

COZEB - Extension

DETERMINATION SYNTHETIQUE
DU PARC EXISTANT DE BUREAUX ET SERVICES ET ETABLISSEMENTS
DE SOINS DE SANTE WALLONS

Rapport de la tâche 1 – mars 2014

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



Sommaire

1.	Introduction et objectifs.....	4
2.	Secteur tertiaire : mesures-groupes-variantes	4
3.	Bureaux - analyse bibliographique	5
3.1.	EPICool.....	6
3.2.	Cartographie des émissions annuelles de CO ₂ dues aux consommations énergétiques des bâtiments tertiaires en Région Wallonne	7
3.3.	Structuration du territoire pour répondre aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre	10
3.4.	Tabula	11
3.5.	Base de données EPB flamande	13
3.6.	Etude pour l'extension de la méthode de calcul de la Performance Energétique des Bâtiments	13
3.7.	Bilan énergétique de la Wallonie 2008, secteur domestique et équivalents	14
3.8.	Guide to developing strategies for building energy renovation, BPIE	17
3.9.	MURE Odyssee database of energy efficiency indicators, policies and measures	17
4.	Bureaux - Choix des bâtiments de référence COZEB extension.....	17
4.1.	Bureaux de référence COZEB	17
4.2.	Bureaux de référence complémentaires à COZEB	18
4.3.	Fiches récapitulatives succinctes des 4 typologies de bureaux choisies.....	19
5.	Bureaux – Description détaillée des bureaux de référence existants.....	21
1.	GB7<45 (ancien GBE2).....	21
	Géométrie du bâtiment.....	21
	Performances de l'enveloppe.....	24
	Caractéristiques des systèmes	24
	Mesures-groupes-variantes.....	25
2.	BE3_70 (ancien PBE2).....	26
	Géométrie.....	26
	Performances de l'enveloppe.....	29
	Caractéristiques des systèmes	29
	Mesures-groupes-variantes.....	30
3.	PBI1-84	31
	Géométrie.....	31
	Performances de l'enveloppe.....	34

Caractéristiques des systèmes	35
Mesures-groupes-variantes.....	36
4. BC4-96	37
Géométrie.....	37
Performances de l'enveloppe.....	42
Caractéristiques des systèmes	45
Mesures-groupes-variantes.....	45
6. Hôpitaux – analyse bibliographique	46
6.1. Evolution du parc hospitalier belge et wallon.....	47
6.2. Typologie des établissements hospitaliers.....	47
6.3. Bilan énergétique de la Wallonie 2008, secteur domestique et équivalents	48
6.4. Analyse des données collectées	51
7. Hôpitaux – Choix des bâtiments de référence COZEB extension.....	52
7.1. CHU Liège - site du Sart Tilman	52
7.2. CHR de la Haute Senne, Soignies - site du Tilleriau.....	53
7.3. Fiches récapitulatives succinctes de immeubles de soins de santé étudiés	55
8. Conclusions.....	57
9. Annexes	58
Annexe A – Bureaux et Services - Hypothèses de simulations PEB	58
Nœuds constructifs	58
Etanchéité à l'air.....	58
Inertie	59
Ombrage.....	59
Protections solaires	59
Ventilation	59
Chauffage et refroidissement.....	60
Eclairage	61
Annexe B – Bureaux et Services - Débits de ventilation considérés	63
GB7<45, BE3_70 et PBI1_84.....	63
BC4_96.....	63
10. Bibliographie.....	65

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 COZEBⁱ. 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.

Dans la suite, le rapport décrit les hypothèses et la méthode utilisées pour définir les bâtiments tertiaires de référence pour les affectations suivantes:

- Bâtiments de bureaux et services
- Etablissements de soins hospitaliers

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 la typologie des immeubles de bureaux de référence utilisés pour le calcul du coût optimum dans l'étude principale COZEB et d'y ajouter des bâtiments hospitaliers représentatifs des typologies typiquement rencontrés en Wallonie . Une fois ces bâtiments de référence, différents mesures-groupes-variantes leurs seront appliqués, afin de définir quelles stratégies de rénovation sont les plus intéressantes.

2. Secteur tertiaire : mesures-groupes-variantes

Pour rappel, comme c'est le cas dans le rapport portant sur les bâtiments résidentiels, seules les mesures liées à l'enveloppe sont analysées dans cette étude, car les exigences PEB wallonnes actuelles en termes de rénovation sont uniquement d'application pour les U de parois.

Aucune mesure concernant les systèmes installés dans les bâtiments n'est étudiée mais pourra faire l'objet d'une étude ultérieure.

L'ensemble des mesures / groupes / variantes étudié pour les bâtiments tertiaires existants est donc construit à partir de modifications des murs, des fenêtres, de la toiture et de la dalle de sol.

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 étaient en vigueur entre le 1^{er} 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^{er} 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. Dans cette configuration, un vitrage solaire est appliqué;
- la quatrième et dernière opération correspond aux recommandations liées au standard passif.

Les différentes caractéristiques thermiques des parois sont identiques à celles considérées dans le secteur résidentiel. Pour rappel :

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

Tableau 1 : Caractéristiques thermiques des parois rénovées (U en W/m^2K) pour les bâtiments tertiaires

Les différents groupes de mesures suivants seront envisagés:

- remplacement des fenêtres : F ;
- isolation du toit seul : U_{toit} ;
- remplacement des fenêtres et isolation du toit : $F + U_{toit}$;
- remplacement des fenêtres et des parois opaques : $F + U_{mur}$;
- remplacement des fenêtres, isolation du toit et des parois opaques : $F + U_{toit} + U_{mur}$;
- remplacement des fenêtres, des parois opaques et du sol : $F + U_{mur} + U_{sol}$.
- remplacement des fenêtres, isolation du toit, des parois opaques et du sol : $F + U_{toit} + U_{mur} + U_{sol}$.

Les différents groupes/mesures/variantes seront spécifiques à chaque bâtiment étudié, en fonction de sa configuration : sur cave/sur sol, mitoyen à un autre bâtiment ou non, en milieu urbain ou rural,...

3. Bureaux - analyse bibliographique

Les sources disponibles pour caractériser le parc de bâtiments de bureaux et services en Wallonie sont assez restreintes. La présente étude se base donc principalement sur nombre limité d'études existantes, combinées à des données statistiques et une base de données de la Région flamande, pour définir les typologies des bâtiments de bureaux de référence. Quatre géométries-type de bâtiments de bureaux se dégagent de l'analyse, et couvrent une majorité de typologies rencontrées en Wallonie, que ce soit pour des bâtiments récents ou plus anciens.

A ces 4 géométries, sont associées des époques de construction, permettant de définir des performances thermiques de l'enveloppe.

Les différentes sources investiguées pour déterminer les 4 typologies de bâtiments de bureaux et services sont les suivantes:

1. Epicool, Active koeling in EPB software, chapitre R02 - Definitie en simulatie van referentigebouwen. ULg & KUL.
2. Cartographie des émissions annuelles de CO₂ dues aux consommations énergétiques des bâtiments tertiaires en Région Wallonne, ULg & LEMA, 2012.
3. Structuration du territoire pour répondre aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, rapport final, CPDT, 2011.
4. Etude Tabula
5. Base de données EPB flamande
6. Etude pour l'extension de la méthode de calcul de la Performance Energétique des Bâtiments réalisée pour le compte de la Région Wallonne et de la DGTRE. Architecture et Climat
7. Bilan énergétique de la Wallonie 2008, secteur domestique et équivalents
8. Case Study 1 du document principal de la Concerted Action sur l'EED:
"A guide to developing strategies for building energy renovation", BPIE
9. Case Study 18 du document principal de la Concerted Action sur l'EED:
"MURE Odyssee database of energy efficiency indicators, policies and measures"

3.1. EPICool

L'étude EPICool, initiée par l'administration bruxelloise, avait pour but principal l'évaluation du confort d'été et l'adaptation du critère de surchauffe dans la PEB. Pour ce faire, des bâtiments de référence ont été définis pour les secteurs résidentiel et tertiaire, et plusieurs variantes au niveau de l'enveloppe et des systèmes ont été testées.

Deux bâtiments de référence de Bureaux et Services sont utilisés dans EPICool: un petit et un grand bâtiment de bureaux.

- Petit bâtiment

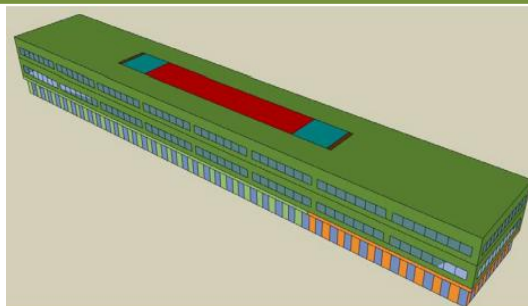


Fig. 2-1. Illustratie klein kantoorgebouw

Figure 1 : Petit bâtiment de bureaux et services de référence [EPICool]

Le petit bâtiment de bureaux est un immeuble de compacité moyenne, ayant une emprise au sol assez importante, et comportant peu de niveaux. Monobloc, il compte 3 étages et est libre sur ses 4 façades. Les façades longitudinales sont respectivement orientées nord et sud; l'entrée se fait via une façade latérale.

- Grand bâtiment

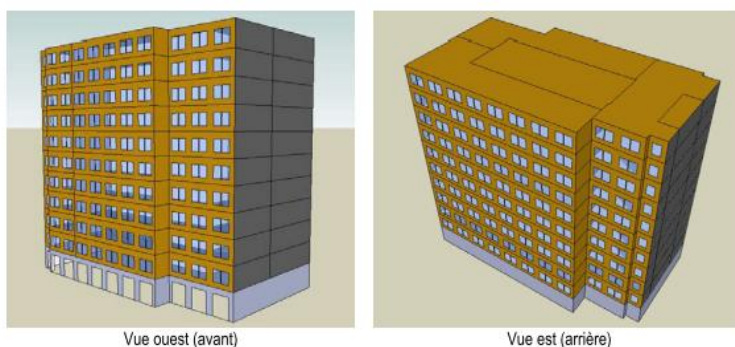


Figure 2 : Grand bâtiment de bureaux et services de référence [EPICool]

Le grand bâtiment de bureaux, quant à lui, est un immeuble compact, comportant 10 étages et mitoyen sur ses deux façades latérales. La façade à rue est orientée au nord-ouest. Un parking ouvert, ne faisant pas partie du volume protégé, occupe le rez-de-chaussée.

Trois niveaux d'exigences de coefficients de déperditions thermiques sont définis dans l'étude EPICool: acceptable, bon et très bon. Le niveau "acceptable" correspond aux exigences PEB en vigueur à Bruxelles au moment de l'étude (avant 2011):

Tab. 2-2. Basiseisen kwaliteitsniveaus 'acceptable'

basiseigenschappen 'acceptable'	
élément	U_{max} (W/m ² .K)
external wall	0.4
roof	0.3
floor above ground	0.4
floor to exterior	0.6
glass	1.6

Tableau 2 : exigences relatives au niveau Acceptable [EPICool]

3.2. Cartographie des émissions annuelles de CO₂ dues aux consommations énergétiques des bâtiments tertiaires en Région Wallonne

L'étude portant sur la "Cartographie des émissions annuelles de CO₂ dues aux consommations

énergétiques des bâtiments tertiaires en Région Wallonne" s'est terminée en décembre 2012. Son but était de cartographier les émissions annuelles de CO₂ émises par les bâtiments du secteur tertiaire wallon, afin de pouvoir identifier les secteurs plus problématiques. Les données utilisées dans cette étude se basent sur le cadastre de l'année 2009 en Région Wallonne, ainsi que sur les bilans énergétiques produits par l'ICEDD.

Différents paramètres peuvent être extraits de cette étude, et permettent d'alimenter la réflexion pour la définition des bâtiments de référence de COZEB 2.

Les typologies qui nous intéressent sont :

- Administration
- Soins de santé

Le tableau suivant précise les différentes variables énergétiques et géométriques utilisées dans cette étude. Pour les deux typologies étudiées, le même pourcentage de surface vitrée est considéré.

Typologie	Surface vitrée %	Apports internes par personne W / pers	Apports internes des équipements W / m ²	Quantité ECS nécessaire l/(pers.jour)
Administration	25	125	23	4
Petits commerces	25	162,5	20	0
Supermarchés	25	162,5	20	0
Hypermarchés	25	162,5	20	0
Sports	5	200	-	60
Hôtels et restaurants	21	101,25	100	67,5
Enseignement	25	125	11	9,5
Soins de santé	25	101,25	20	85

TABLE 2.2 – Variables géométrique et énergétiques - Recknagel et al. [9] - Rietschel et Raiss [10] - Energie + [1]

Tableau 3 : variables géométriques et énergétique [Cartographie émissions de CO₂]

Le tableau ci-dessous concerne les variables fonctionnelles. Le facteur d'intermittence reflète la stratégie de chauffage. Egal à 1, il signifie que le bâtiment est toujours chauffé à la même température (par exemple, les bâtiments de Soins de santé sont chauffés 24/24h à 21°C). Pour les bâtiments administratifs, la température de consigne diminue la nuit et pendant les jours de non occupation.

Typologie	Température intérieure °C	Taux d'occupation pers / m ²	Facteur d'intermittence -	Facteur d'utilisation -	Température ECS °C
Administration	18	0,1	0,77	0,22	60
Petits commerces	20	0,05	0,81	0,22	60
Supermarchés	20	0,05	0,81	0,22	60
Hypermarchés	20	0,05	0,81	0,22	60
Sports	16,5	0,02	0,81	0,33	45
Hôtels et restaurants	20	0,13	0,77	0,22	60
Enseignement	18	0,25	0,56	0,18	60
Soins de santé	21	0,22	1	0,5	60

TABLE 2.1 – Variables fonctionnelles - Recknagel et al. [9] - Rietschel et Raiss [10] - Energie + [1]

Tableau 4 : variables fonctionnelles [Cartographie émissions de CO₂]

Au niveau des caractéristiques thermiques des parois, l'étude fait également l'hypothèse que l'année de construction d'un bâtiment permet de déterminer le type de parois qui le composent, et partant, la performance thermique de son enveloppe.

Les éléments considérés, correspondant aux trois premières lignes du tableau ci-après, sont les

suivants:

- murs pleins: caractéristiques des constructions d'avant-guerre
- murs avec coulisse ventilée: généralisés après cette période
- murs isolés : années 70, durant les deux chocs pétroliers

Année de construction	Coefficient de transmission [$W/(m^2.K)$]			
	Murs	Vitres	Toitures	Planchers
< 1945	2,2	3,3	1,6	1,9
1945 - 1970	1,4	3,3	1,4	1,5
1971 - 1985	0,8	3	1	2,4 ⁵
1986 - 1996	0,5	2,6	0,9	0,7
1997 - 2009	0,5	2,4	0,7	0,7

TABLE 2.3 – Caractéristiques de base des bâtiments - Dujardin et al. [5]

Tableau 5 : Caractéristiques de base des bâtiments [Cartographie émissions de CO₂]

A noter que ce tableau provient d'une autre étude, faisant l'objet du paragraphe suivant.

Au niveau des systèmes, l'étude propose également un pourcentage de bâtiments climatisés, sur bases des données de l'ICEDD:

Typologie	Pourcentage de bâtiments climatisés [%]
Administration	44,7
Petits commerces	37
Supermarchés	47
Hypermarchés	47
Sports	25
Hôtels et restaurants	44
Enseignement	6
Soins de santé	44,5

TABLE 2.6 – Pourcentage de bâtiments climatisés - ICEDD [7]

Tableau 6 : Pourcentage de bâtiments climatisés [Cartographie émissions de CO₂]

Une hypothèse concernant la ventilation naturelle des bâtiments est également avancée. A noter cependant que ces valeurs sont valables à pression atmosphérique ambiante, et ne sont dès lors pas comparables avec le débit de fuit sous 50 Pa.

$$\dot{V}_{vent} = n.Vol$$

Où n est le taux horaire de renouvellement d'air ;

Vol représente le volume du bâtiment.

Le taux de renouvellement horaire est fonction de l'année de construction du bâtiment:

Année de construction	Taux de renouvellement [1/h]
< 1970	1
1971-1996	0,9
1997-2009	0,7

TABLE 2.7 – Taux de ventilation naturelle - Dujardin et al. [5]

Tableau 7 : Taux de ventilation naturelle [Cartographie émissions de CO₂]

3.3. Structuration du territoire pour répondre aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre

L'étude précitée porte sur le résidentiel et ne sera donc pas étudiée en détails. Cependant, la "Cartographie des émissions annuelles de CO₂ dues aux consommations énergétiques des bâtiments tertiaires en Région Wallonne" réutilise les valeurs de U de parois définies dans cette étude, et ce pour caractériser l'ensemble du bâti Wallon (résidentiel et non-résidentiel). Il semble intéressant de comprendre sur base de quels éléments ces valeurs ont été établies.

