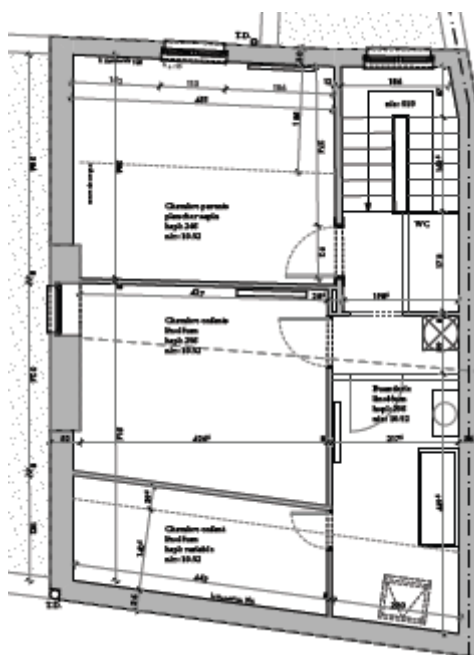
Le second tableau ci-dessous reprend le nombre de puisage qui sont considérés pour chaque typologie. Les longueurs de conduites sont toujours de type « inconnue ».

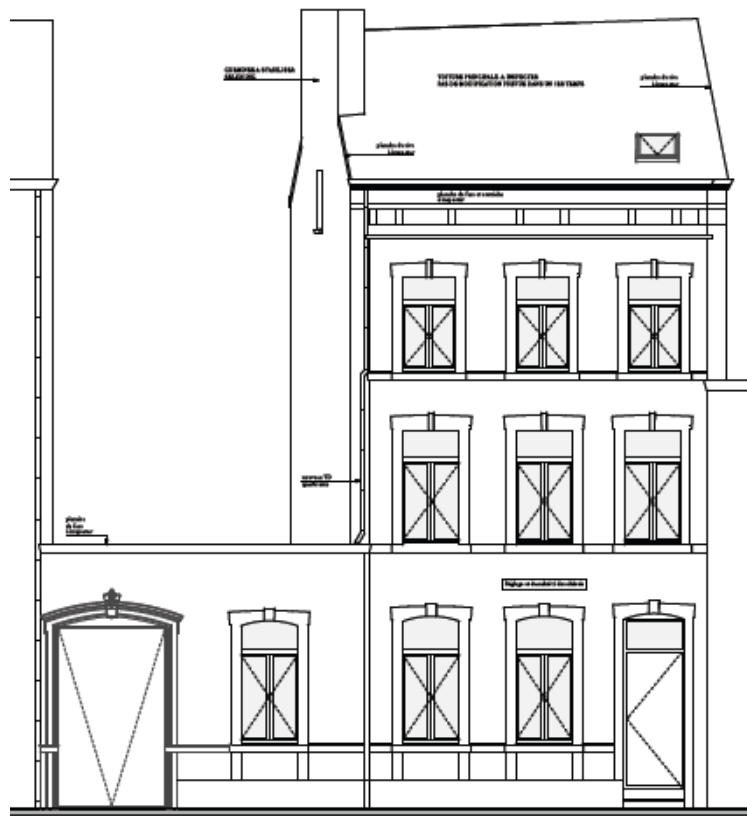
Nombre de points de puisage	1 évier de cuisine + 1 douche/bain	1 évier de cuisine + 2 douche/bain
<b>Maisons concernées</b>	1,2,3,4,5,6,7,8, 10,12,13,15	9,11,14

*Caractéristiques des points de puisage dans les habitations résidentielles existantes*

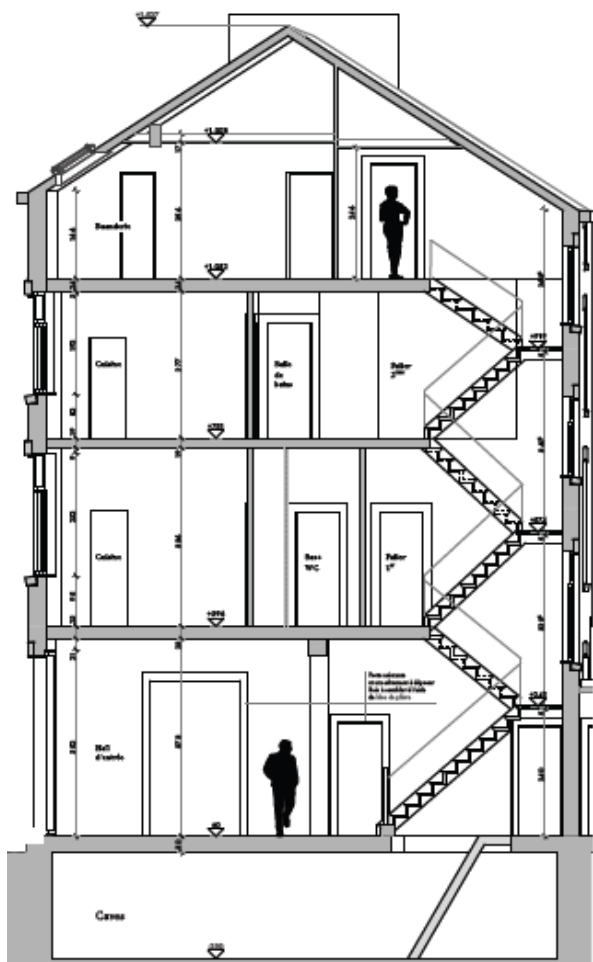
## Annexe 13 : Géométrie et caractéristiques générales de l'immeuble à appartements A2



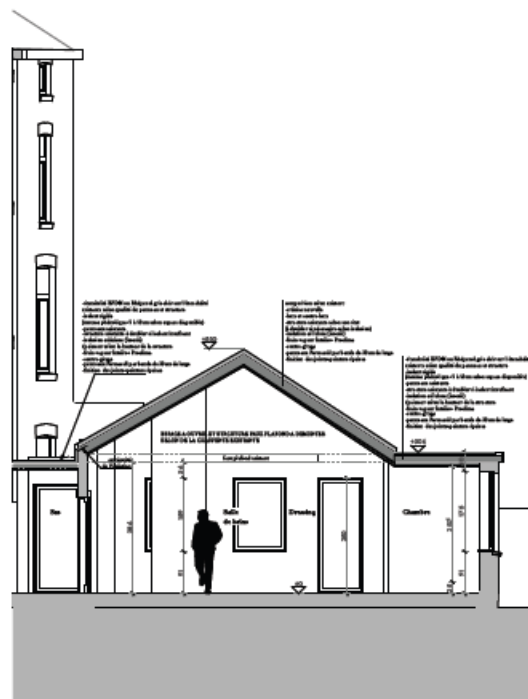
Plan du 1<sup>er</sup> étagePlan du 2<sup>ème</sup> étagePlan du 3<sup>ème</sup> étage