Partant du constat que le parc de logements wallons est particulièrement ancien, cinq typologies constructives ont été définies et associées aux périodes de construction suivantes:

- Antérieure à 1945
- De 1945 à 1969
- De 1970 à 1984
- De 1985 à 1996
- Postérieure à 1996

A l'intérieur de chaque classe d'âge, les bâtiments sont considérés comme homogènes et les modes constructifs identiques pour les typologies unifamiliale, multifamilial moins de 5 logements et multifamilial de 5 logements ou plus.

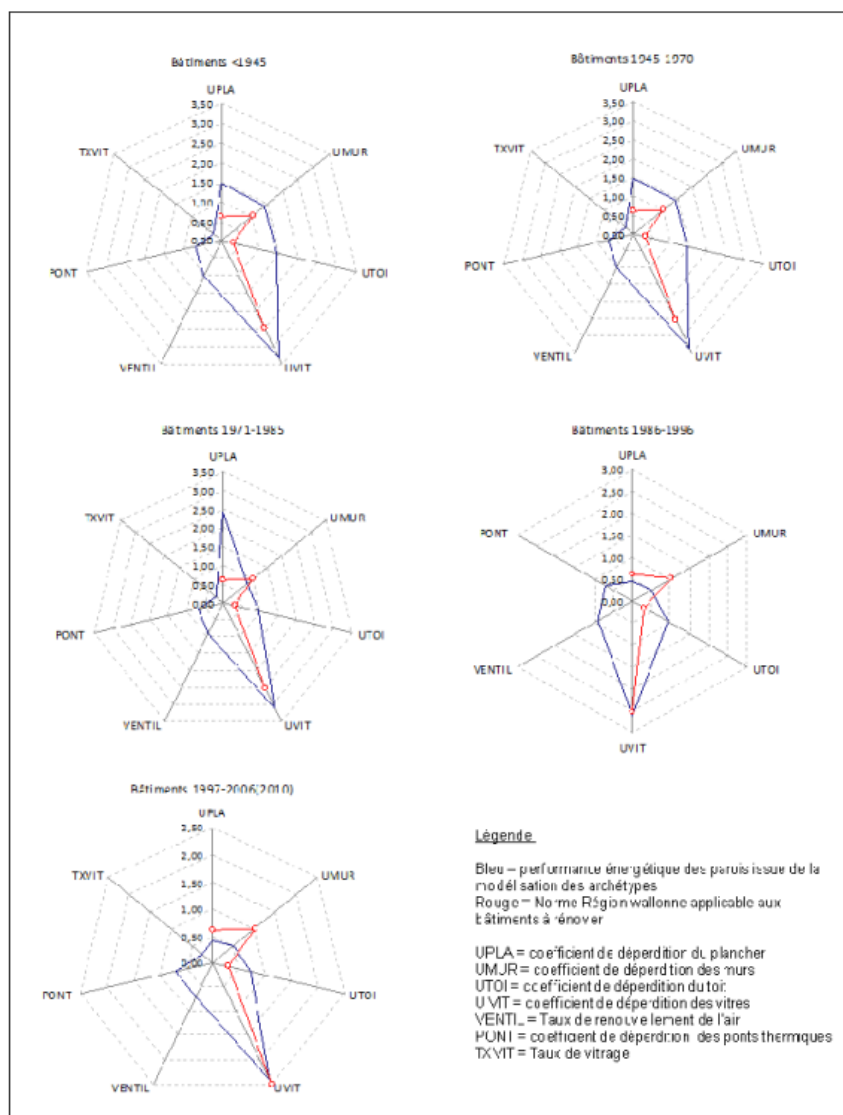


Figure 3. Performance énergétique des enveloppes suivant la période de construction des bâtiments. Source: Base de données de l'Enquête Qualité logement 2006

Figure 3 : Performance énergétique des enveloppes selon la période de construction [Structuration du territoire]

3.4. Tabula

Le but de l'étude TABULA est de définir des typologies de bâtiments résidentiels, pour chaque pays ayant participé au projet, de manière à fournir des informations pertinentes sur les consommations de ces constructions et sur les stratégies de rénovation préférentielles.

Pour la Belgique, 4 typologies de bâtiments sont définies: maison unifamiliale 4 façades, maison unifamiliale mitoyenne, immeuble multifamilial et bloc d'appartements (cf. figure ci-dessous).

Country	Region	Construction Year Class	Additional Classification	SFH Single Family House	TH Terraced House	MFH Multi Family House	AB Apartment Block
	national (Belgie)	... 1945	generic	 BE.N.SFH.01.Gen	 BE.N.TH.01.Gen	 BE.N.MFH.01.Gen	
	national (Belgie)	1946 ... 1970	generic	 BE.N.SFH.02.Gen	 BE.N.TH.02.Gen	 BE.N.MFH.02.Gen	 BE.N.AB.02.Gen
	national (Belgie)	1971 ... 1990	generic	 BE.N.SFH.03.Gen	 BE.N.TH.03.Gen	 BE.N.MFH.03.Gen	 BE.N.AB.03.Gen
	national (Belgie)	1991 ... 2005	generic	 BE.N.SFH.04.Gen	 BE.N.TH.04.Gen	 BE.N.MFH.04.Gen	 BE.N.AB.04.Gen
	national (Belgie)	2006 ...	generic	 BE.N.SFH.05.Gen	 BE.N.TH.05.Gen	 BE.N.MFH.05.Gen	 BE.N.AB.05.Gen

Figure 4 : Typologies constructives définies dans [Tabula]

La logique constructive se rapprochant le plus de celle des immeubles de bureaux est celle des blocs d'appartements; c'est donc la composition de leurs parois qui est décrite ci-dessous, en fonction des années de construction.

Composition de parois				
Année de construction	Toits	Murs	Dalle de sol	Fenêtres
<1945	Toit plat béton sans isolant 3.5 W/m ² K	Briques pleins 2.2 W/m ² K	Pierre, sans isolant 0.68 W/m ² K	Simple vitrage châssis bois 5 W/m ² K
1946-1970	Toit plat béton sans isolant 3.5 W/m ² K	Briques, cavité, pas d'isolant 1.7 W/m ² K	Béton, sans isolant 0.68 W/m ² K	Simple vitrage châssis bois 5 W/m ² K
1971-1990	Toit plat béton + 4cm isolant 0.85 W/m ² K	Béton, cavité, panneaux béton, pas d'isolant 1.7 W/m ² K	Béton, avec 2cm isolant 0.68 W/m ² K	Double vitrage châssis métallique 4.3 W/m ² K
1991-2005	Toit plat béton + 8cm isolant 0.45 W/m ² K	Blocs béton, cavité, 6cm isolant, brique 0.6 W/m ² K	Béton, avec 4cm isolant 0.58 W/m ² K	Double vitrage châssis alu coupe therm. 3.5 W/m ² K
>2006	Toit plat béton + 12cm isolant 0.3 W/m ² K	Blocs béton, cavité, 8cm isolant, brique 0.4 W/m ² K	Béton, avec 6cm isolant 0.51 W/m ² K	Double vitrage châssis alu coupe therm. 2 W/m ² K

Tableau 8 : Années de construction et performances thermiques des parois du bâti résidentiel belge [Tabula]

3.5. Base de données EPB flamande

Dans le cadre de l'étude "Studie naar kostenoptimale energieprestatie-eisen bij niet-residentiële gebouwen" effectuée pour la région flamande, 3E a eu accès à une base de données des nouvelles unités PEB de type bureaux, écoles et autres. Ces données concernent des bâtiments dont la demande de permis a été introduite entre 2006 et 2011, et reprennent des informations générales comme la fonction, le volume brut, la surface au sol, la valeur U moyenne et la compacité. Même si ces données sont très récentes, elles nous permettent de compléter les géométries de référence de nos bâtiments.

L'analyse des 367 données disponibles pour l'affectation "bureaux" montre que:

- 81% d'entre eux présentent une surface au sol inférieure à 1000 m²
- Plus de la moitié de ces bureaux a une surface au sol comprise entre 100 et 400m².

Le graphique ci-dessous permet de visualiser la répartition des bureaux en fonction de leur surface.

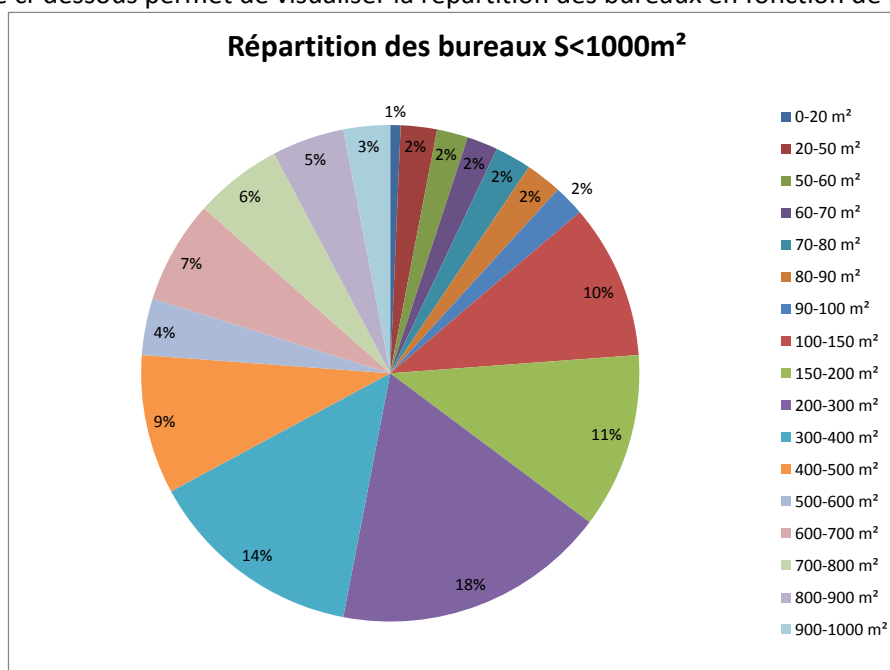


Figure 5 : Répartition des nouveaux bureaux (2006-2011) selon leur surface [base de données PEB]

Les bureaux majoritairement construits pendant cette période ont donc les caractéristiques suivantes: 21% ont une surface au sol comprise entre 100 et 200m²; 18% ont une surface comprise entre 200 et 300m².

La hauteur moyenne estimée (volume brut/surface au sol) est de respectivement 4,04m et de 4,47m.

3.6. Etude pour l'extension de la méthode de calcul de la Performance Energétique des Bâtiments

Dans une étudeⁱⁱ visant à étendre la méthode de calcul PEB à d'autres types de bâtiment, Architecture Et Climat caractérise l'ensemble des bâtiments théoriques de référence par 7 typologies différentes. Pour chacune des typologies des variantes ont été étudiées. Premièrement, deux tailles de fenêtres ont été envisagées afin de faire varier la surface vitrée. Ensuite, différents cas de mitoyenneté ont été envisagés (de 2 à 4 façades de déperditions). Enfin, trois hauteurs de bâtiments ont été étudiées selon le nombre d'étages (2, 5 ou 10 étages avec une hauteur constante entre

planchers de 3,6 m).

L'étude comporte également de nombreuses informations sur les différents paramètres à considérer pour calculer les consommations de ce type d'affectation dans la PEB, qui seront utilisées ultérieurement.

3.7. Bilan énergétique de la Wallonie 2008, secteur domestique et équivalents

Le "Bilan énergétique de la Wallonie 2008, secteur domestique et équivalentes" traite séparément bureaux privés et publics.

Pour la Wallonie, les bureaux privés sont principalement des agents immobiliers et des services aux entreprises; les banques et compagnies d'assurance étant majoritairement implantées en région bruxelloise.

Des consommations spécifiques par mètre carré (pour l'électricité et les combustibles), par emploi peuvent être extraites de ce bilan et utilisées dans la suite de cette étude. Il est intéressant de noter que les consommations d'électricité par m² sont plus élevées dans le privé (équipement bureautique plus important + climatisation plus répandue) que dans le secteur public, alors que c'est la situation inverse qui se produit pour la consommation moyenne spécifique de combustibles par m².

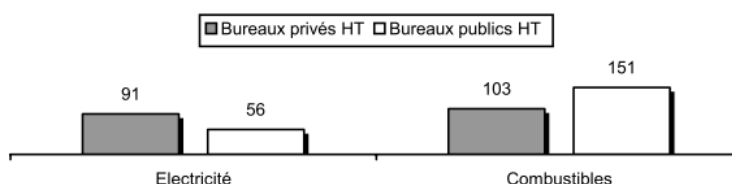


Figure 93 - Consommations spécifiques moyennes des bureaux en 2008 (en kWh/m²)

Figure 6 : Consommations spécifiques moyennes des bureaux en 2008(kWh/m²) [bilan énergie Wallonie 2008]

La présence ou non d'une climatisation dans les bureaux est également analysée: seuls 1/4 des bureaux publics sondés étaient équipés d'une climatisation en 2009, alors que plus de la moitié des bureaux privés l'étaient déjà.

Branche d'activité	Nombre de réponses	ayant une climatisation	% équipé
Commerce de détail hors supermarchés	219	81	37%
Supermarchés et Hypermarchés	32	15	47%
Horeca	48	21	44%
Bureau privé	36	20	56%
Bureau public	155	39	25%
Enseignement	287	17	6%
Hôpitaux	55	41	75%
Homes	138	30	22%
Piscines	28	8	29%
Autres	458	115	25%
Total	1 456	387	27%

Tableau 67 - Nombre de répondants et taux de pénétration des climatisations en 2009

Tableau 9 : Nombre de climatisations sur l'échantillon sondé [bilan énergie Wallonie 2008]

Le graphique¹ ci-dessous donne une idée de l'année de construction ou de grosse rénovation des bâtiments de bureaux sondés. Le parc wallon est essentiellement constitué de constructions

¹ L'intitulé du graphique comporte une erreur ; les valeurs indiquées en orange correspondent bien à la période 1945-1995 et non 1985-1995.

anciennes, datant d'avant-guerre.

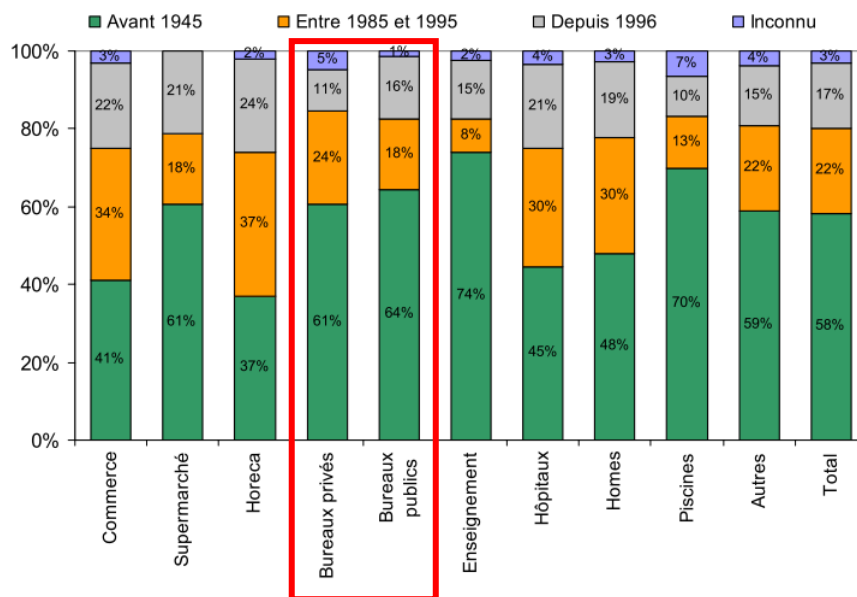


Figure 153 - Année de construction ou de grosse rénovation par branche d'activité

Figure 7 : Année de construction/grosse rénovation par tranche d'activité [bilan énergie Wallonie 2008]

Le tableau ci-dessous permet d'extraire la surface totale, le volume total et le nombre de bureaux (publics et privés) construits pendant la période 1996-2006.

- Nombre total de bureaux : 748
- Surface totale de bureaux : 1375000 m²
- Volume total de bureaux : 5380000 m³

		2005	2006	Total de 1996- à 2006	Moyenne annuelle 1996-2006	Part du total tertiaire sur la période 1996-2006
Nombre de bâtiments	Entreposage et manutention des entreprises publiques	7	6	186	17	3.9%
	Transport et communication	42	49	341	31	7.2%
	Services	7	10	150	14	3.2%
	Commerce	100	106	1 797	163	38.2%
	Horeca	6	11	179	16	3.8%
	Soins personnels	12	14	186	17	3.9%
	Bureaux pour services publics et parastataux	5	3	130	12	2.8%
	Bureaux pour administration privée	36	36	618	56	13.1%
	Culture et divertissement	49	45	642	58	13.6%
	Sport	17	25	379	34	8.0%
Autres (église, chapelle,...)	6	12	102	9	2.2%	
	Tertiaire	287	317	4 710	428	100.0%
Surface des bâtiments (x 1000 m²)	Entreposage et manutention des entreprises publiques	7	1	166	15	3.0%
	Transport et communication	4	3	78	7	1.4%
	Services	4	6	98	9	1.8%
	Commerce	126	128	2 487	226	45.3%
	Horeca	2	17	99	9	1.8%
	Soins personnels	9	6	107	10	1.9%
	Bureaux pour services publics et parastataux	45	12	242	22	4.4%
	Bureaux pour administration privée	80	40	1 133	103	20.6%
	Culture et divertissement	64	40	690	63	12.6%
	Sport	25	93	353	32	6.4%
Autres (église, chapelle,...)	3	11	43	4	0.8%	
	Tertiaire	369	357	5 496	500	100.0%
Volume des bâtiments (x 1000 m³)	Entreposage et manutention des entreprises publiques	45	7	1 126	102	3.9%
	Transport et communication	30	15	531	48	1.9%
	Services	20	24	428	39	1.5%
	Commerce	682	633	12 640	1 149	44.1%
	Horeca	6	59	364	33	1.3%
	Soins personnels	33	19	404	37	1.4%
	Bureaux pour services publics et parastataux	390	83	1 251	114	4.4%
	Bureaux pour administration privée	259	152	4 129	375	14.4%
	Culture et divertissement	214	176	3 103	282	10.8%
	Sport	492	2 584	4 474	407	15.6%
Autres (église, chapelle,...)	10	101	232	21	0.8%	
	Tertiaire	2 181	3 853	28 682	2 607	100.0%

Tableau 20 - Construction de bâtiments tertiaires en Wallonie (bâtiments commencés)
Source DGSIE

Tableau 10 : Construction de bâtiments tertiaires en Wallonie [bilan énergie Wallonie 2008]

Pour la période 1996-2006, cela représente donc un bureau moyen de :

- $1375000/748 = 1838 \text{ m}^2$ de surface utile
- $5380000/1375000 = 3.9$ niveaux → 4 niveaux

Le tableau ci-dessous montre que les petites entreprises ou encore les banques se situent majoritairement en ville (accès au gaz naturel), de façon à avoir une bonne visibilité. Très peu de ce type de bâtiments utilisent le mazout.

Par contre, au niveau des administrations, la différence de vecteur énergétique pour le chauffage se marque moins, les bâtiments étant beaucoup plus disséminés : ceux des petites communes plutôt en milieu rural, ceux des grandes communes plutôt en milieu urbain.

			Electricité	Gaz naturel	Produits pétroliers	Autres	Total	dont Combustibles
en TWh PCI	MP ¹⁷	Commerce et artisanat	2.30	1.33	1.44	0.10	5.17	2.87
	MM ¹⁸	Transport et communication	0.38	0.09	0.16	0.00	0.62	0.24
	MP	Banques assur et serv.aux entr.	0.34	0.24	0.03	0.00	0.61	0.27
	NM ¹⁹	Enseignement	0.47	0.63	0.69	0.02	1.81	1.34
	NM	Soins et santé	0.60	0.78	0.43	0.00	1.81	1.21
	MM	Culture et sports	0.29	0.39	0.18	0.00	0.86	0.57
	MP	Autres services	0.12	0.26	0.17	0.00	0.54	0.43
	NM	Administration	0.43	0.60	0.36	0.00	1.39	0.96
	NM	Divers	0.82	0.04	0.09	0.00	0.95	0.13
	Total		5.73	4.35	3.55	0.13	13.76	8.03
	MP	Total marchand privé	2.75	1.83	1.64	0.10	6.32	3.57
en % du total par branche d'activité	MM	Total marchand mixte	0.67	0.47	0.33	0.00	1.48	0.81
	NM	Total non marchand	2.31	2.04	1.58	0.03	5.96	3.64
	MP	Commerce et artisanat	44%	26%	28%	2%	100%	56%
	MM	Transport et communication	61%	14%	25%	0%	100%	39%
	MP	Banques assur et serv.aux entr.	55%	39%	5%	0%	100%	45%
	NM	Enseignement	26%	35%	38%	1%	100%	74%
	NM	Soins et santé	33%	43%	24%	0%	100%	67%
	MM	Culture et sports	34%	45%	20%	0%	100%	66%
	MP	Autres services	21%	48%	31%	0%	100%	79%
	NM	Administration	31%	43%	26%	0%	100%	69%
	NM	Divers	86%	4%	10%	0%	100%	14%
	Total		42%	32%	26%	1%	100%	58%
	MP	Total marchand privé	44%	29%	26%	2%	100%	56%
	MM	Total marchand mixte	45%	32%	23%	0%	100%	55%
	NM	Total non marchand	39%	34%	26%	0%	100%	61%

Tableau 11 : Consommations des bâtiments tertiaires en Wallonie par tranche d'activité [bilan énergie Wallonie 2008]

3.8. Guide to developing strategies for building energy renovation, BPIE

Cette étude a également été analysée dans le cadre de cette mission. Elle contient un certain nombre d'informations intéressantes, mais non utilisables dans cette première phase de l'étude.

3.9. MURE Odyssey database of energy efficiency indicators, policies and measures

Cette étude donne des informations sur les mesures et politiques mises en œuvre en termes d'efficacité énergétique au niveau de l'Union Européenne. Elle permet également l'accès à une base de données, incluant le secteur tertiaire, accessible uniquement aux administrations.

4. Bureaux - Choix des bâtiments de référence COZEB extension

La présente étude réutilise les bureaux existants définis dans l'étude COZEB, complétés par deux autres bâtiments de référence.

4.1. Bureaux de référence COZEB

L'étude principale COZEB distinguait 2 typologies de bureaux existants du point de vue de leur géométrie et de leur performance énergétique.

- Un grand bâtiment de 7 étages au total, représentatif des grands immeubles de bureaux d'avant 1945, et dont le niveau à rue est occupé par un parking.
- Un 'petit' bureau de 3 étages, représentatif des immeubles de bureaux fort étendus mais peu élevés construits dans les années 70.

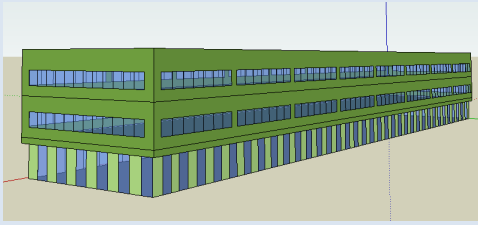
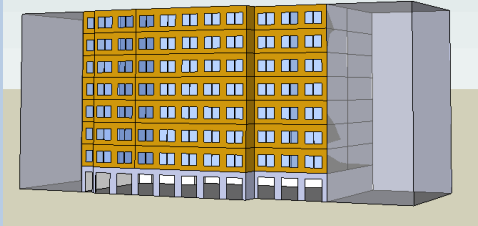
Choix des bâtiments de référence de l'étude COZEB pour les bureaux et services	
Typologie du Bâtiment	Illustration
PBE2 PBE2: Bâtiment en zone industrielle, 4 façades, peu élevé, faible compacité. Année de construction : 1970	
GBE2 Bâtiment en agglomération (zone non résidentielle). Mitoyen sur deux façades. Construit avant 1945.	

Tableau 12 : Bâtiments de référence bureaux et services [COZEB]

La géométrie de ces bâtiments s'inspire de celle des immeubles de bureaux considérés dans l'étude EPIcoolⁱⁱⁱ. Le grand bâtiment de bureau a cependant été amputé de 3 étages, afin d'être plus représentatif des grands immeubles de bureaux en Wallonie.

Au niveau de la performance de l'enveloppe, les données statistiques du site statbel.fgov.be^[2] permettent de définir l'époque de construction de référence de chacun des 2 bâtiments. Ces typologies constructives ont été définies en se basant sur l'outil TABULA, qui permet de caractériser le mode constructif selon l'année de construction, dans la majorité des pays européens. Des parois et par conséquent des U moyens des parois sont définis sur base des compositions respectives de celles-ci à différentes époques.

Ces deux bâtiments présentent des surfaces utiles et des emprises au sol importantes:

Bâtiment	S utile (m²)	S au sol (m²)
PBE2	4403	1600
GBE2	5089	769

Tableau 13 : Surfaces utiles et au sol des bureaux et services de référence [COZEB]

Dans la présente étude, les noms des bâtiments sont modifiés afin de mieux décrire leurs caractéristiques et de bien les distinguer.

4.2. Bureaux de référence complémentaires à COZEB

La base de données flamande a montré que la demande pour des bureaux de plus petite taille est réelle. Nous faisons l'hypothèse que ce type de bureaux constitue également une part importante du parc de bureaux wallons existants.

Le choix des deux immeubles complémentaires aux bâtiments définis dans l'étude COZEB s'oriente donc vers des unités de plus petite taille, dont la date de construction est plus récente que les deux premiers bâtiments de référence:

- Un petit bureau occupant un rez-de-chaussée d'un immeuble à appartements, destiné à une micro-entreprise ou une profession libérale. Situé en ville, il a été construit durant la période

² http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/economie/bouw_industrie/gebouwenpark/

1984-1996, soit lors de l'apparition de la première réglementation thermique en Wallonie (K70).

Cette réglementation ne concernait que les logements, mais le bureau de référence occupant le rez-de-chaussée de l'immeuble d'habitation, on peut raisonnablement supposer que son niveau de performance répond aux mêmes exigences que celles des étages supérieurs.

- Un bureau dont la surface au sol est d'environ 500m², et comportant 4 niveaux. Situé dans un zoning industriel ou en zone périurbaine, il comporte 4 façades libres. Il a été construit entre 1996 et 2008; soit lors de l'arrivée de la seconde réglementation thermique en Wallonie, applicable également aux bureaux et comportant des exigences sur la ventilation (K65, Umax).

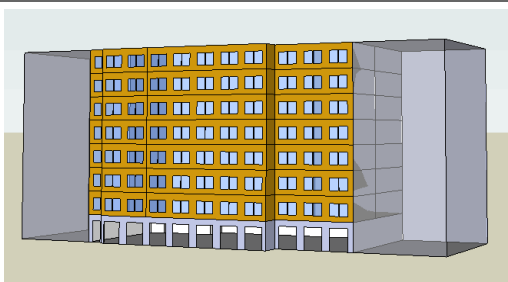
La volumétrie de ce bureau (nombre de niveaux et surface au sol) se base sur les éléments qui sont ressortis de l'analyse du « Bilan énergie Wallonie 2008 ».

4.3. Fiches récapitulatives succinctes des 4 typologies de bureaux choisies

La dénomination des bâtiments de référence suit la logique suivante:

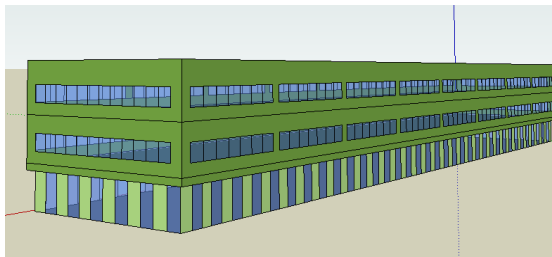
- adjectif descriptif (G: grand, E: étendu; C: compact; P: petit; I: indépendant)
- B: bureaux
- 1er chiffre: nombre de niveaux
- Nombre à la fin: période de construction

GB7<45 (ancien GBE2)



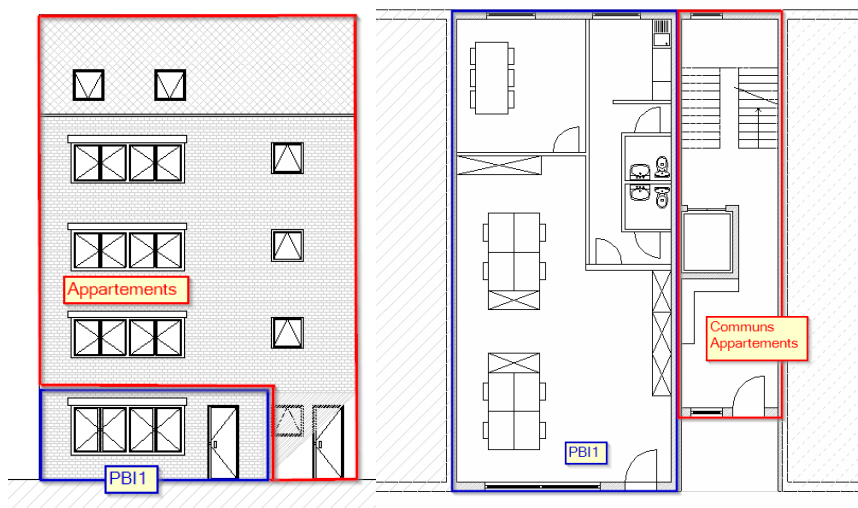
- Construit avant 1945
- Environnement urbain
- 7 niveaux
- S utile = 5089 m²
- S sol = 769 m² (au-dessus du parking)
- Organisation intérieure autour d'un noyau central, technique.

BE3-70 (ancien PBE2)



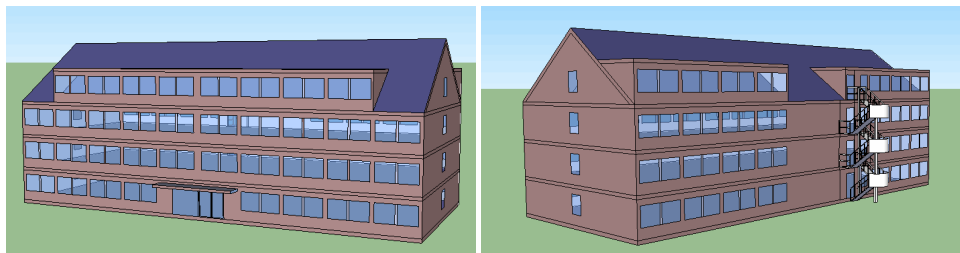
- Construit dans les années 70
- Contexte industriel (zoning)
- 3 niveaux
- $S_{\text{utile}} = 4403 \text{ m}^2$
- $S_{\text{sol}} = 1600 \text{ m}^2$
- Réception/cafeteria au rez-de-chaussée; circulations à 1/3 des extrémités, bureaux paysagers en façade

PBI1-84



- Construit entre 1984 et 1996 (plutôt au début de cette période)
- Environnement urbain
- 1 niveau
- $S_{\text{utile}} = 94 \text{ m}^2$
- $S_{\text{dalle sur cave}} = 107 \text{ m}^2$ (hors communs appartements)
- Destiné à une micro-entreprise, profession libérale,...
- Locaux de travail en façade, locaux humides regroupés au niveau du mur mitoyen.

BC4-96



- Inspiré du Mundo Namur
- Construit entre 1996 et 2008 (plutôt au début de cette période)
- Contexte périurbain
- 4 niveaux
- $S_{\text{utile}} = 2051 \text{ m}^2$
- $S_{\text{sol}} = 574 \text{ m}^2$ (dalle sur cave)
- Un noyau regroupe circulation et sanitaires ; de part et d'autre de ce dernier, des bureaux (paysagers, individuels ou pour quelques personnes) et des salles de réunions. Présence d'une petite cuisine et d'une cafétéria au rez-de-chaussée.

5. Bureaux – Description détaillée des bureaux de référence existants

Remarque générale :

Le E_{spec} n'est pas un indicateur utilisé dans la PEB actuelle pour les bâtiments tertiaires. Pour une comparaison plus aisée, nous l'avons néanmoins défini comme étant la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire (kWh) divisée par $1.125 \times$ la surface d'utilisation.

1. GB7<45 (ancien GBE2)

Géométrie du bâtiment

Le grand bâtiment de bureaux est un immeuble assez compact, comportant 7 étages et mitoyen sur ses deux façades latérales. On considère qu'il est situé en agglomération, dans une zone non résidentielle où d'autres entreprises sont également présentes. La façade principale est orientée au nord-ouest. Un parking ouvert, ne faisant pas partie du volume protégé, occupe le rez-de-chaussée.

La figure ci-dessous permet de se faire une idée plus précise de la géométrie du bâtiment.

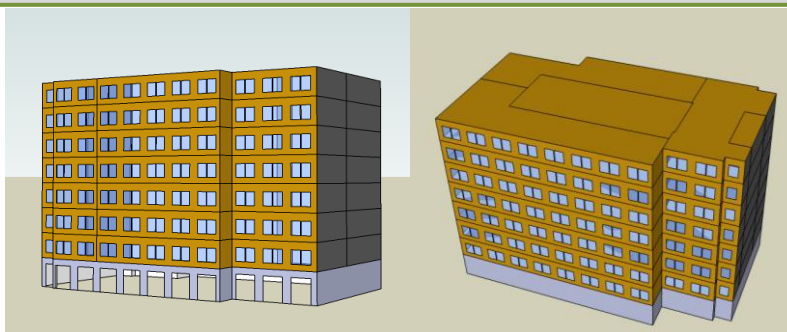


Figure 8 – GB7<45 : Grand bâtiment de bureaux (basé sur l'étude EPICool)

Le grand bâtiment de bureaux est mitoyen sur ses façades latérales.

La proportion de fenêtres par rapport aux façades verticales en contact avec l'extérieur est d'environ 29%, ce qui représente une surface vitrée de 582 m². Tous les étages sont identiques: dans le noyau central, un espace abrite les techniques et les circulations; autour, se trouvent des bureaux et des salles de réunions.