*Façade avant**Façade arrière*



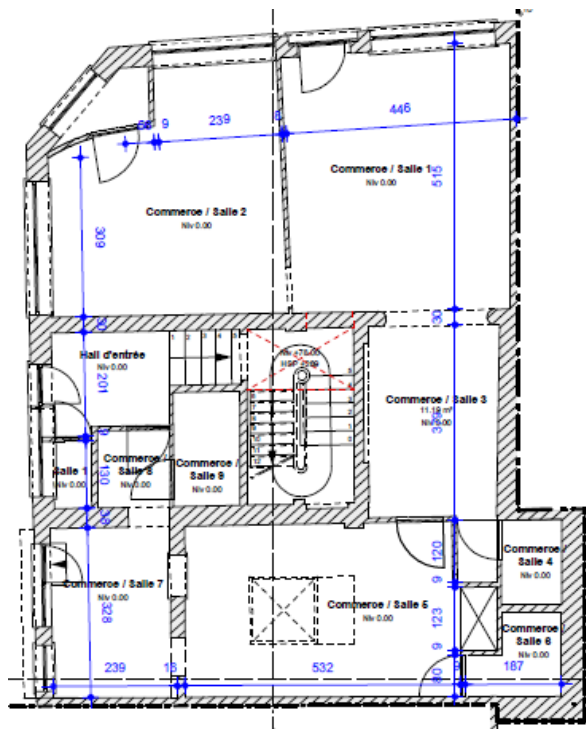


Coupe bâtiment principal

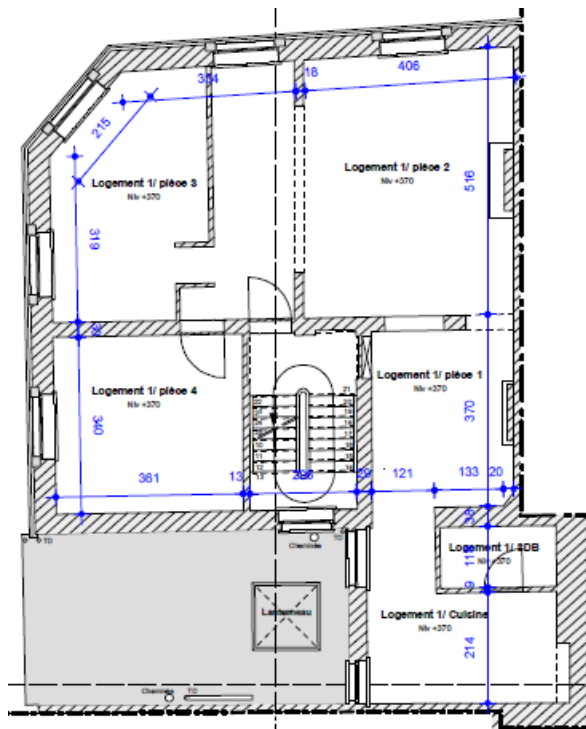
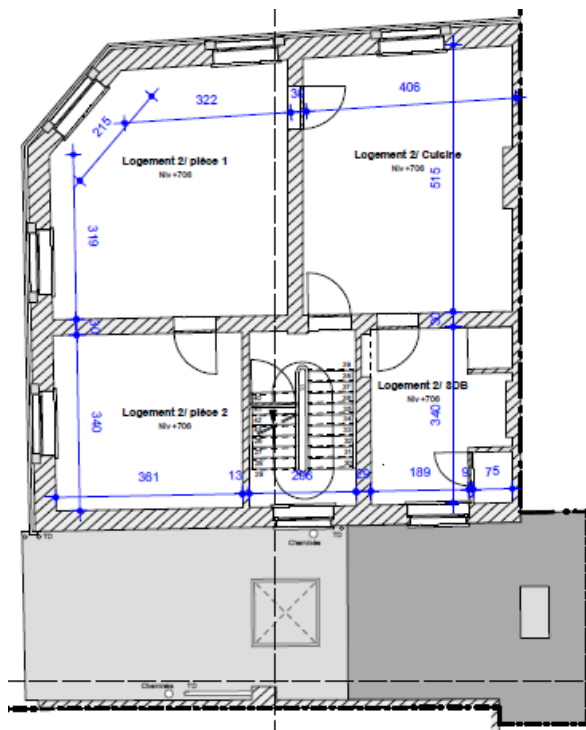
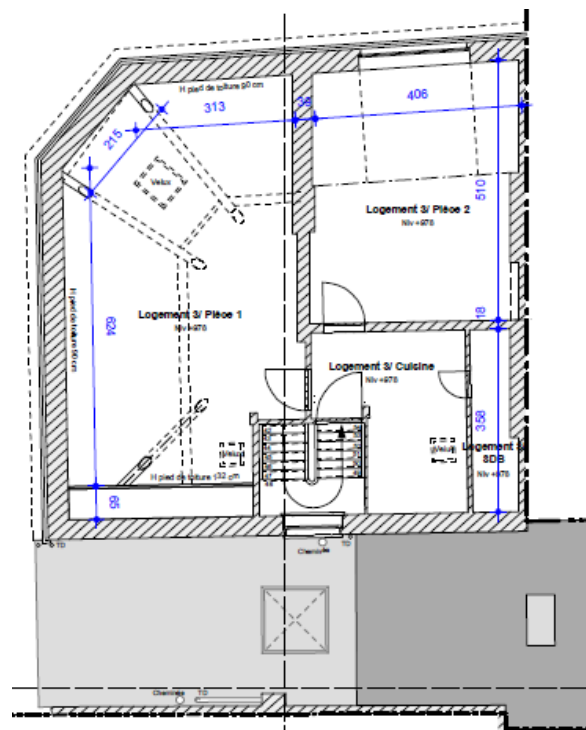