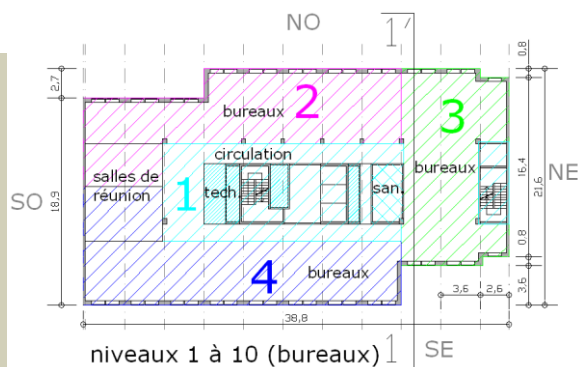
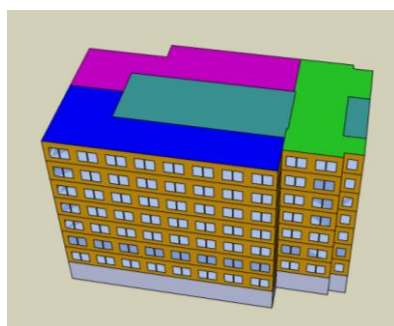


Figure 9 – GB7<45 : Grand bâtiment de bureaux (basé sur l'étude EPICool) : identification des fonctions

La Figure 9 permet de situer les différentes zones dont il est fait mention ci-dessus:

- cyan (1): les espaces techniques et la circulation principale, dans le noyau central
- magenta (2): les bureaux et salles de réunion orientés au nord-ouest
- vert (3): les bureaux ayant une façade à la fois au nord-ouest et au sud-est
- bleu (4): les bureaux et salles de réunion orientés au sud-est

Les Tableau 14 et Tableau 15 reprennent les caractéristiques générales de ce grand bâtiment de bureaux.

GB7_45

Grand bâtiment de bureaux

BASE

Informations générales		Enveloppe					Equipements		
Ville	Charleroi	Surface utile	5089	m²			Chauffage	Chauffage centra	
Année construction	<1945	VP	17769	m³				Chaudière sans condensation	
		Compacité	5,06	m					
Rénovation?	NON			Surface [m²]					
Année rénovation	-	Umur ext	2,13	W/m²K	1392,93				
Changement systèmes	OUI	Ufenêtre Uvitrage Uchâssis g	5	W/m²K	291,06	NO	Refroidis- sement	Machine à compression de froid	
			4,5	W/m²K	291,06	SE			Gaz
	-		W/m²K	0	NE	Medium: eau			
			0,75	-	0	SO		Ventilation	Evacuation mécanique
Espace adjacent non chauffé	-								
	-	U toit plat	2,9	W/m²K	769		Electricité		
					769				
		U dalle sur parking	2,98		769				

Tableau 14 - GB7<45 : Grand bâtiment de bureaux : caractéristiques générale

Enveloppe				
Type de paroi	Orientation	Matériau	Uparoi [W/m ² K]	Surface [m ²]
Mur avant (entrée)	NORD-OUEST	Briques (39 cm)	2,13	605,22
Mur arrière	SUD-EST			605,22
Mur latéral gauche	NORD-EST			120,12
Mur latéral droit	SUD-OUEST			62,37
Fenêtres avant	NORD-OUEST	simple vitrage châssis bois	5	291,06
Fenêtres arrière	SUD-EST			291,06
Fenêtres façade gauche	NORD-EST			0
Fenêtres façade droite	SUD-OUEST			0
Toiture		béton lourd (30cm)	2,9	769
Dalle sur parking		Béton lourd (20 cm)	2,98	769
		Mortier ciment		
		Carrelage terre cuite		

Tableau 15 - GB7<45 : Grand bâtiment de bureau : caractéristiques de l'enveloppe

Les valeurs K, Ew et Espec ont été obtenues sans tenir compte des ponts thermiques. Les

dépensements qui leur sont imputées sont considérées comme égales à 0. La dalle donnant sur le parking a été considérée comme étant en contact avec l'extérieur.

Nous avons considéré que les systèmes datant de la période de construction du bâtiment n'ont vraisemblablement pas été conservés. Nous faisons l'hypothèse qu'une première amélioration de base a été effectuée au niveau des systèmes, soit le remplacement de la chaudière par une unité plus performante et l'installation d'un groupe de refroidissement dans les secteurs énergétiques le nécessitant

Performances de l'enveloppe

Les caractéristiques thermiques suivantes ont été attribuées aux parois du grand bâtiment de bureaux GB7<45.

Ces compositions de parois correspondent à celles attribuées aux immeubles de bureaux construits avant 1945 (voir étude COZEB pour plus de détails).

Murs				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
Briques (plein)	Briques	0,39	1,3	0,30
		U=	2,13	W/m²K
Toits				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
Béton non isolé	plâtre	0,015	0,52	0,03
	béton	0,3	1,7	0,18
	étanchéité	-	-	
	lestage	-	-	
		U=	2,90	W/m²K
Dalle de sol				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
Béton non isolé	béton	0,2	2,2	0,09
	mortier ciment	0,02	0,93	0,02
	carrelage terre	0,01	0,81	0,01
		Rtot=	0,125	m²K/W
Fenêtres				
Type	g (-)	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
simple vitrage	0,75			
châssis bois		Uw	5,0	W/m²K

< 1945

CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE

Tableau 16 - GB7<45 : Grand bâtiment de bureau : caractéristiques de l'enveloppe

Caractéristiques des systèmes

Les caractéristiques suivantes ont été attribuées aux systèmes présents dans le grand bâtiment de bureaux GB7<45.

Elles correspondent à celles attribuées aux immeubles de bureaux construits avant 1945 (voir étude COZEB^{iv} pour plus de détails).

Ventilation	< 1945	CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES
alimentation naturelle		
extraction mécanique		
pas de récupération de chaleur		
Chauffage		
chaudière à condensation au gaz		
hors du volume protégé		
rendement à 30% de charge = 82%		
Refroidissement		
machine électrique à compression de froid		
EER test = 2		
Eclairage		
17 W/m ² dans les zones de travail		
6 W/m ² dans les zones de service (circulation, sanitaires,...)		
pas de détection de présence ni de réduction du flux lumineux		
puissance moyenne surfacique = 13,75 W/m ²		
Protections solaires		
aucune protection solaire		

Tableau 17 - GB7<45 : Grand bâtiment de bureau : caractéristiques des systèmes

Le système de ventilation est en fait incomplet, puisque les débits d'alimentation considérés dans la PEB sont nuls, et que seuls des débits d'extraction mécanique au niveau des sanitaires sont encodés. L'Annexe A – Bureaux et Services - Hypothèses de simulations PEB reprend plus en détails les systèmes qui ont été encodés dans la PEB.

Mesures-groupes-variantes

On envisage l'isolation des parois opaques du bâtiment tant par l'intérieur que l'extérieur (pas de contrainte urbanistique). Pour ce qui est de l'isolation par l'intérieur, il faut cependant garder à l'esprit que cette solution peut engendrer des problèmes de condensation, qui ne sont pas évalués dans cette étude. Cette remarque est valable pour tous les bâtiments étudiés.

L'isolation de la dalle est envisagée tant de l'intérieur (sur dalle) que de l'extérieur (plafond du parking). L'isolation de la toiture plate se fait via l'extérieur. On conserve donc l'étanchéité existante, qui joue alors le rôle de pare-vapeur, et on vient placer un nouvel isolant et une nouvelle étanchéité par-dessus (toiture chaude).

Les variantes suivantes seront appliquées au grand bâtiment de bureaux GB7<45 :

CAS	Groupe de mesures / variantes				
	Enveloppe				
	parois transparentes	toiture	parois opaques	sol	Infiltration
0					15,0
1	F2012				10,0
2	F2014				10,0
3	F3				10,0
4		Utoit 2012			12,0
5		Utoit 2014			12,0
6		Utoit 3			12,0
7	F2012	Utoit 2012			7,0
8	F2012	Utoit 2012	Umur 2012 int		5,5
9	F2012	Utoit 2012	Umur 2012 int	Usol 2012 ext	4,5
10	F2012	Utoit 2012	Umur 2012 int	Usol 2012 int	4,5
11	F2012	Utoit 2012	Umur 2012 ext		5,5
12	F2012	Utoit 2012	Umur 2012 ext	Usol 2012 ext	4,5
13	F2012	Utoit 2012	Umur 2012 ext	Usol 2012 int	4,5
14	F2014	Utoit 2014			7,0
15	F2014	Utoit 2014	Umur 2012 int		5,5
16	F2014	Utoit 2014	Umur 2012 ext		5,5
17	F2014	Utoit 2014	Umur 2014 int		5,5
18	F2014	Utoit 2014	Umur 2014 int	Usol 2014 ext	4,5
19	F2014	Utoit 2014	Umur 2014 int	Usol 2014 int	4,5
20	F2014	Utoit 2014	Umur 2014 ext		5,5
21	F2014	Utoit 2014	Umur 2014 ext	Usol 2014 ext	4,5
22	F2014	Utoit 2014	Umur 2014 ext	Usol 2014 int	4,5
23	F3	Utoit 3			7,0
24	F3	Utoit 3	Umur 3 int		5,5
25	F3	Utoit 3	Umur 3 ext		5,5
26	F3	Utoit 3	Umur 3 int	Usol 3 int	4,5
27	F3	Utoit 3	Umur 3 ext	Usol 3 ext	4,5
28	Fpas	Utoit pas	Umur pas int	Usol pas int	2,5
29	Fpas	Utoit pas	Umur pas ext	Usol pas ext	2,5

Tableau 18 - Variantes envisagées pour le grand bâtiment de bureaux (GB7<45)

Remarque d'application pour tous les bâtiments étudiés :

Comme le montre le tableau ci-dessus, le remplacement des fenêtres implique une étanchéité améliorée, dont les valeurs sont explicitées en annexe A, au niveau du paragraphe « Etanchéité à l'air »

Ce remplacement implique également une exigence au niveau de l'amenée d'air dans les locaux secs (grilles dans les châssis), qui est prise en compte dans l'analyse des coûts.

2. BE3_70 (ancien PBE2)

aGéométrie

Le petit bâtiment de bureaux étudié est un immeuble de compacité moyenne, ayant une emprise au sol assez importante, et comportant peu de niveaux. On considère qu'il a été construit dans les années 1970 et qu'il se situe dans un parc industriel.

Monobloc, il comporte 3 étages et est libre sur ses 4 façades. Les façades longitudinales sont respectivement orientées nord et sud; l'entrée se fait via une façade latérale.

Les figures ci-dessous permettent de se faire une idée plus précise de la géométrie de ce bâtiment.



Figure 10 – BE3-70 : Petit bâtiment de bureaux (basé sur l'étude EPICool)

La façade du rez-de-chaussée est vitrée à 50%. La proportion de fenêtres par rapport aux façades verticales en contact avec l'extérieur est d'environ 39%, ce qui représente une surface vitrée de 1039 m². Le rez-de-chaussée accueille une cafétéria, un lobby et un espace central, plus sombre, dans lequel sont situés les techniques et les sanitaires.

Le premier et le second étage sont identiques et consistent en bureaux paysagers en façade et en salles de réunion et sanitaires en partie centrale.

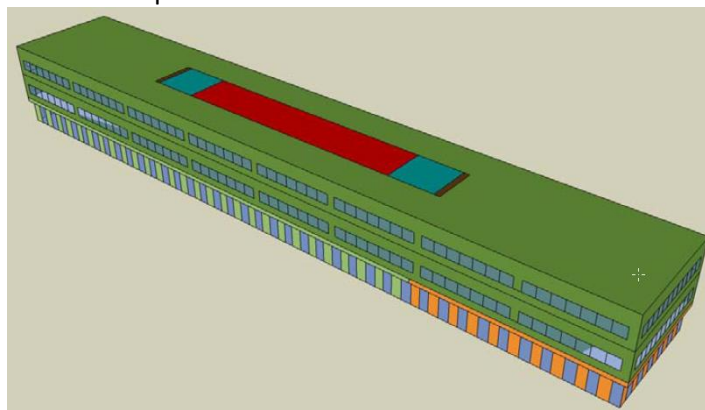


Figure 11 – BE3-70 : Petit bâtiment de bureaux (basé sur l'étude EPICool) : identification des fonctions

La Figure 11 permet de situer les différentes zones dont il est fait mention ci-dessus:

- En orange: la cafétéria, au rez-de-chaussée
- En vert clair: le lobby, au rez-de-chaussée
- En brun: les espaces techniques et de stockage, principalement au rez-de-chaussée, mais avec des gaines verticales traversant les 3 niveaux
- En bleu: les sanitaires, identiques à chaque étage, en zone centrale
- En vert foncé: les bureaux paysagers, donnant sur la façade, aux niveaux supérieurs
- En rouge: les salles de réunion, à côté des blocs sanitaires

Les Tableau 19 et Tableau 20 reprennent les caractéristiques générales de ce bâtiment de bureaux étendu.

BE3_70

Bâtiment de bureaux étendu

BASE

Informations générales		Enveloppe				Equipements	
Ville	Torhout	Surface utile	4403	m ²		Chauffage	Chauffage central (plusieurs SE)
Année construction	<1970>	VP	18352	m ³			Chaudière sans condensation
		Compacité	3,11	m			Gaz
Rénovation?	NON				Surface [m ²]		medium = eau
Type rénovation	-	U mur ext	0,95	W/m ² K	1655,06		
Année rénovation	-	U fenêtre	4,3	W/m ² K	452,4	Refroidissement	Machine à compression de froid
		U vitrage	3,5	W/m ² K	448,4		Electricité
		U châssis	-	W/m ² K	69,13		Evacuation mécanique
		g	0,75	-	69,13		Pas de récup.
		U toit plat	0,81		1600	Ventilation	
		U dalle sol	0,57	W/m ² K	1497,7		
		U plancher porte à faux	1,29		102,3		
Espace adjacent non chauffé	-	U moyen	1,41	W/m ² K			
		v50	9,5	m ³ /m ² h			

Résultats PEB					
Type UPEB	Ach (m ²)	Niveau K	Niveau Ew	Espec (kWh/m ² an)	Ponts thermique
Bureaux/Services	4953,38	83	288	374	aucun

Tableau 19 – BC3_70 : Bâtiment de bureaux étendu : caractéristiques générale

Enveloppe				
Type de paroi	Orientation	Matériau	U paroi [W/m ² K]	Surface [m ²]
Mur avant (entrée)	SUD	Plâtre		710,53
Mur arrière	NORD	Béton lourd (20 cm)	0,95	714,53
Mur latéral gauche	OUEST	Isolant (2 cm)/coulisse		115
Mur latéral droit	EST	panneaux de béton		115
Fenêtres avant	SUD			452,4
Fenêtres arrière	NORD	double vitrage avec	4,3	448,4
Fenêtres façade gauche	OUEST	châssis métallique		69,13
Fenêtres façade droite	EST			69,13
Toiture		Plafonnage		
		béton lourd (30 cm)		
		Isolation (4 cm)	0,81	1600
		Etanchéité		
Dalle de sol Plancher en porte-à-faux		Lestage		
		Béton lourd (20 cm)		
		Isolation (2 cm)	0,57*	1600
		Mortier ciment	1,29	
		Carrelage terre cuite		

Tableau 20 – BC3_70 : Bâtiment de bureaux étendu : caractéristiques de l'enveloppe

Les valeurs K, Ew et Espec ont été obtenues sans tenir compte des ponts thermiques. Les déperditions qui leur sont imputées sont considérées comme égales à 0.

Performances de l'enveloppe

Les caractéristiques thermiques suivantes ont été attribuées aux parois du bâtiment de bureaux étendu BE3_70.

Ces compositions de parois correspondent à celles attribuées aux immeubles de bureaux construits entre 1971 et 1990 (voir étude COZEB^{iv} pour plus de détails).

Murs				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
Béton isolé 2	plâtre	0,015	0,52	0,03
	béton	0,2	1,7	0,12
	isolant	0,02	0,045	0,44
	cavité	0,02	-	0,09
	panneaux béton	0,12	0,58	0,21
		U=	0,95	W/m²K
Toits				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
Béton isolé 4	plâtre	0,015	0,52	0,03
	béton	0,3	1,7	0,18
	isolant	0,04	0,045	0,89
	étanchéité	-	-	
	lestage	-	-	
		U=	0,81	W/m²K
Dalle de sol				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
Béton isolé 2	béton	0,2	2,2	0,09
	isolant	0,02	0,045	0,44
	mortier ciment	0,015	0,93	0,02
	carrelage terre cuite	0,01	0,81	0,01
		Rtot=	0,564	m²K/W
Fenêtres				
Type	g (-)	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
double vitrage	0,75			
châssi métallique		Uw	4,3	W/m²K

1971-1990

CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE

Tableau 21 – BE3_70 : Bâtiment de bureaux étendu : caractéristiques de l'enveloppe

Caractéristiques des systèmes

Les caractéristiques suivantes ont été attribuées aux systèmes présents dans le bâtiment de bureaux étendu BE3_70.