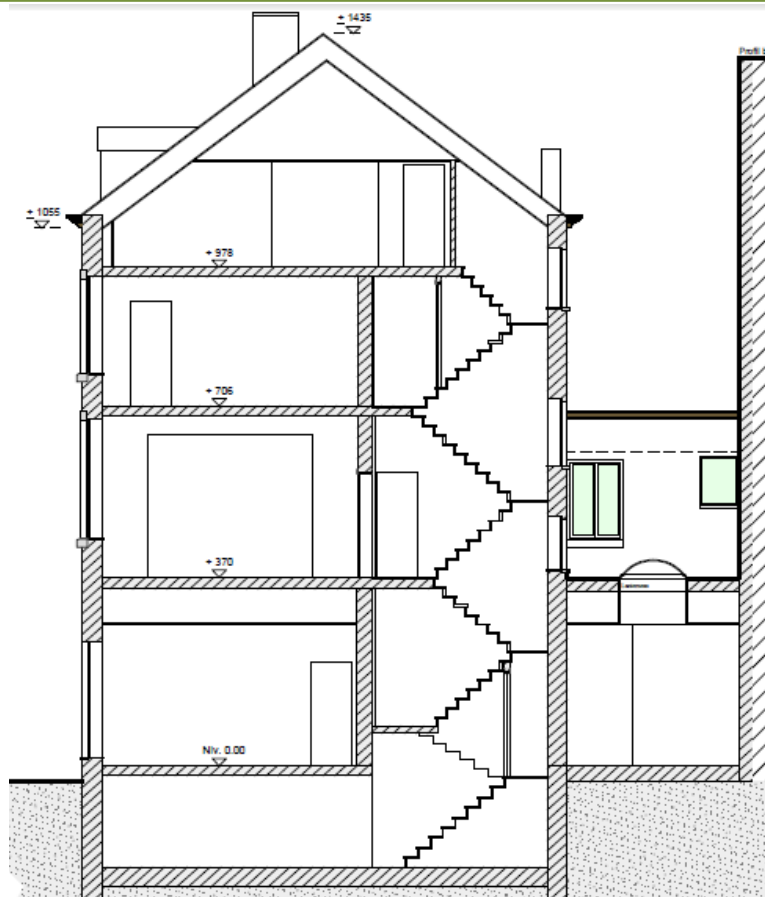
Coupe annexes

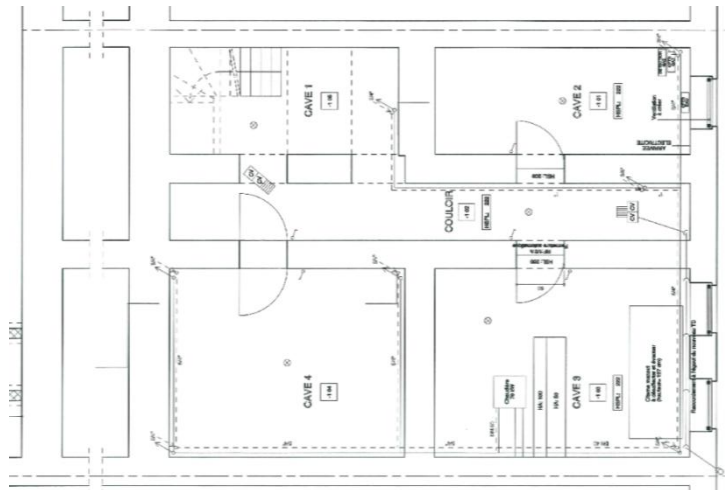
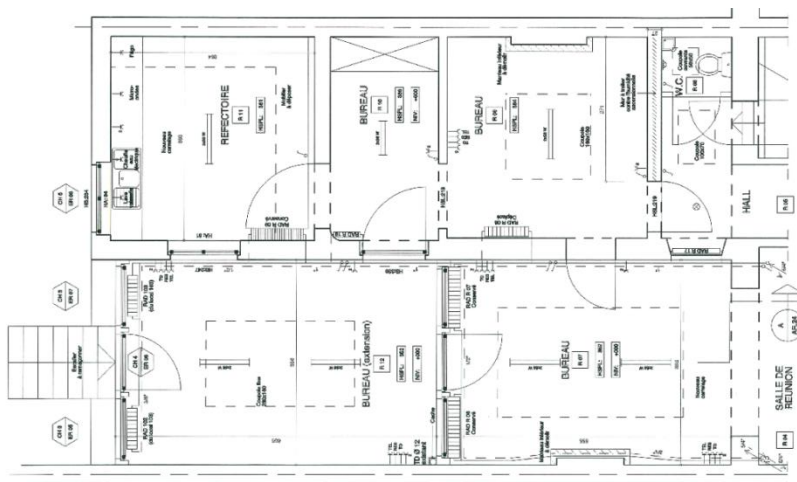
## Annexe 14 : Géométrie et caractéristiques générales de l'immeuble à appartements A3

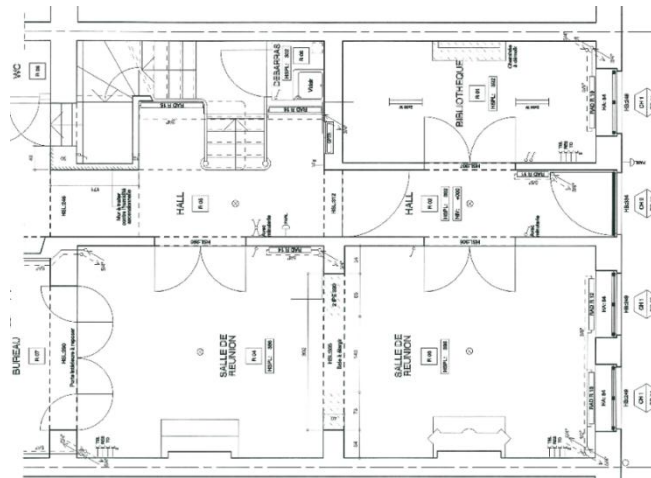


Plan du rez-de-chaussée

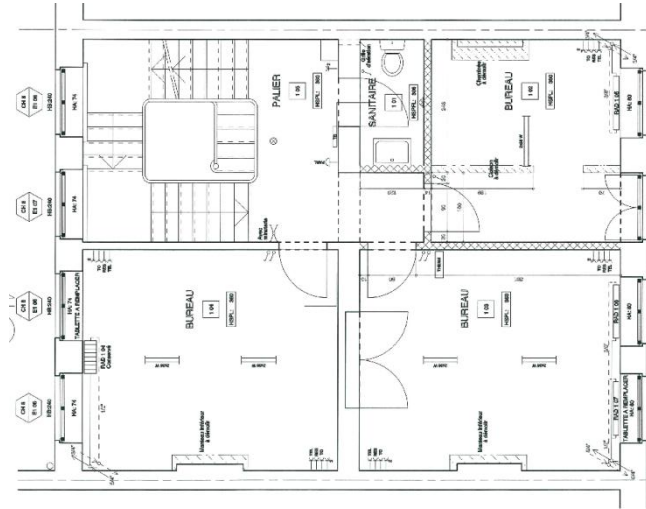
Plan du 1<sup>er</sup> étagePlan du 2<sup>ème</sup> étagePlan du 3<sup>ème</sup> étage

*Coupe**Elévation ouest**Elévation Nord*

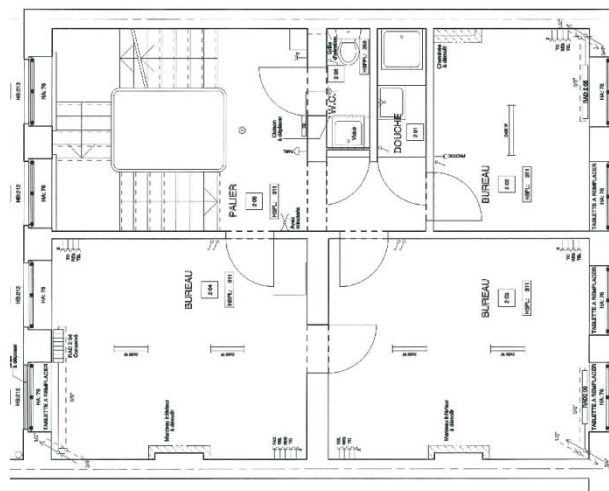
**Annexe 15 : Géométrie et caractéristiques générales de l'immeuble à appartements A4***Plan des caves**Plan du rez-de-chaussée (annexes)*



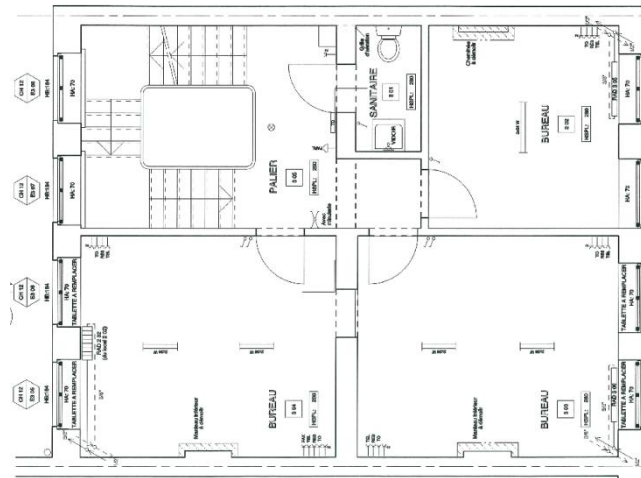
*Plan du rez-de-chaussée (bâtiment principal)*



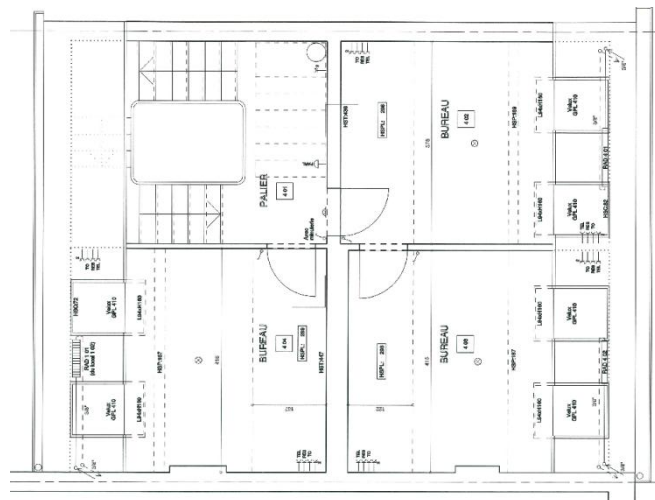
Plan du 1<sup>er</sup> étage



Plan du 2<sup>e</sup> étage



Plan du 3<sup>e</sup> étage

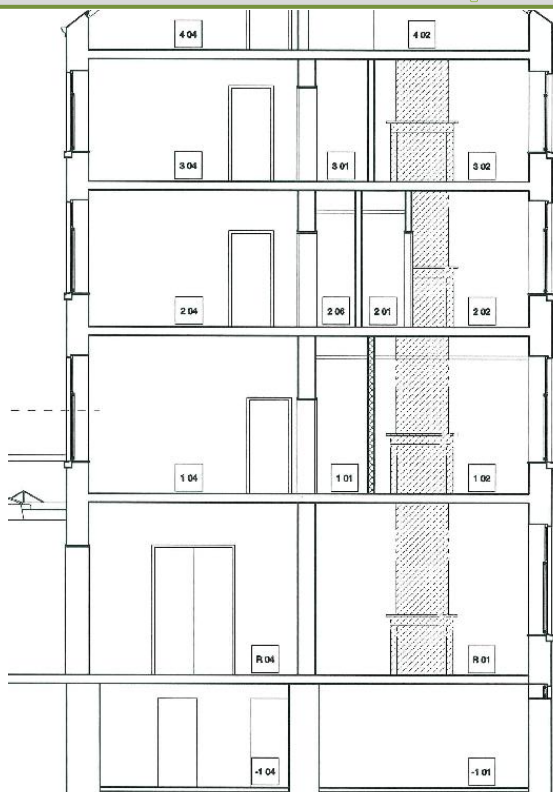


Plan 4<sup>e</sup> étage





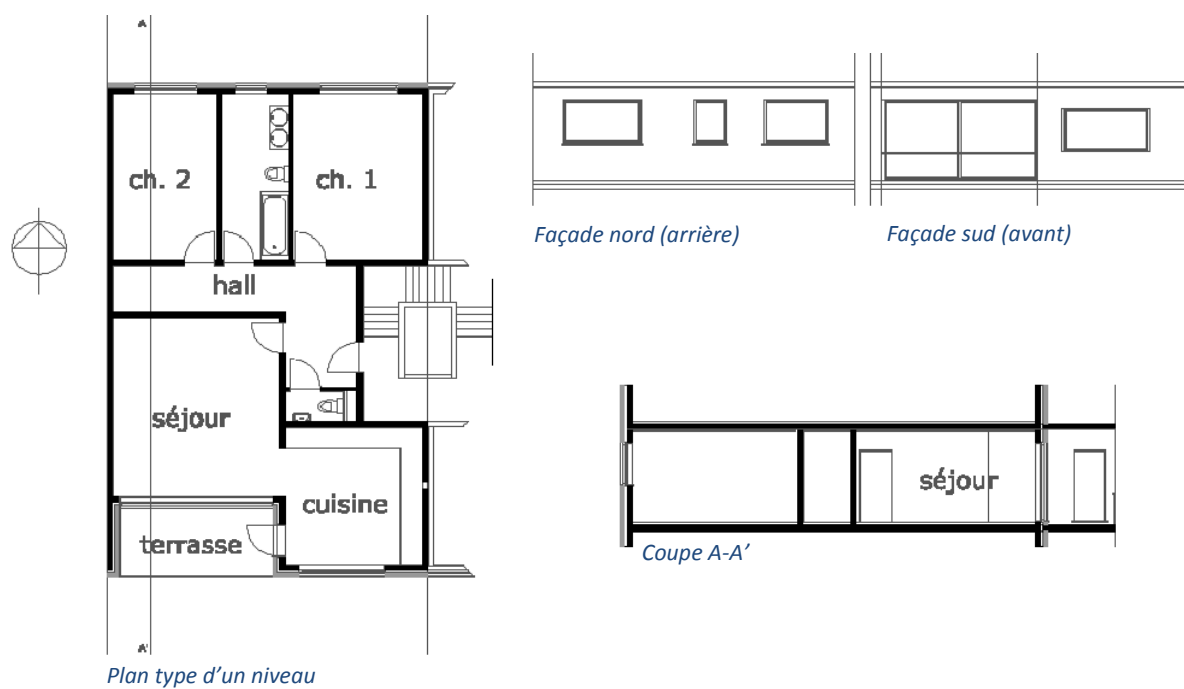
Façade avant (SO)