Elles correspondent à celles attribuées aux immeubles de bureaux construits avant 1945 (voir étude COZEB^{iiiv} pour plus de détails) et sont identiques à celles de l'immeuble GB7<45, dans lequel les systèmes initiaux ont été changé.

Ventilation	1971-1990	CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES
alimentation naturelle		
extraction mécanique		
pas de récupération de chaleur		
Chauffage		
chaudière à condensation au gaz		
hors du volume protégé		
rendement à 30% de charge = 82%		
Refroidissement		
machine électrique à compression de froid		
EER test = 2		
Eclairage		
17 W/m ² dans les zones de travail		
6 W/m ² dans les zones de service (circulation, sanitaires,...)		
pas de détection de présence ni de réduction du flux lumineux		
puissance moyenne surfacique = 13,75 W/m ²		
Protections solaires		
aucune protection solaire		

Tableau 22 - GB7<45 : Grand bâtiment de bureau : caractéristiques des systèmes

Le système de ventilation est en fait incomplet, puisque les débits d'alimentation considérés dans la PEB sont nuls, et que seuls des débits d'extraction mécanique au niveau des sanitaires sont encodés. L'Annexe A – Bureaux et Services - Hypothèses de simulations PEB reprend plus en détails les systèmes qui ont été encodés dans la PEB.

Mesures-groupes-variantes

Pour l'isolation des parois opaques, nous envisageons les deux cas suivants: par l'extérieur (en conservant l'isolant placé dans la coulisse) et par l'intérieur. L'isolation de la coulisse n'est pas envisagée dans ce cas, car les 2 cm disponibles ne permettent pas d'atteindre la résistance nécessaire pour obtenir la prime.

Pour l'isolation de la dalle de sol, seule la solution consistant à isoler sur la dalle est envisagée, étant donné l'absence d'espace en sous-sol.

Pour la toiture plate, on envisage une isolation par l'extérieur uniquement, cette solution étant de loin la plus aisée pour ce type de structure. On conserve donc l'étanchéité existante, qui joue alors le rôle de pare-vapeur, et on vient placer un nouvel isolant et une nouvelle étanchéité par-dessus (toiture chaude).

Les variantes suivantes seront appliquées au bâtiment de bureau étendu BE3_70 :

CAS	Groupe de mesures / variantes				
	Enveloppe				
	parois transparentes	toiture	parois opaques	sol	Infiltration
0					9,5
1	F2012				6,00
2	F2014				6,00
3	F3				6,00
4		Utoit 2012			8,00
5		Utoit 2014			8,00
6		Utoit 3			8,00
7	F2012	Utoit 2012			5,00
8	F2012	Utoit 2012	Umur 2012 int		4,50
9	F2012	Utoit 2012	Umur 2012 int	Usol 2012 int	4,50
10	F2012	Utoit 2012	Umur 2012 ext		4,50
11	F2012	Utoit 2012	Umur 2012 ext	Usol 2012 int	4,50
12	F2014	Utoit 2014			5,00
13	F2014	Utoit 2014	Umur 2012 int		4,50
14	F2014	Utoit 2014	Umur 2012 ext		4,50
15	F2014	Utoit 2014	Umur 2014 int		4,50
16	F2014	Utoit 2014	Umur 2014 int	Usol 2014 int	4,50
17	F2014	Utoit 2014	Umur 2014 ext		4,50
18	F2014	Utoit 2014	Umur 2014 ext	Usol 2014 int	4,50
19	F3	Utoit 3			5,00
20	F3	Utoit 3	Umur 3 int		4,50
21	F3	Utoit 3	Umur 3 ext		4,50
22	F3	Utoit 3	Umur 3 int	Usol 3 int dalle	4,50
23	F3	Utoit 3	Umur 3 ext	Usol 3 int dalle	4,50
24	Fpas	Utoit pas	Umur pas int	Usol pas int	2,50
25	Fpas	Utoit pas	Umur pas ext	Usol pas int	2,50

Tableau 23 - Variantes envisagées pour le bâtiment de bureaux étendu (BE3_70)

3. PBI1-84

Géométrie

Le petit bâtiment de bureaux est destiné à une profession libérale/une micro-entreprise. Il occupe le rez-de-chaussée d'un petit immeuble d'appartements, en agglomération. On considère qu'il a été construit pendant la période 1984-1996, soit lors de l'apparition de la première réglementation thermique en Wallonie. Celle-ci imposait un niveau d'isolation devant rester en-dessous de K70.

Cette réglementation ne concernait que les logements, mais le bureau de référence occupant le rez-de-chaussée de l'immeuble d'habitation, on peut raisonnablement supposer que son niveau de performance répond aux mêmes exigences que celles des étages supérieurs.

Le bureau est mitoyen sur ses deux façades longitudinales ; la façade principale est orientée au sud-ouest. Le bâtiment comporte une cave, non représentée sur les illustrations, située hors du volume protégé et comportant les techniques (chaudière,...). Les élévations ci-dessous permettent de se faire une idée plus précise de la géométrie du bâtiment.

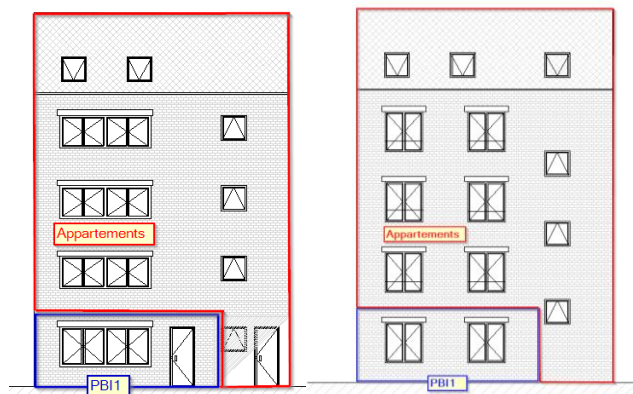


Figure 12 – PBI1_84 : Elévations avant et arrière petit bureau indépendant

La proportion de fenêtres par rapport aux façades verticales en contact avec l'extérieur est d'environ 28% pour la façade avant et de 21% pour la façade arrière. Au total, cela représente 10.5 m² de surface vitrée.

L'organisation spatiale est simple: un grand espace de travail donnant sur la façade avant, une salle de réunion profitant d'une fenêtre de la façade arrière et une zone de locaux humides (kitchenette et sanitaires).

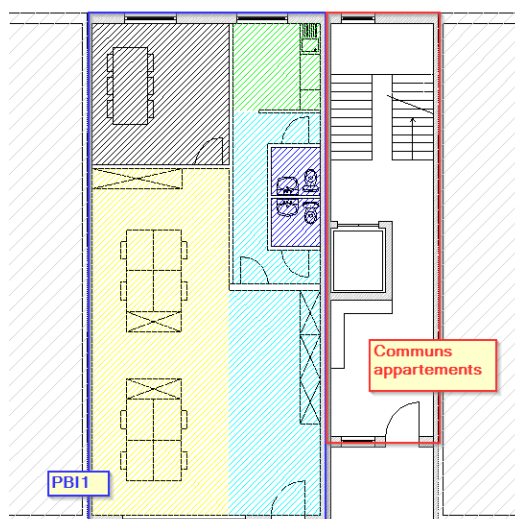


Figure 13 – PBI1_84 : Petit bureau indépendant: identification des fonctions

La Figure 13 permet de situer les différentes zones dont il est fait mention ci-dessus:

- En jaune: la zone de travail, comportant les bureaux
- En bleu clair : les espaces dédiés à la circulation
- En bleu foncé: les sanitaires
- En vert: la kitchenette
- En noir : la salle de réunions

Les Tableau 24 et Tableau 25 reprennent les caractéristiques générales de ce petit bureau indépendant.

PBI1_84		Petit bureau indépendant								
BASE										
Informations générales		Enveloppe					Equipements			
Ville	-	Surface utile	93.8	m²			Chauffage	Chauffage centra		
Année construction	1984-1996	VP	337.1	m³				Chaudière sans condensation HR+		
		Compacité	2.24	m					Gaz	
Rénovation?	Oui	Surface [m²]							medium = eau	
	chaudière	Umur ext	0.58	W/m²K	32.32				Refroidis- sement	NA
	vitrage	Ufenêtre	3.55	W/m²K	5.76	Ouest	NA			
		Uvitrage	2.8	W/m²K	4.8	Est				
Année rénovation	2005	Uchâssis g	-	W/m²K				Ventilation		Extraction naturelle sanitaires
			0.6	-						
Espace adjacent non chauffé	-									
	-	U dalle cave	0.55		105.34					
	-	U porte entrée	2.8	W/m²K	2.4					
		Umoyen	0.80	W/m²K						
		v50	8.5	m³/m²h						
Résultats PEB										
Type UPEB	Ach (m²)	Niveau K	Niveau Ew	Espec (kWh/m²an)		Ponts thermique				
Bureaux/Services	105.525	57	145	191		aucun				

Tableau 24 – PBI1_84 : petit bureau indépendant: caractéristiques générales

Enveloppe				
Type de paroi	Orientation	Matériau	Uparoi [W/m ² K]	Surface [m ²]
Mur avant (entrée)	SUD -OUEST	Bloc béton		14.72
Mur arrière	NORD-EST	Isolant	0.58	17.6
		Coulisse		
		Brique		
Fenêtres avant	SUD -OUEST	Double vitrage châssis	3.55	5.76
Fenêtres arrière	NORD-EST	aluminium à coupure thermique		4.8
Toiture		Pas d'application		
Dalle sur cave		Béton lourd (20 cm)	0.564	678
		Mortier ciment		
		Carrelage terre cuite		

Tableau 25 – PBI1_84 : petit bureau indépendant : caractéristiques de l'enveloppe

Les valeurs K, Ew et Espec ont été obtenues sans tenir compte des ponts thermiques. Les déperditions qui leur sont imputées sont considérées comme égales à 0.

On considère que les vitrages et la chaudière qui étaient présents en base dans le bâtiment ont été changés en 2005.

Performances de l'enveloppe

Les caractéristiques thermiques suivantes ont été attribuées aux parois du petit bureau indépendant PBI1_84.

Les valeurs de performances thermiques de parois définies dans l'étude COZEB n'ont pas été réutilisées telles quelles, car elles ne permettaient pas de satisfaire au niveau K 70 en vigueur à l'époque.

La logique suivante a été suivie :

- On suppose que l'exigence K portait sur l'entièreté du bâtiment (bureau + appartements).
- Le bâtiment a donc été codé entièrement dans la PEB, avec les valeurs définies dans COZEB en première approche (voir tableau ci-dessous).

Parois	U (W/m²K)	<1945	1946-1970	1971-1990	1991-3108/08
Murs					
Briques (plein)	2.13	X			
Béton non isolé	1.71		X		
Béton isolé 2	0.95			X	
Béton isolé 6	0.55				X
Toit					
Béton non isolé	2.90	X	X		
Béton isolé 4	0.81			X	
Béton isolé 8	0.43				X
Parois	R (m²K/W)	<1945	1946-1970	1971-1990	1991-3108/08
Dalle sol					
Béton non isolé	0.12	X	X		
Béton isolé 2	0.564			X	X
Parois	U _w (W/m²K)	<1945	1946-1970	1971-1990	1991-3108/08
Fenêtres					
Simple vitrage châssis bois	5	X	X		
Double vitrage châssis métallique	4.3			X	
Double vitrage coupure thermique	3.5				X

Tableau 26 – Composition des parois d'un bâtiment en fonction de sa période de construction (étude COZEB)

Il ne répondait alors pas à l'exigence du niveau K.

Les valeurs des U de façade ont dès lors été renforcées de manière à satisfaire ce niveau K. 5 cm d'isolant 0.045 W/mK (au lieu de 2 cm) ont été nécessaires, afin d'obtenir un K68. Les autres valeurs ont été conservées.

- Ces valeurs ont ensuite été appliquées au niveau des parois de l'unité Bureau. Le vitrage a cependant été modifié pour prendre la rénovation effectuée en 2005, à savoir le passage à

un double vitrage à coupure thermique ($U_w=3.55 \text{ W/m}^2\text{K}$). Le tableau suivant reprend le détail de la composition et des performances thermiques de chaque paroi définissant le volume protégé « bureaux ».

Murs				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
Murs briques	plâtre	0.015	0.52	0.03
	bloc béton	0.19	1.33	0.14
	isolant	0.05	0.045	1.11
	coulisse	0.02		0.09
	briques	0.09	0.52	0.17
		U=	0.58	W/m²K
Toits				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
Béton isolé 4	plâtre	0.015	0.52	0.03
	béton	0.3	1.7	0.18
	isolant	0.04	0.045	0.89
	étanchéité	-	-	
	lestage	-	-	
		U=	0.81	W/m²K
Dalle de sol				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
Béton isolé 2	béton	0.2	2.2	0.09
	isolant	0.02	0.045	0.44
	mortier ciment	0.015	0.93	0.02
	carrelage terre	0.01	0.81	0.01
		Rtot=	0.564	m²K/W
Fenêtres				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
double vitrage				
châssis métallique à coupure thermique		Uw	3.55	W/m²K

1984-1996

CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE

Tableau 27 – PBI1_84 : petit bureau indépendant : caractéristiques de l'enveloppe

Caractéristiques des systèmes

Les caractéristiques suivantes ont été attribuées aux systèmes présents dans le petit bureau indépendant PBI1_84.

La chaudière a été changée en 2005.

Ventilation	1984-1996	CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES
alimentation naturelle évacuation naturelle		
Chauffage		
chaudière à eau chaude sans condensation au gaz hors du volume protégé rendement à 30% de charge = 89%		
Refroidissement		
machine électrique à compression de froid EER test = 2		
Eclairage		
15 W/m ² dans les zones de travail 6 W/m ² dans les zones de service (circulation, sanitaires,...) pas de détection de présence ni de réduction du flux lumineux puissance moyenne surfacique = 12,5 W/m ²		
Protections solaires		
protections solaires intérieures manuelles		

Tableau 28 – PBI1_84 : Petit bureau indépendant: caractéristiques des systèmes

Le système de ventilation est en fait incomplet, puisque les débits d'alimentation considérés dans la PEB sont nuls, et que seule une évacuation naturelle au niveau des sanitaires est encodée.

L'Annexe A – Bureaux et Services - Hypothèses de simulations PEB reprend plus en détails les systèmes qui ont été encodés dans la PEB.

Mesures-groupes-variantes

Pour l'isolation des parois opaques, nous envisageons les trois cas suivants:

- par l'extérieur : ajout d'un isolant enduit devant la paroi existante
- par l'extérieur : retrait de la brique de parement et de l'isolant (ayant entre 20 et 30 ans) et application d'un nouvel isolant enduit
- par l'intérieur

L'isolation par l'extérieur ne sera pas toujours applicable en réalité, si un règlement urbanistique ou un alignement des façades est nécessaire. C'est pourquoi, dans ce cas de bâtiment mitoyen, nous avons également opté pour l'analyse d'une solution qui pourrait être un peu facilement acceptée (aspect visuel conservé, pas ou peu de dépassement). Cependant, si l'on souhaite isoler par l'extérieur et atteindre les performances passives, strictement respecter l'alignement ne sera jamais possible.

Pour l'isolation de la dalle de sol, seule la solution consistant à isoler le plafond de la cave (isolation de la dalle par l'extérieur, dans le tableau) est envisagée pour les variantes 2012, 2014 et « 3 ».

Les variantes suivantes seront appliquées au petit bureau indépendant PBI1_84 :

CAS	Groupe de mesures / variantes			
	Enveloppe			
	parois transparentes	parois opaques	sol	Infiltration
0				8.5
1	F2012			6.00
2	F2014			6.00
3	F3			6.00
4	F2012	Umur 2012 int		5.50
5	F2012	Umur 2012 int	Usol 2012 ext	4.50
6	F2012	Umur 2012 ext1		5.50
7	F2012	Umur 2012 ext2		5.50
8	F2012	Umur 2012 ext1	Usol 2012 ext	4.50
9	F2012	Umur 2012 ext2	Usol 2012 ext	4.50
10	F2014	Umur 2012 int		5.50
11	F2014	Umur 2012 ext1		5.50
12	F2014	Umur 2012 ext2		5.50
13	F2014	Umur 2014 int		5.50
14	F2014	Umur 2014 int	Usol 2014 ext	4.50
15	F2014	Umur 2014 ext1		5.50
16	F2014	Umur 2014 ext2		5.50
17	F2014	Umur 2014 ext1	Usol 2014 ext	4.50
18	F2014	Umur 2014 ext2	Usol 2014 ext	4.50
19	F3	Umur 3 int		5.50
20	F3	Umur 3 ext1		5.50
21	F3	Umur 3 ext2		5.50
22	F3	Umur 3 int	Usol 3 ext dalle	4.50
23	F3	Umur 3 ext1	Usol 3 ext dalle	4.50
24	F3	Umur 3 ext2	Usol 3 ext dalle	4.50
25	Fpas	Umur pas int	Usol pas ext	2.50
26	Fpas	Umur pas ext	Usol pas ext	2.50

Tableau 29 - Variantes envisagées pour le petit bureau indépendant (PBI1_84)

4. BC4-96

Géométrie

Le bâtiment de bureaux compact de 4 niveaux a été construit entre les années 1996 et 2008, soit lors de l'implémentation de la seconde réglementation thermique en Wallonie, applicable également aux bureaux et comportant des exigences sur la ventilation (K65, U_{max}). Il est situé en zone péri-urbaine, et est libre sur ses 4 façades. Une cave est présente sous le bâtiment, mais ne fait pas partie du volume protégé.