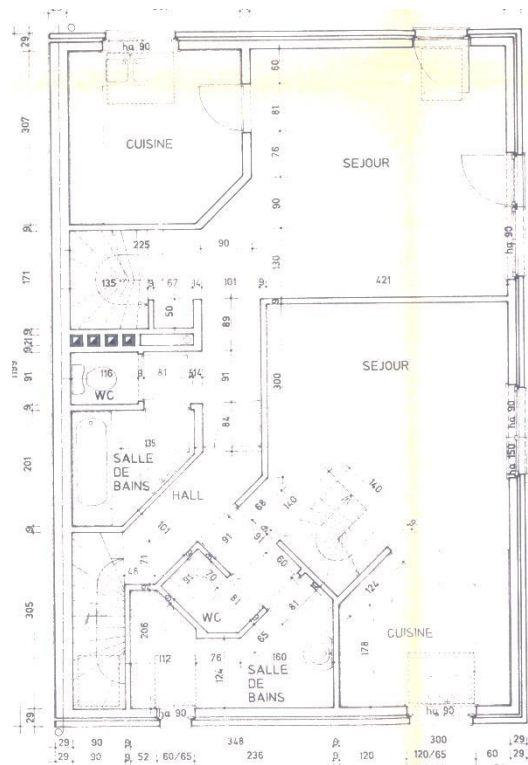
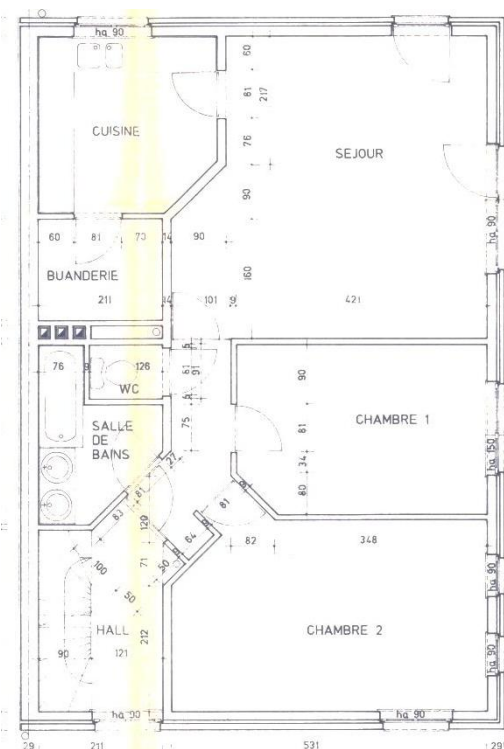
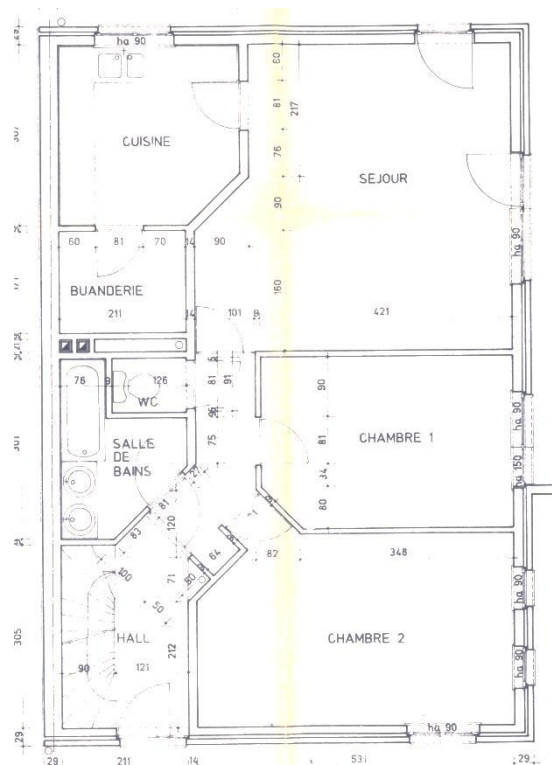
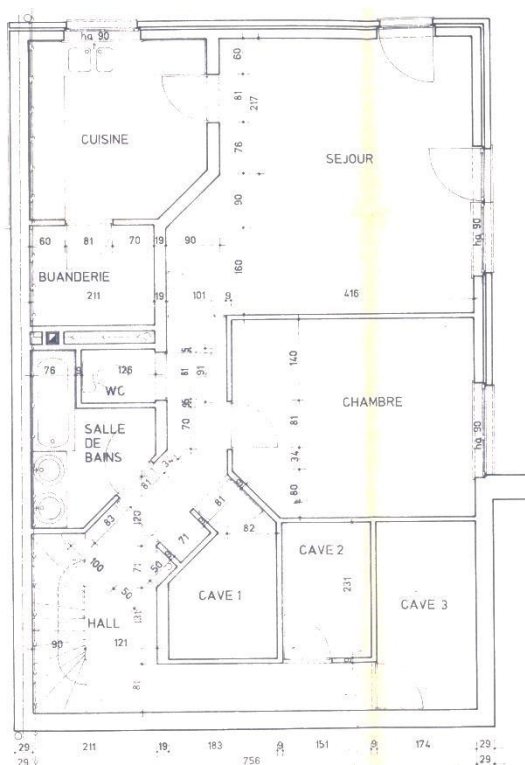


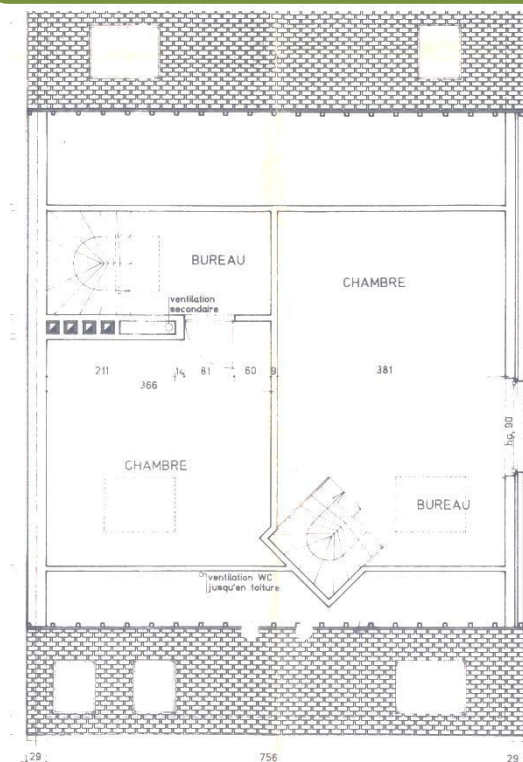
Coupe (annexes)

## Annexe 16 : Géométrie et caractéristiques générales de l'immeuble à appartements A6



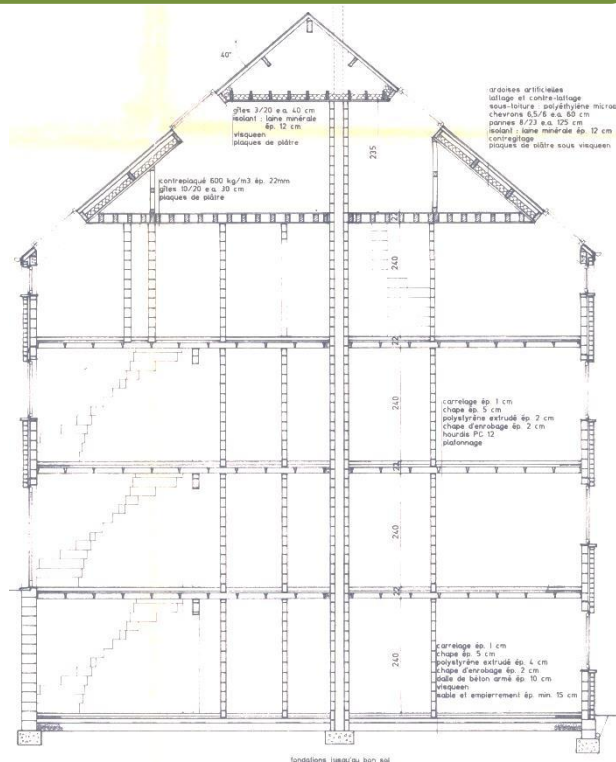
## Annexe 17 : Géométrie et caractéristiques générales de l'immeuble à appartements A9



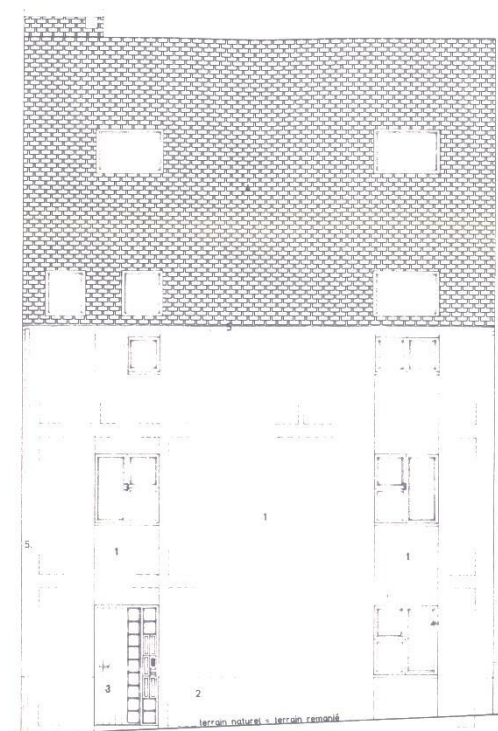


756

Plan du 3ème étage



*Coupe longitudinale*



*Façade NO*



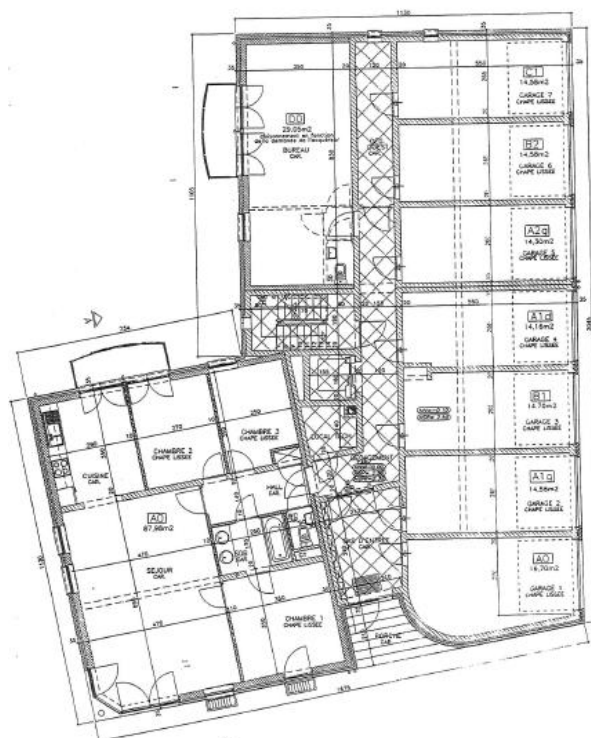
### Façade SO



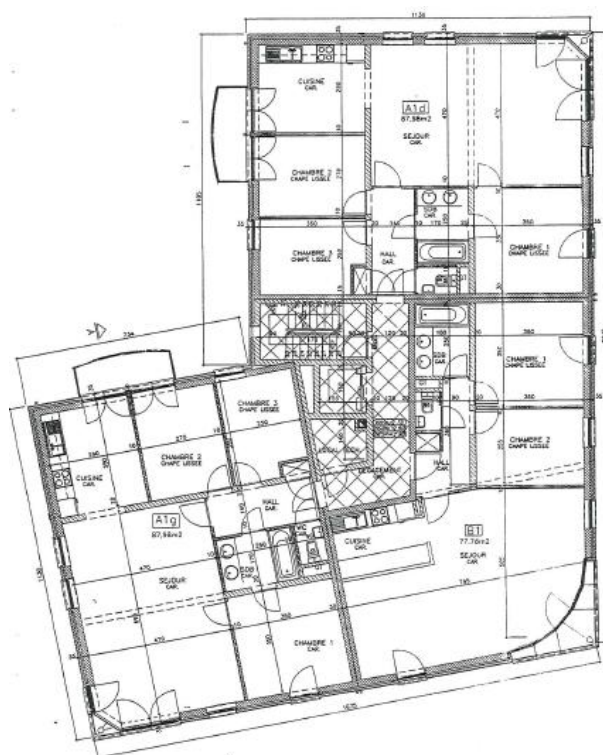
## Annexe 18 : Géométrie et caractéristiques générales de l'immeuble à appartements A10