La façade principale est orientée au sud-ouest.

Le bâtiment est inspiré du Mundo Namur.

Les images ci-dessous permettent de se faire une idée plus précise de la géométrie du bâtiment.

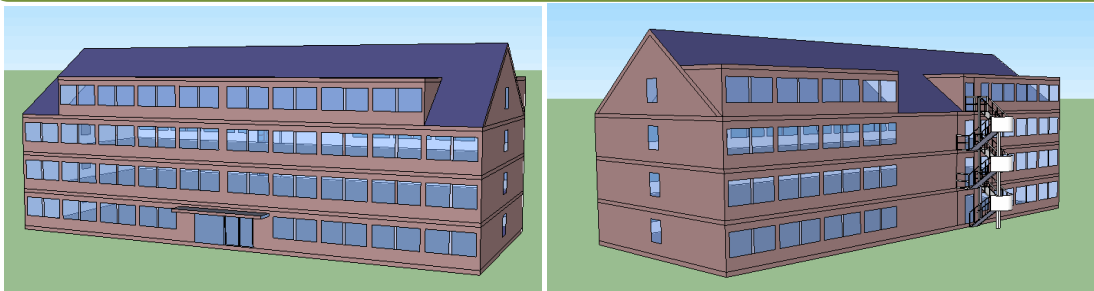
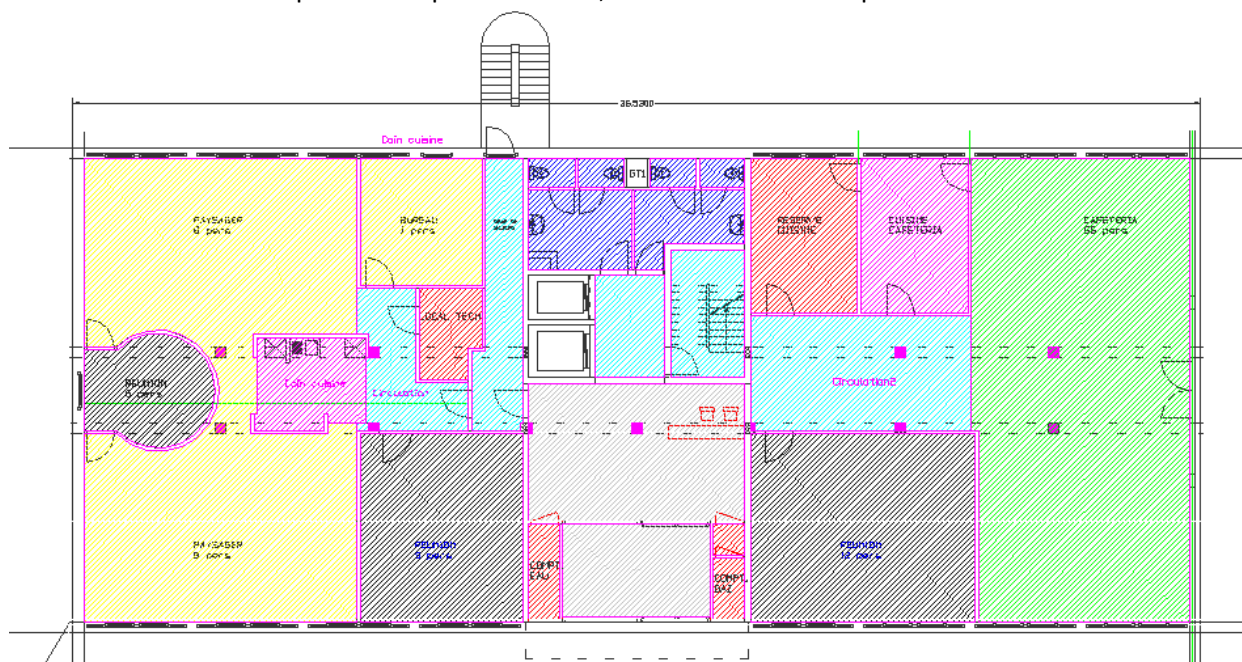


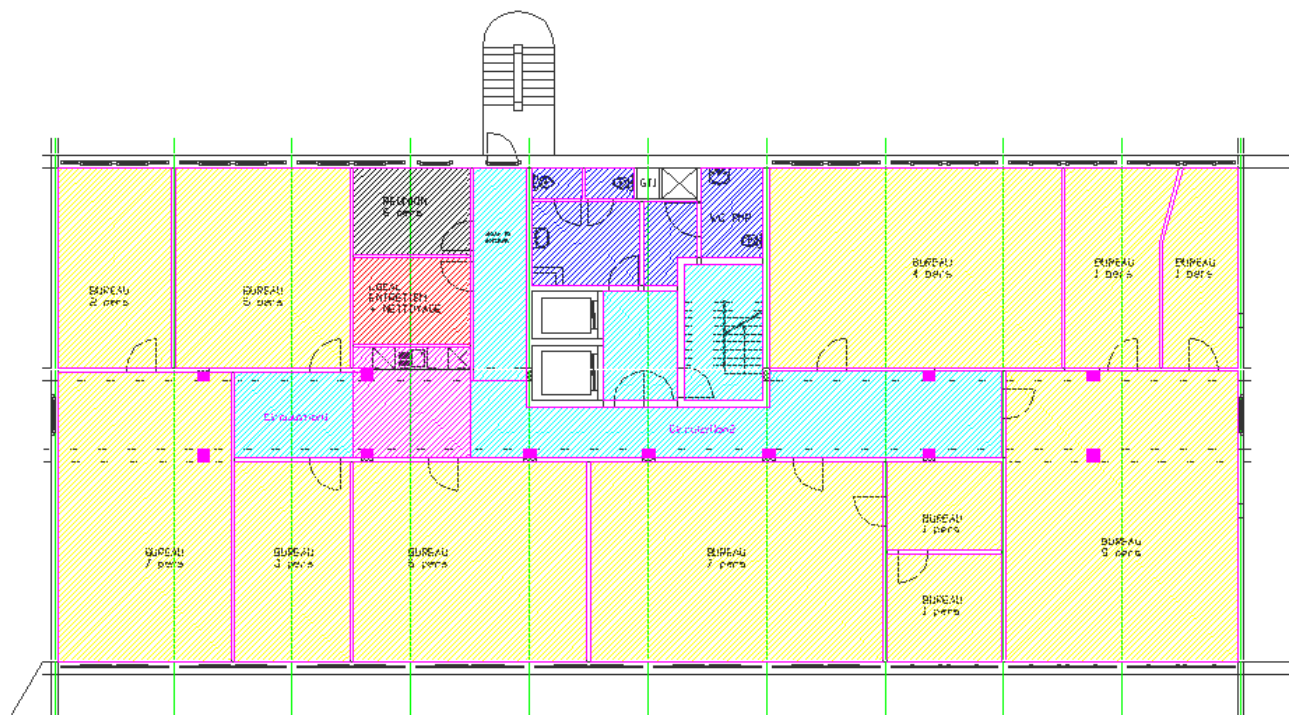
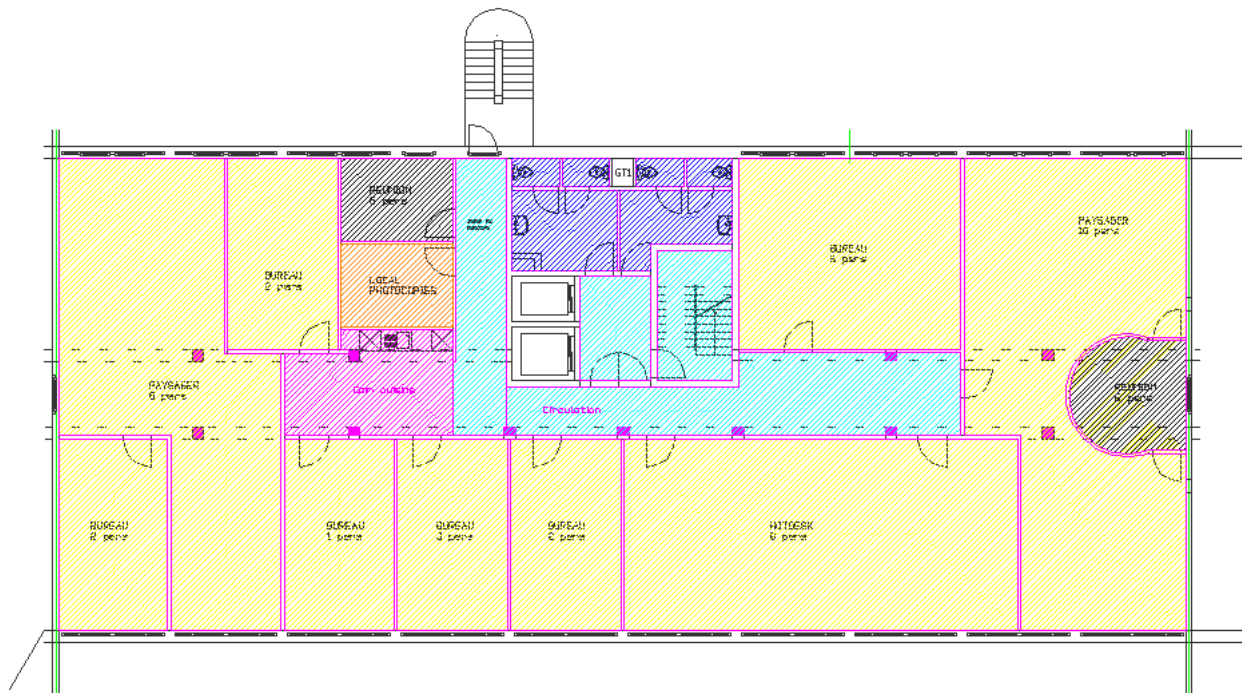
Figure 14 – BC4_96 : bureau compact

La proportion de fenêtres des deux façades principales est d'environ 38%. Les pignons étant très peu vitrés, le pourcentage de fenêtres par rapport à l'ensemble des 4 façades en contact avec l'extérieur est de 27 %. Au total, cela représente 340 m² de fenêtres.

Tous les niveaux accueillent des salles de réunions, des bureaux (paysagers ou non), ainsi qu'un noyau sanitaires et circulation.

Le rez-de-chaussée comporte un espace d'accueil, une cafétéria et une petite cuisine.





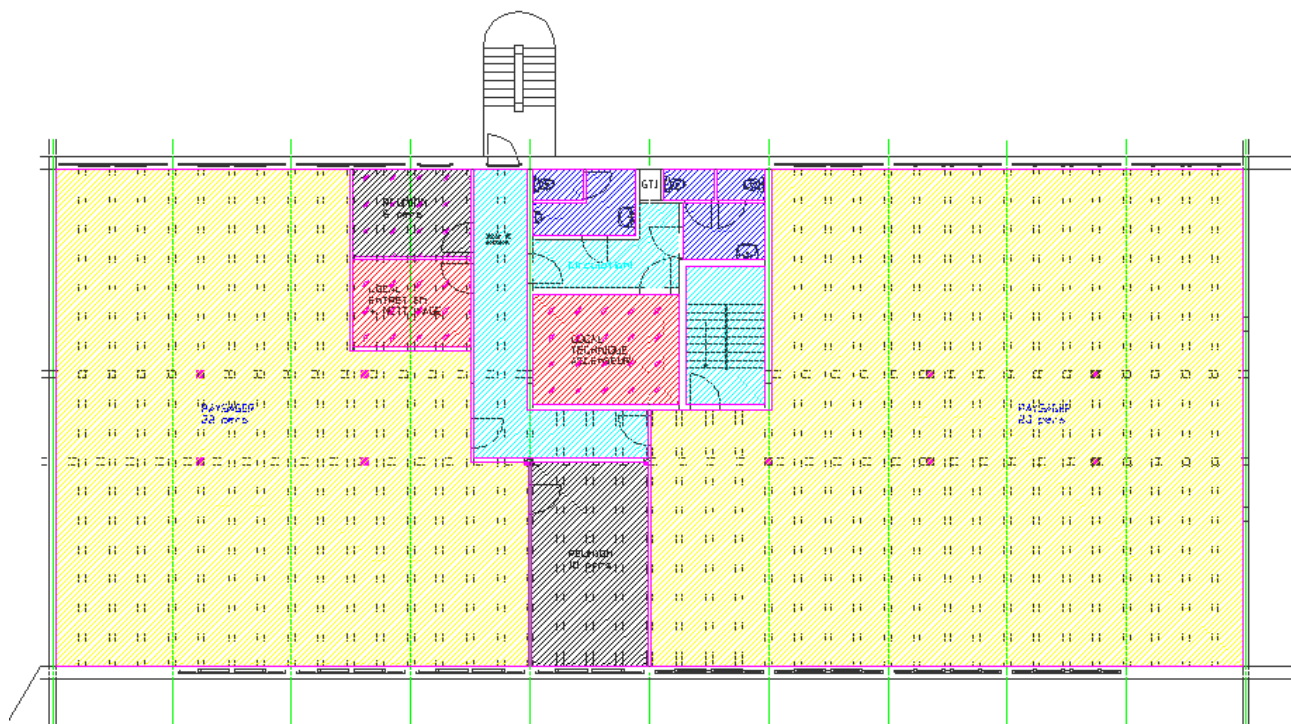


Figure 15 – BC4_96 : plans des différents niveaux

Les plans ci-dessus permettent de situer les différentes zones présentes dans le bâtiment:

- En jaune: la zone de travail, comportant les bureaux
- En bleu clair : les espaces dédiés à la circulation
- En bleu foncé: les sanitaires
- En vert: la cafétéria
- En rouge : les locaux technique
- En magenta : les espaces kitchenette
- En noir : les salles de réunions
- En gris : les espaces d'accueil
- En orange : le local photocopies

Les Tableau 30 et Tableau 31 reprennent les caractéristiques générales de ce petit bureau indépendant.

BC4_96

Bâtiment de bureaux compact

BASE

Informations générales		Enveloppe					Equipements		
Ville	Namur	Surface utile	2051	m²			Chauffage	Chauffage centra	
Année construction	1996-2008	VP	5788	m³				Chaudière sans condensation HR+	
		Compacité	2.32	m					
Rénovation?	NON			Surface [m²]					
Type rénovation	-	Umur briques	0.5	W/m²K	401.82				
Année rénovation	-	Umur béton	0.51	W/m²K	531.64			Gaz	
		Ufenêtre Uvitrage Uchâssis g	3.55	W/m²K	178.63	SO		medium = eau	
			2.8	W/m²K	146.32	NE			
			-	W/m²K	7.4	SE			
			0.6	-	7.4	NO			
Espace adjacent non chauffé	-			W/m²K			Refroidis- sement	Machine à compression de froid	
	-	U toit plat	0.47						254.08
	-	U toit incliné	0.49					388.46	
		U dalle sur cave	0.6				574.25		Ventilation
							Pas de récup.		
		Umoyen	0.93	W/m²K					
		v50	7	m³/m²h					
Résultats PEB									
Type UPEB	Ach (m²)	Niveau K	Niveau Ew	Espec (kWh/m²an)		Ponts thermique			
Bureaux/Services	2307	65	175	195		aucun			

Tableau 30 – BC4_96: bureau compact: caractéristiques générales

Enveloppe				
Type de paroi	Orientation	Matériau	Uparoi [W/m²K]	Surface [m²]
Mur avant (entrée)	SUD - OUEST	(colonnes)		251.16
Mur arrière	NORD-EST	Panneau béton	0.50	280.48
		Isolant		
Pignons	NORD-OUEST	Panneaux béton	0.51	200.91
	SUD-EST	Bloc béton		200.91
		Isolant		
		Coulisse		
		Brique		
Fenêtres avant	SUD-OUEST	Double vitrage châssis	3.55	176.63
Fenêtres arrière	NORD-EST	aluminium à coupure		146.32
Fenêtres pignon droit	SUD-EST	thermique		7.4
Fenêtres pignon gauche	NORD-OUEST			7.4
Toiture plate bois		Voir calcul ci-après	0.47	254
Toiture inclinée bois		Voir calcul ci-après	0.48	388
Dalle sur cave		Béton lourd (20 cm)	0.6	
		Isolant		
		Mortier ciment		547
		Carrelage terre cuite		

Tableau 31 – BC4_96 : bureau compact : caractéristiques de l'enveloppe

* calcul ci-après = voir Figure 16 et Figure 17.

Les valeurs K, Ew et Espec ont été obtenues sans tenir compte des ponts thermiques. Les déperditions qui leur sont imputées sont considérées comme égales à 0.