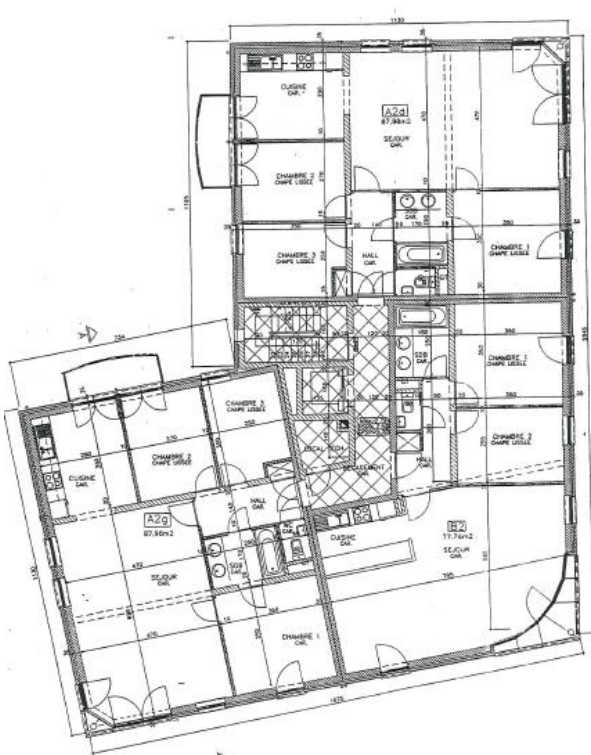
Plan du sous-sol



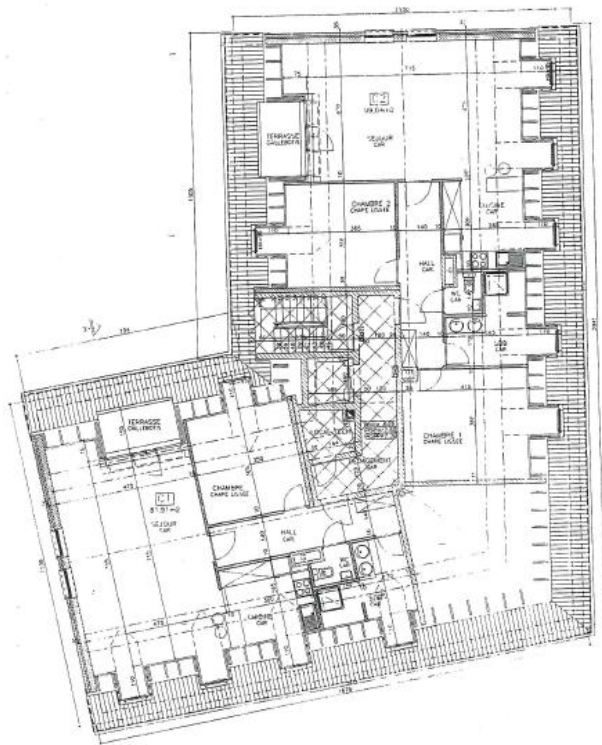
Plan du rez-de-chaussée



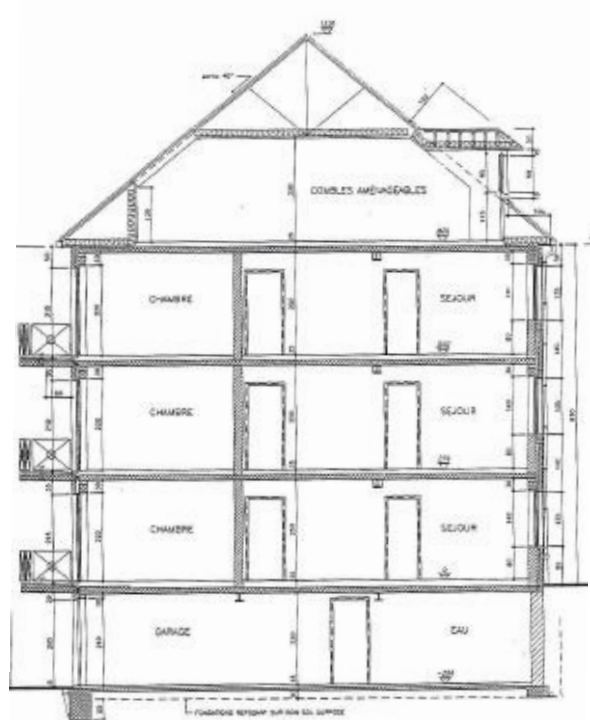
Plan du 1<sup>er</sup> étage



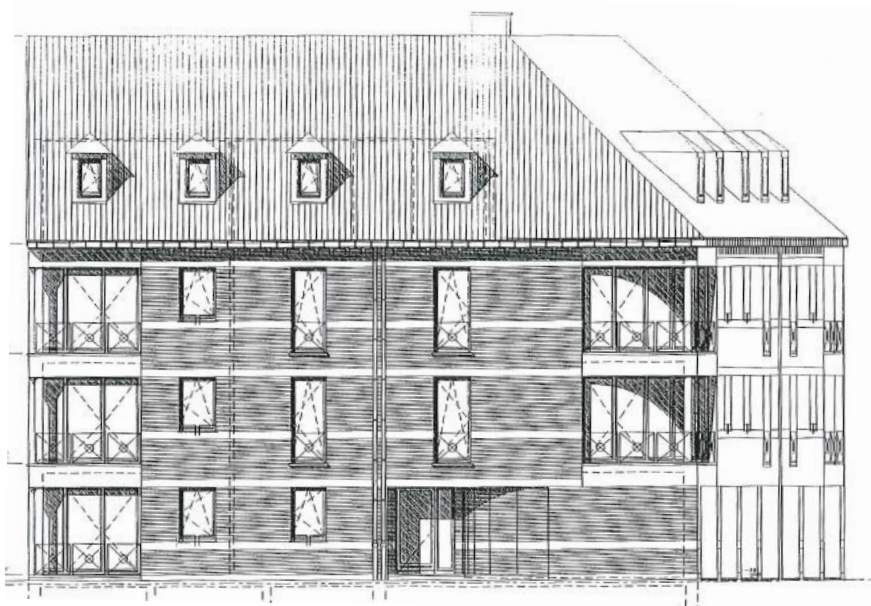
Plan du 2<sup>ème</sup> étage



Plan du 3<sup>ème</sup> étage



Coupe transversale



Façade Est



## Annexe 19 : Hypothèses de simulation PEB et caractéristiques des systèmes des immeubles à appartements existants

### Nœuds constructifs

Les exigences sur les nœuds constructifs ne sont pas d'application lors de la rénovation d'un bâtiment dans la réglementation PEB.

### Étanchéité à l'air

Pour les bâtiments existants, le débit de fuite par unité de surface introduit pour le bâtiment de base (avant travaux de rénovation) est une valeur tirée de l'étude TABULA (<http://www.building-typology.eu/>). Cette valeur est fonction de la typologie étudiée (voir Tableau ci-dessous).

Quand on remplace les fenêtres, que l'on isole le toit et/ou les murs, l'étanchéité du bâtiment est améliorée. On considère dès lors une valeur différente du débit d'infiltration / exfiltration.

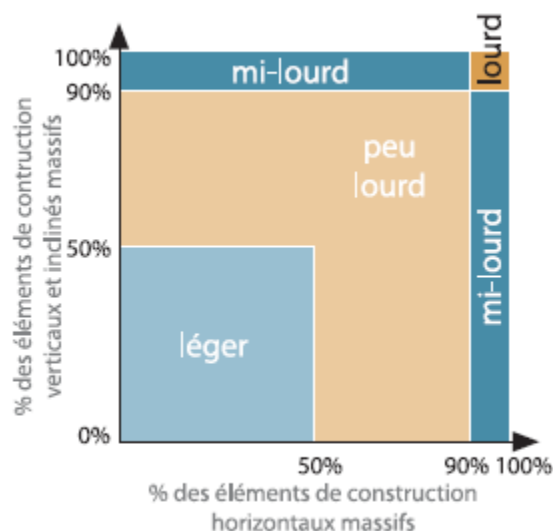
In/exfiltration at 50Pa [ $\text{m}^3/\text{h.m}^2$ ]					
	Detached	Semi-detached	Terraced	Enclosed apartment	Exposed apartment
Before '71	18	18	14,9	14,9	14,9
71-'90	17,1	16,3	14,1	14,1	14,1
91-'05	12	12	10	10	10
After '05	6,1	6,3	6	6	6
EPB 2010 upgrade scenario	6	6	6	6	6
Low Energy upgrade scenario	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Nous considérons les améliorations suivantes :