Performances de l'enveloppe

Les caractéristiques thermiques suivantes ont été attribuées aux parois du bureau compact BC4_96. Les valeurs de performances thermiques de parois définies dans l'étude COZEB (Tableau 32) n'ont pas été réutilisées telles quelles, car elles ne permettaient pas de satisfaire au niveau K 65 en vigueur à l'époque.

Pour atteindre au maximum le niveau K65, il a été nécessaire d'isoler avec 10 cm d'isolant 0.04 W/mK en toiture (au lieu des 8 cm prévus dans COZEB) et de placer 4 cm d'isolant dans la dalle de sol (plutôt que les 2 cm prévus dans COZEB).

Parois	U (W/m²K)	<1945	1946-1970	1971-1990	1991-3108/08
Murs					
Briques (plein)	2.13	X			
Béton non isolé	1.71		X		
Béton isolé 2	0.95			X	
Béton isolé 6	0.55				X
Toit					
Béton non isolé	2.90	X	X		
Béton isolé 4	0.81			X	
Béton isolé 8	0.43				X
Parois	R (m²K/W)	<1945	1946-1970	1971-1990	1991-3108/08
Dalle sol					
Béton non isolé	0.12	X	X		
Béton isolé 2	0.564			X	X
Parois	U _w (W/m²K)	<1945	1946-1970	1971-1990	1991-3108/08
Fenêtres					
Simple vitrage châssis bois	5	X	X		
Double vitrage châssis métallique	4.3			X	
Double vitrage coupure thermique	3.5				X

Tableau 32 – Composition des parois d'un bâtiment en fonction de sa période de construction (étude COZEB)

Murs				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
Murs briques	bloc béton	0.19	1.33	0.14
	isolant	0.06	0.04	1.50
	coulisse	0.03		0.09
	briques	0.09	0.52	0.09
		U=	0.50	W/m²K
Murs béton	bloc béton	0.19	1.33	0.14
	isolant	0.06	0.04	1.50
	panneau béton	0.06	0.4	0.15
		U=	0.51	W/m²K
Toits				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
Bois isolé 10	toit plat	U=	0.47	W/m²K
Bois isolé 10	toit incliné	U=	0.48	W/m²K
Dalle de sol				
Type	Matériaux	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
Béton isolé 2	béton	0.2	2.2	0.09
	isolant	0.04	0.045	0.89
	mortier ciment	0.015	0.93	0.02
	carrelage terre	0.01	0.81	0.01
		Rtot=	1.008	m²K/W
Fenêtres				
Type	g (-)	Epaisseur (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)
double vitrage	0.6			
châssis métallique à coupure		Uw	3.55	W/m²K

1996-2008

CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE

Tableau 33 – BC4_96 : bureau compact : caractéristiques de l'enveloppe

Calcul détaillé des valeurs U pour les toitures plates et inclinées en bois :

Nom de référence : BC4_96_toit plat

Description :

U calculé : 0.468 (Valeur U pour extérieur)

Profil de toit : Toit plat + forme de pente

Introduction directe du U : ☐ Oui ☒ Non

Couches

Extérieur

#	Type de la couche	Type de matériau	Epaisseur [m]	Options	R [m²K/W]	
1	Simple	Membrane bitumeuse (Divers) - AU: 0.23	0.003		0,013	✗
2	Composée	Rockwool B.V. / Matelas à Languettes 118 - AU: 0.04 Bois de charpente en feuillus durs et résineux (Bois et dérivés de bois) - AU: 0.13	0.1	© ⓘ	1,934	✗
3	Simple	Plaques de plâtre entre deux couches de carton (Matériaux hétérogènes)	≤ 0.014		0,05	✗

Intérieur

Résistance thermique (surface à surface) Rt = 2,00 [m²K/W]
 Résistance superficielle int. Rsi = 0,10 [m²K/W]
 Résistance thermique totale RT = 2,14 [m²K/W]
Valeur U indicative U = 0,47 [W/m²K]

Figure 16 – BC4_96 : toiture plate structure bois : calcul du U

Couches					
Extérieur					
#	Type de la couche	Type de matériau	Épaisseur [m]	Options	R [m²K/W]
1	Simple	Air fortement ventilé (Air)	-		0,00
2	Simple	Panneau de fibres liées au ciment (Bois et dérivés de bois) - AU: 0.23	0,022		0,096
3	Composée	Bois de charpente en feuillus durs et résineux (Bois et dérivés de bois) - AU: 0.13 Knauf Insulation / TR 312 - AU: 0.04	0.1	⊙ ⊕	1,724
4	Simple	Plaques de plâtre entre deux couches de carton (Matériaux hétérogènes)	≤ 0.014		0,05
Intérieur					
			Résistance thermique (surface à surface) Rt = 1,87 [m²K/W]		
			Résistance superficielle int. Rsi = 0,10 [m²K/W]		
			Résistance thermique totale RT = 2,07 [m²K/W]		
			Valeur U indicative U = 0,48 [W/m²K]		

Figure 17 – BC4_96 : toiture inclinée structure bois : calcul du U

Caractéristiques des systèmes

Les caractéristiques suivantes ont été attribuées aux systèmes présents dans le petit bureau indépendant BC4_96.

Ventilation	1984-1996	CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES
alimentation mécanique		
évacuation mécanique		
pas de récupération de chaleur		
Chauffage		
chaudière à eau chaude sans condensation au gaz		
hors du volume protégé		
rendement à 30% de charge = 90,56%		
Refroidissement		
machine électrique à compression de froid		
EER test = 2,5		
Eclairage		
15 W/m² dans les zones de travail		
6 W/m² dans les zones de service (circulation, sanitaires,...)		
détection de présence (réunions & bureaux), pas de dimming		
puissance moyenne surfacique = 11,2 W/m²		
Protections solaires		
protections solaires intérieures manuelles		

Tableau 34 – BC4_96 : bureau compact: caractéristiques des systèmes

En ce qui concerne l'éclairage, une détection de présence est prévue dans les salles de réunions et les bureaux, avec une plus grande surface contrôlée égale à 20 m². Aucune réduction du flux lumineux n'est prévue.

L'Annexe A – Bureaux et Services - Hypothèses de simulations PEB reprend plus en détails les systèmes qui ont été encodés dans la PEB.

Mesures-groupes-variantes

Pour l'isolation des parois opaques, nous envisageons l'isolation par l'extérieur (en enlevant les panneaux de béton servant de parement, ainsi que l'isolant, qu'il sera difficile de conserver lors de la démolition. Cette solution ne sera pas toujours applicable en réalité, si un règlement urbanistique ou

un alignement des façades est nécessaire.

Pour l'isolation de la dalle de sol, seule la solution consistant à isoler le plafond de la cave (isolation de la dalle par l'extérieur, dans le tableau) est envisagée pour les variantes 2012, 2014 et « 3 ».

Pour l'isolation de la toiture en pente, étant donné que le bâtiment est libre sur ses 4 façades, le principe de la toiture Sarking (isolation par l'extérieur) sera appliqué.

Les variantes suivantes seront appliquées au bureau compact BC4_96 :

CAS	Groupe de mesures / variantes				
	Enveloppe				
	parois transparentes	toiture	parois opaques	sol	Infiltration
0					7.0
1	F2012				6.0
2	F2014				6.0
3	F3				6.0
4		Utoit 2012			6.5
5		Utoit 2014			6.5
6		Utoit 3			6.5
7	F2012	Utoit 2012			5.5
8	F2012	Utoit 2012	Umur 2012 ext		5.0
9	F2012	Utoit 2012	Umur 2012 ext	Usoil 2012 ext	4.5
10	F2014	Utoit 2014			5.5
11	F2014	Utoit 2014	Umur 2012 ext		5.0
12	F2014	Utoit 2014	Umur 2014 ext		5.0
13	F2014	Utoit 2014	Umur 2014 ext	Usoil 2014 ext	4.5
14	F3	Utoit 3			5.5
15	F3	Utoit 3	Umur 3 ext		5.0
16	F3	Utoit 3	Umur 3 ext	Usoil 3 ext	4.5
17	Fpas	Utoit pas	Umur pas ext	Usoil pas ext	2.5

Tableau 35 - Variantes envisagées pour le bureau compact (BC4_96)

6. Hôpitaux – analyse bibliographique

Afin de récolter des informations sur les hôpitaux existant en Wallonie, les études suivantes ont été analysées:

- Nouvelle analyse sectorielle 2009-2012 des hôpitaux généraux en Belgique. Belfius.
- Fiche-info L'organisation et le financement des hôpitaux (Supplément à MC-Informations n° 253). septembre 2013
- Première approche d'un référentiel de dimensionnement pour un établissement de santé, 2008 (document concernant la France)
- L'URE dans les hôpitaux, quatre exemples.
- Cartographie des émissions annuelles de CO₂ dues aux consommations énergétiques des bâtiments tertiaires en Région Wallonne, ULg & LEMA, 2012.

- Le "Bilan énergétique de la Wallonie 2008, secteur domestique et équivalentes" traite séparément bureaux privés et publics.

Celles-ci nous ont permis de comprendre l'évolution des bâtiments de soins de santé composant le parc bâti wallon, ainsi que de définir quelles étaient les typologies les plus représentées. Les données s'y rapportant sont résumées dans les 2 paragraphes suivants. Etant donné la quantité d'informations issue de "Bilan énergétique de la Wallonie 2008, secteur domestique et équivalentes" celui-ci fait l'objet d'un paragraphe particulier.

6.1. Evolution du parc hospitalier belge et wallon

De 450 établissements en 1945, au terme de la dernière guerre mondiale, la Belgique a connu une réduction drastique du nombre d'institutions de soins pendant la seconde moitié du XXe siècle : à l'issue de multiples fusions et remembrements, il n'en subsiste aujourd'hui qu'une petite centaine, dont sept hôpitaux académiques adossés aux sept facultés de médecine complètes du Royaume. La plupart des grands hôpitaux sont à présent des structures multi-sites, ce qui en complexifie l'exploitation et la gestion.

Les évolutions marquantes de ces dernières années sont les fusions qui ont conduit à un accroissement d'échelle, la réorientation du financement des hôpitaux, la structuration de l'activité hospitalière par le biais de programmes de soins et la réduction de la durée de séjour à l'hôpital.

Une nouvelle vague de reconfigurations de ces établissements permettrait sans doute dans le futur de couvrir les besoins sanitaires de l'ensemble de la population à partir d'une soixantaine d'établissements modernes, bien répartis géographiquement.

Depuis 2011, les hôpitaux se sont de nouveau mis à investir davantage (1,2 milliard d'euros). Outre les investissements d'entretien ordinaires, les hôpitaux ont investi dans des projets de constructions plus vastes. Bon nombre de ces investissements ont été mis en service en 2012. Les amortissements ont dès lors également progressé. Mais les nouveaux investissements et les investissements de remplacement se poursuivent aussi. En 2012, le montant des investissements s'est à nouveau accru d'1,3 milliard d'euros ou 10,8 %. Le niveau des investissements est pratiquement identique en Flandre, en Wallonie et à Bruxelles. On a constaté que par rapport à leurs amortissements, les hôpitaux publics ont investi davantage que le secteur privé. Ils affichent aussi un ratio d'ancienneté sensiblement inférieur. En d'autres termes, leur infrastructure est plus vétuste et les investissements de rénovation sont plus que nécessaires^v.

6.2. Typologie des établissements hospitaliers

Au niveau des fonctions, on distingue quatre types d'hôpitaux^{vi}:

- les hôpitaux généraux (≥ 150 lits agréés et au moins un service de chirurgie et de médecine interne)
- les hôpitaux psychiatriques (peut gérer des habitations protégées IHP pour un traitement médical non psychiatrique)
- les hôpitaux catégoriels (hôpitaux plus petits offrant des soins spécifiques à un groupe-cible déterminé)
- les hôpitaux universitaires (comptent au moins les mêmes services que les hôpitaux généraux)

Figure 1 : Évolution du nombre d'hôpitaux par type

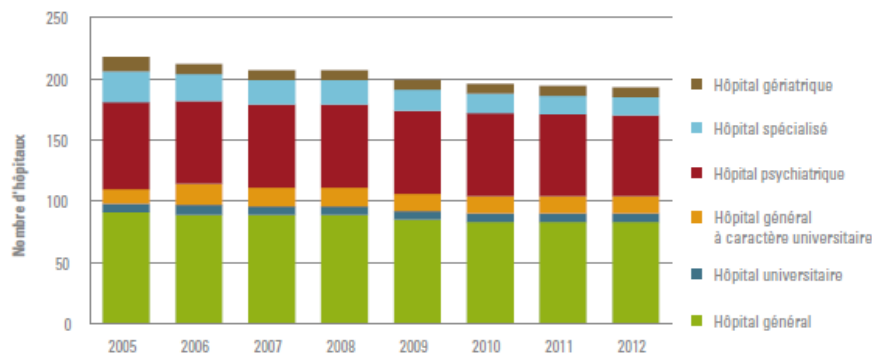


Figure 2 : Évolution du nombre de lits agréés par type d'hôpital

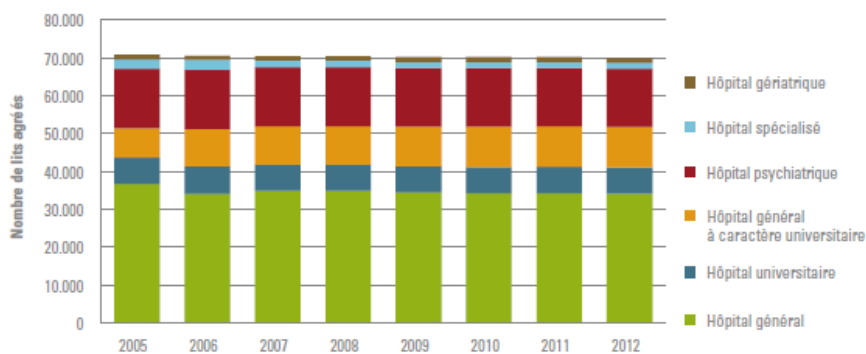


Tableau 1 : Nombre d'hôpitaux et de lits agréés par type et par région, 2012

	Nombre d'hôpitaux				Nombre de sites				Nombre de lits agréés			
	Flandre	Wallonie	Bruxelles	Belgique	Flandre	Wallonie	Bruxelles	Belgique	Flandre	Wallonie	Bruxelles	Belgique
Hôpital général	47	30	6	83	80	58	13	151	19.146	12.076	2.874	34.096
Hôpital universitaire	3	1	3	7	5	3	3	11	3.438	925	2.557	6.920
Hôpital général à caractère universitaire	5	6	3	14	19	9	6	34	6.187	3.039	1.514	10.740
Hôpital psychiatrique	37	20	9	66	44	22	9	75	10.158	4.335	890	15.383
Hôpital spécialisé	9	5	1	15	9	6	1	16	969	460	117	1.546
Hôpital gériatrique	2	1	5	8	2	2	6	10	248	426	613	1.287
Total	103	63	27	193	159	100	38	297	40.146	21.261	5.691	69.972

Figure 18 : Evaluation du nombre de lits/d'hôpitaux par région [Fiche-info]

6.3. Bilan énergétique de la Wallonie 2008, secteur domestique et équivalents

Le "Bilan énergétique de la Wallonie 2008, secteur domestique et équivalents" aborde les établissements de soins de santé selon 3 variables: le nombre de lits, le nombre d'emplois et la surface.

Un élément important est l'absence de corrélation entre les consommations spécifiques et le nombre

de lits des établissements analysés, dû à leur diversité en termes de fonctions (hospitalisation, hôpital de jour, soins intensifs,...). Pour ce type de fonction, lier nombre de lits et consommation spécifique semble donc impossible.

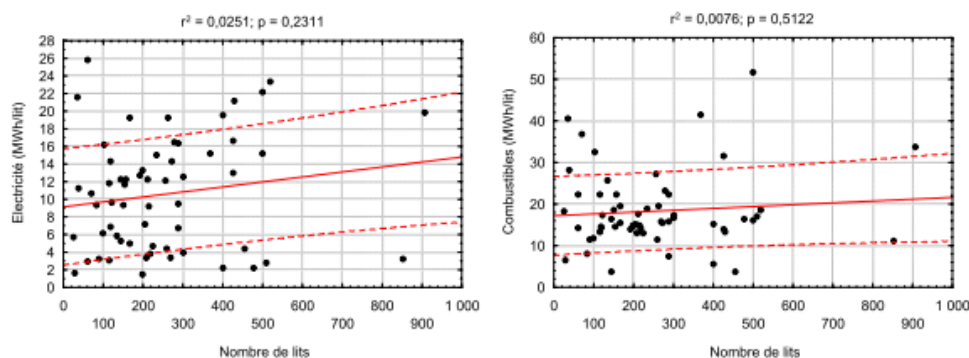


Figure 113 - Consommations spécifiques d'électricité et de combustibles par lit des hôpitaux en 2008

Figure 19 : Consommations spécifiques (électricité + combustibles) par lit en 2008 [bilan énergie Wallonie 2008]

Cette absence de corrélation existe également entre surface et consommations spécifiques; par contre, une corrélation satisfaisante peut être établie entre surface et consommations totales.