- **Lors du remplacement des fenêtres** : amélioration de 20 à 35% par rapport à l'étanchéité du bâtiment BASE
- **Lors de l'isolation de la toiture** : amélioration de 5 à 20% par rapport à l'étanchéité du bâtiment BASE
- **Lors du remplacement des fenêtres et isolation de la toiture** : pas d'influence l'un sur l'autre donc somme des deux améliorations : de 25 à 55% par rapport à l'étanchéité du bâtiment BASE
- **Lors du remplacement des fenêtres, isolation de la toiture et isolation des murs** : lorsqu'on remplace les fenêtres, on améliore déjà beaucoup le raccord mur/fenêtres donc en isolant les murs on améliore surtout les raccords murs et plancher: donc une amélioration de 10 à 15 % supplémentaire : amélioration de 30 à 70% par rapport à l'étanchéité du bâtiment BASE
- **Lors du remplacement des fenêtres, isolation de la toiture et isolation des murs et isolation du sol** : la plupart des raccords ont déjà été amélioré sauf peut-être raccord plancher sol/mur mais par lequel les fuites sont mineures : donc d'environ 5% d'amélioration, supplémentaire : amélioration de 55 à 75% par rapport à l'étanchéité du bâtiment BASE. On souhaite toujours arriver à une bonne étanchéité : valeur de  $4,5 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$
- **Pour une isolation complète de l'habitation de manière passive** : on veut arriver à une valeur maximale de  $2,5 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  (correspond à un Low Energy Building dans TABULA) : amélioration globale d'environ 85% par rapport à l'étanchéité de base du bâtiment.

### Inertie

L'inertie d'une habitation peut être de 4 types différents : léger, peu-lourd, mi-lourd ou lourd. Elle dépend du pourcentage d'éléments de construction verticaux, inclinés et horizontaux qui sont « massifs » (c'est-à-dire qui ont une masse d'au moins 100kg/m<sup>2</sup> en ne considérant que les couches situées entre l'intérieur et une lame d'air ou une couche possédant une conductivité thermique inférieure à 0.20W/m.K).



### Ombrage

L'ombrage de toutes les fenêtres est laissé par défaut dans le logiciel PEB.

### Protections solaires

Pour les habitations existantes, aucune protection solaire intérieure ou extérieure ne sera considérée.

### Ventilation

Nous considérons que les habitations antérieures à 1996 ne possèdent pas de système de ventilation.

Pour les habitations construites après 1996 :

- L'immeuble à appartements A9 possède un système de ventilation de type A (amenée d'air naturelle et extraction d'air naturelle) qui respecte les normes en vigueur.
- L'immeuble à appartements A10 possède un système de ventilation de type C non complet (extracteurs mécaniques dans les espaces humides, pas d'amenée d'air).

	Aucun système	Système A	Système C
<b>Ventilation à la demande</b>	Aucune information à encoder	NON	NON
<b>Ventilateur sert au chauffage de l'air</b>		NON	NON
<b>Qualité d'exécution</b>		Par défaut	Par défaut

### Chauffage

Les deux tableaux suivants reprennent les 7 chaudières types qui sont installés dans les habitations de référence ainsi que leurs caractéristiques et valeurs encodées dans le logiciel PEB.

	CC gaz 75%	CC gaz 82%	CC gaz 102%	CC gaz 108%
<b>rendement à 30% de charge</b>	75%	82%	102%	108%
<b>Hors du volume protégé</b>	Oui	Oui/Non (au cas par cas)	Non	Oui
<b>T° de retour à 30% de charge</b>			40° C	30°C
<b>chaudière maintenue en t°</b>	oui	oui	non	non
<b>valeur par défaut pour la T° de retour</b>			oui	oui
<b>veilleuse</b>	oui	oui	non	non
<b>ventilateur</b>	non	non	oui	oui
<b>régulation électronique</b>	non	non	oui	oui
<b>Système de stockage</b>	absent	absent/ présent ds VP (au cas par cas)	absent	absent
<b>Auxiliaire circulateur</b>	Par unité sans régulation	Par unité sans/ avec régulation (au cas par cas)	Par unité avec régulation	Par unité avec régulation
<b>Distribution</b>	Calcul simplifié + conduites hors/dans VP (au cas par cas)	Calcul simplifié + conduites hors/dans VP (au cas par cas)	Calcul simplifié + conduites dans VP	Calcul simplifié + conduites dans VP
<b>émission</b>	Calcul simplifié + radiateurs	Calcul simplifié + radiateurs	Calcul simplifié + radiateurs	Calcul simplifié + radiateurs
<b>Emetteurs devant vitrage</b>	Non	Non	Non	Non
<b>Régulation T° ambiante local par local</b>	Oui	Oui	Oui	Oui
<b>T° eau/air départ constante</b>	Oui	Oui	Non	Non

*Caractéristiques des systèmes de chauffage au GAZ des immeubles à appartements existants*

	CC Mazout 73%	CC Mazout 82%
<b>rendement à 30% de charge</b>	73%	82%
<b>Hors du volume protégé</b>	Oui	Oui
<b>T° de retour à 30% de charge</b>		
<b>chaudière maintenue en t°</b>	Oui/Non (au cas pas cas)	Non
<b>valeur par défaut pour la T° de retour</b>		
<b>veilleuse</b>		
<b>ventilateur</b>	oui	Non
<b>régulation électronique</b>	Non	Non
<b>Système de stockage</b>	absent	absent
<b>Auxiliaire circulateur</b>	Par unité sans régulation	Par unité sans régulation
<b>distribution</b>	Calcul simplifié + conduites hors/dans VP (au cas par cas)	Calcul simplifié + conduites hors VP
<b>émission</b>	Calcul simplifié + radiateurs	Calcul simplifié + radiateurs
<b>Emetteurs devant vitrage</b>	Oui/Non (au cas pas cas)	Non
<b>Régulation T° ambiante local par local</b>	Oui	Oui
<b>T° eau/air départ constante</b>	Oui/Non (au cas pas cas)	Non

*Caractéristiques des systèmes de chauffage au MAZOUT des immeubles à appartements existants*

### Eau chaude sanitaire

Le tableau suivant reprend les systèmes de production d'eau chaude sanitaire qui sont installés dans les immeubles à appartements de référence ainsi que leurs caractéristiques et valeurs encodées dans le logiciel PEB.

	Chauffe-eau instantané gaz	Boiler électrique avec stockage	Couplé chaudière gaz	Couplé chaudière mazout
<b>Système</b>	Appareil à combustion au gaz individuel (par unité d'habitation)	Boiler électrique individuel (par unité d'habitation)	Chaudière individuelle ou partagée (au cas par cas)	Chaudière partagée
<b>Présence ballon de stockage</b>	non	oui	Oui/non (au cas par cas)	Oui/non (au cas par cas)
<b>Veilleuse</b>	oui		Oui/non (au cas par cas)	Oui/non (au cas par cas)
<b>Boucle de circulation</b>	Non	Non	Non	Oui/non (au cas par cas)

*Caractéristiques des systèmes d'ECS des immeubles à appartements existants*

Etant donné que chaque unité d'habitation comprend une salle-de-bains, les points de puisages considérés correspondent à 1 évier de cuisine et 1 douche/bain. Les longueurs de conduites sont toujours de type « inconnue ».