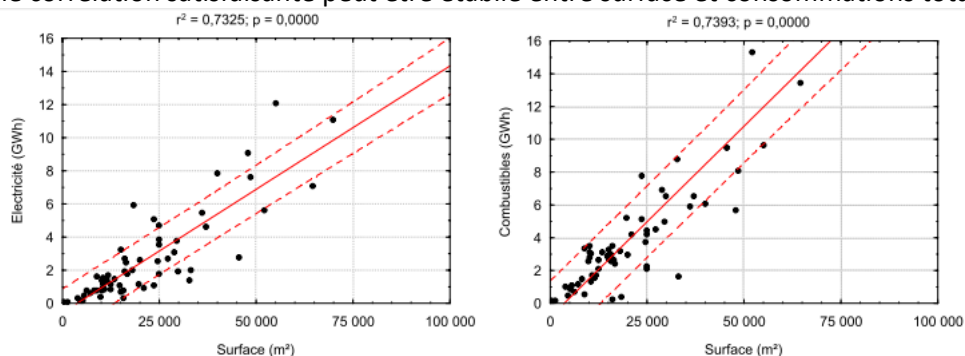


Figure 116 - Consommations d'électricité et de combustibles des hôpitaux en 2008

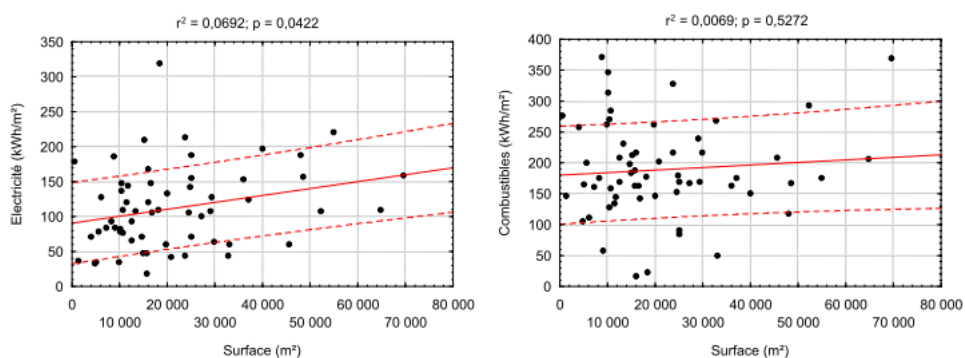


Figure 117 - Consommations spécifiques d'électricité et de combustibles par mètre carré des hôpitaux en 2008

Figure 20 : Consommations (spécifiques) (électricité + combustibles) par m² en 2008 [bilan énergie Wallonie 2008]

Une tendance générale à noter est que de 1990 à 2008, le nombre de m² par lit a augmenté de 27%.

La présence ou non d'une climatisation dans les hôpitaux est également analysée: les 3/4 des établissements hospitaliers sondés étaient équipés d'une climatisation en 2009.

Branche d'activité	Nombre de réponses	ayant une climatisation	% équipé
Commerce de détail hors supermarchés	219	81	37%
Supermarchés et Hypermarchés	32	15	47%
Horeca	48	21	44%
Bureau privé	36	20	56%
Bureau public	155	39	25%
Enseignement	287	17	6%
Hôpitaux	55	41	75%
Homes	138	30	22%
Piscines	28	8	29%
Autres	458	115	25%
Total	1 456	387	27%

Tableau 67 - Nombre de répondants et taux de pénétration des climatisations en 2009

Tableau 36 : Nombre de climatisations pour l'échantillon sondé [bilan énergie Wallonie 2008]

Le graphique ci-dessous donne une idée de l'année de construction ou de grosse rénovation des hôpitaux sondés. Le parc wallon est essentiellement constitué pour moitié de constructions anciennes, datant d'avant-guerre, et pour environ 1/3 d'hôpitaux construits/rénovés entre 1945 et 1995.³

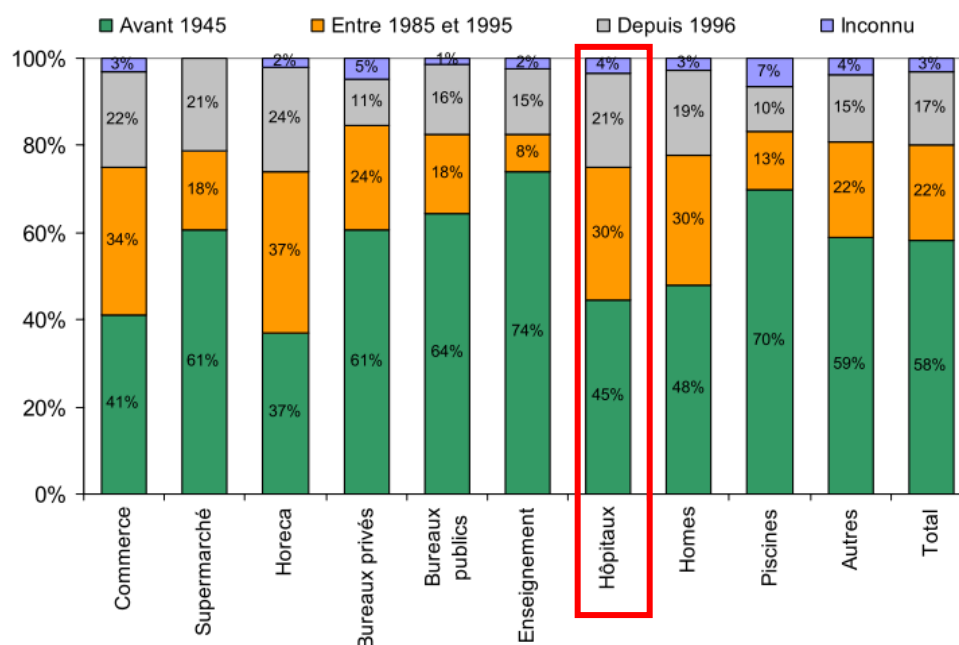


Figure 153 - Année de construction ou de grosse rénovation par branche d'activité

Figure 21 : Année de construction/grosse rénovation par tranche d'activité [bilan énergie Wallonie 2008]

³ L'intitulé du graphique comporte une erreur ; les valeurs indiquées en orange correspondent bien à la période 1945-1995 et non 1985-1995.

			Electricité	Gaz naturel	Produits pétroliers	Autres	Total	dont Combustibles
en TWh PCI	MP ¹⁷	Commerce et artisanat	2.30	1.33	1.44	0.10	5.17	2.87
	MM ¹⁸	Transport et communication	0.38	0.09	0.16	0.00	0.62	0.24
	MP	Banques assur et serv.aux entr.	0.34	0.24	0.03	0.00	0.61	0.27
	NM ¹⁹	Enseignement	0.47	0.63	0.69	0.02	1.81	1.34
	NM	Soins et santé	0.60	0.78	0.43	0.00	1.81	1.21
	MM	Culture et sports	0.29	0.39	0.18	0.00	0.86	0.57
	MP	Autres services	0.12	0.26	0.17	0.00	0.54	0.43
	NM	Administration	0.43	0.60	0.36	0.00	1.39	0.96
	NM	Divers	0.82	0.04	0.09	0.00	0.95	0.13
		Total	5.73	4.35	3.55	0.13	13.76	8.03
	MP	Total marchand privé	2.75	1.83	1.64	0.10	6.32	3.57
	MM	Total marchand mixte	0.67	0.47	0.33	0.00	1.48	0.81
	NM	Total non marchand	2.31	2.04	1.58	0.03	5.96	3.64
en % du total par branche d'activité	MP	Commerce et artisanat	44%	26%	28%	2%	100%	56%
	MM	Transport et communication	61%	14%	25%	0%	100%	39%
	MP	Banques assur et serv.aux entr.	55%	39%	5%	0%	100%	45%
	NM	Enseignement	26%	35%	38%	1%	100%	74%
	NM	Soins et santé	33%	43%	24%	0%	100%	67%
	MM	Culture et sports	34%	45%	20%	0%	100%	66%
	MP	Autres services	21%	48%	31%	0%	100%	79%
	NM	Administration	31%	43%	26%	0%	100%	69%
	NM	Divers	86%	4%	10%	0%	100%	14%
		Total	42%	32%	26%	1%	100%	58%
	MP	Total marchand privé	44%	29%	26%	2%	100%	56%
	MM	Total marchand mixte	45%	32%	23%	0%	100%	55%
	NM	Total non marchand	39%	34%	26%	0%	100%	61%

Tableau 37 : Consommations des bâtiments tertiaires en Wallonie par tranche d'activité [bilan énergie Wallonie 2008]

Ce tableau permet d'obtenir une indication sur localisation de ces instituts de soins de santé : un nombre significatif d'entre eux se situe en zone urbaine, et est alimenté par un réseau de distribution de gaz.

6.4. Analyse des données collectées

Les données ci-dessus montrent la complexité liée à la caractérisation de l'affectation "Soins de santé".

En effet, un seul hôpital comporte le plus souvent plusieurs sites, et par conséquent, de nombreux bâtiments pas forcément comparables en termes de fonctions ni de performance énergétique. D'un point de vue PEB, ces bâtiments seront donc considérés séparément, avec chacun leur niveau K.

Pour des bâtiments appartenant à un même site, construits à la même époque et de compacité semblable, nous faisons l'hypothèse que la rénovation de l'enveloppe aura un impact similaire sur le niveau K. Par contre, ces bâtiments peuvent abriter des fonctions totalement différentes (fonction d'hébergement, fonction médicale pure (salles d'opérations, consultations,...), et par conséquent, partant d'une enveloppe semblable, afficher des consommations énergétiques très différentes (niveau E).

De plus, il n'existe aucune relation entre la superficie d'un hôpital et le nombre de lits qui soit valable pour tous les établissements de soins. En effet, le nombre de lits agréés (subsidiés) qui est une donnée facile à trouver est déjà différent du nombre de lits réels. Par ailleurs, un hôpital comprenant une très grande surface ne comporte pas nécessairement plus de lits; la différence peut se justifier simplement par un niveau de confort plus élevé pour le patient et/ou les équipes médicales (plus de chambre individuelles, circulations plus spacieuses,...).

Pour ces raisons, il est très difficile de définir un nombre limité de bâtiments de référence qui soient totalement représentatifs du parc wallon des établissements de soins. Nous proposons dès lors d'opérer une sélection sur base de la compacité du site, qui semble être un paramètre déterminant de la consommation énergétique des ensembles hospitaliers. Partant des établissements de soins pour lesquels nous disposons de données suffisantes, on distingue:

- un grand bâtiment localisé sur un site hospitalier compact (ex: CHU Liège, site du Sart Tilman), où les bâtiments sont relativement bien regroupés et comportent un grand nombre de niveaux.

→ Ce bâtiment constitue la référence pour les grands hôpitaux (ex: hôpitaux généraux, psychiatriques ou universitaires).

- un bâtiment plus petit, localisé sur un site plus éparpillé (ex: CHR de la Haute Senne, à Soignies, site du Tilleriau) et possédant un nombre limité de niveaux (maximum 4 étages).

→ Ce bâtiment constitue la référence pour les 'petits' hôpitaux (ex: hôpitaux catégoriels, polycliniques,...).

7. Hôpitaux – Choix des bâtiments de référence COZEB extension

7.1. CHU Liège - site du Sart Tilman

Grâce au partenaire de l'ULg, nous disposons des différents plans et d'un métré des bâtiments constituant l'enveloppe du CHU de Liège, pour le site du Sart Tilman.

Comme le montrent l'illustration et la photographie aérienne ci-dessous, ce centre hospitalier est très compact, tous les bâtiments étant reliés entre eux et situés à proximité les uns des autres.

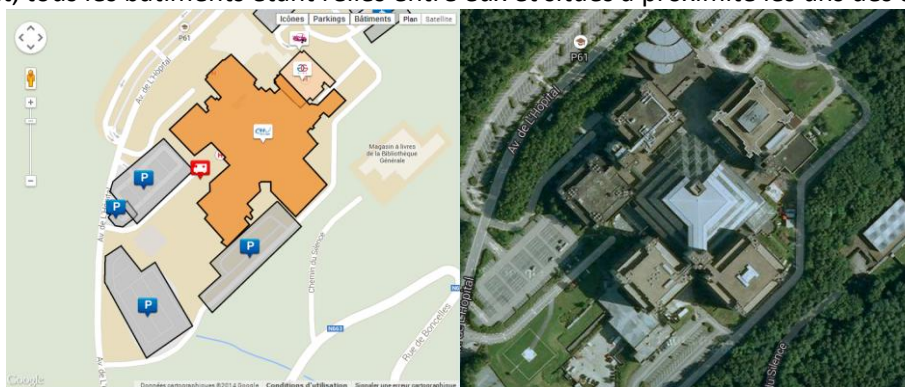


Figure 22 : Vue aérienne du site du CHU Liège

La figure ci-dessous identifie les bâtiments pour lesquels un métré des façades extérieures est disponible.

Les informations se rapportent à :

- En vert: le bloc central comprenant la polyclinique et le bloc opératoire
- En cyan: les tours, dédiées principalement à l'hospitalisation des patients
- En bleu foncé: laboratoires, pharmacologie et radiothérapie
- En rose: résonnance magnétique nucléaire
- En jaune: la gare à marchandises
- En rouge; une tour appartenant à l'ULg (ne faisant pas directement partie du CHU Liège).

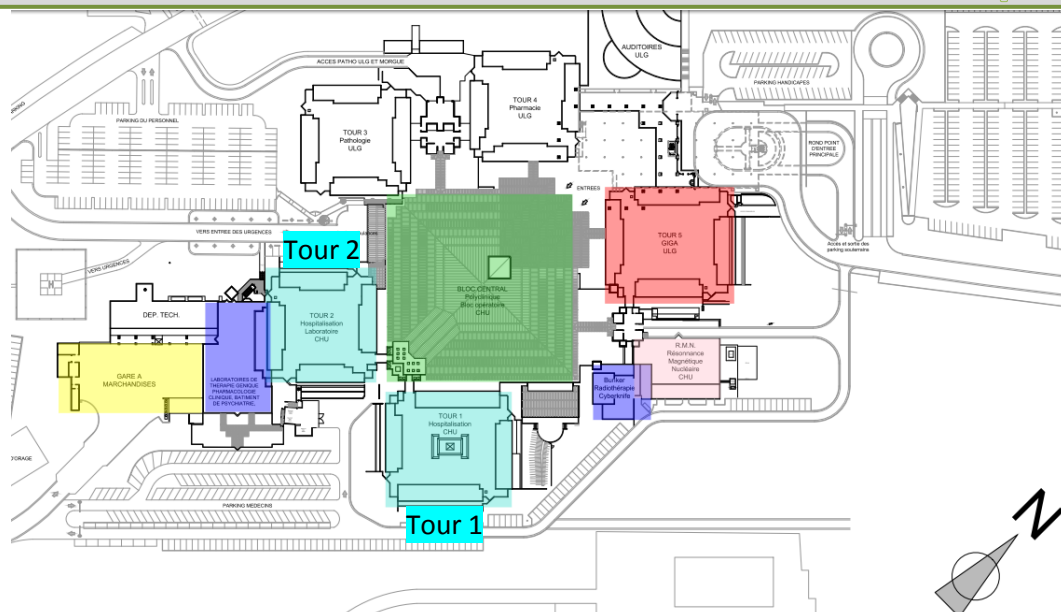


Figure 23 : Vue aérienne du site du CHU Liège – identification des bâtiments

Les tours ainsi que le bloc central ont été construits entre 1960 et 1986 (inauguration en 1985). Les autres bâtiments (jaune et bleu foncé) sont plus récents (1998 et 2008).

Choix des bâtiments de référence du CHU Liège

Afin d'identifier les stratégies de rénovation les plus appropriées pour ce type de complexe hospitalier, la tour d'hospitalisation numéro 1 sera encodée dans la PEB et fera l'objet d'un calcul de coût optimum.

Cette analyse permettra de dégager des pistes d'amélioration de la performance énergétique des bâtiments hospitaliers compacts ayant pour principale vocation l'hébergement.

La tour en question est constituée de 12 niveaux, dont 1 niveau en sous-sol. Les niveaux +1 à +6 sont libres sur leurs 4 façades (à l'exception de la petite portion en contact avec la circulation). Les niveaux -5 à 0 sont n'ont que 3 façades libres d'autres bâtiments.

De manière synthétique, les principales fonctions accueillies par la tour sont les suivantes :

- Chambres (niveaux +1 à +6, -1 à -4 principalement)
- Bureaux (niveau 0)
- Salles de soins

7.2. CHR de la Haute Senne, Soignies - site du Tilleriau

De nombreuses informations concernant le CHR de la Haute Senne (Soignies) ont été récoltées via le dossier UREBA du chantier de rénovation de cet hôpital et grâce au concours du responsable énergie de ce CHR, M. N. Morgante. Les éléments collectés concernent le site du Tilleriau dont les premiers bâtiments ont été construits dans les années 70-80 (voir vues aériennes ci-dessous).

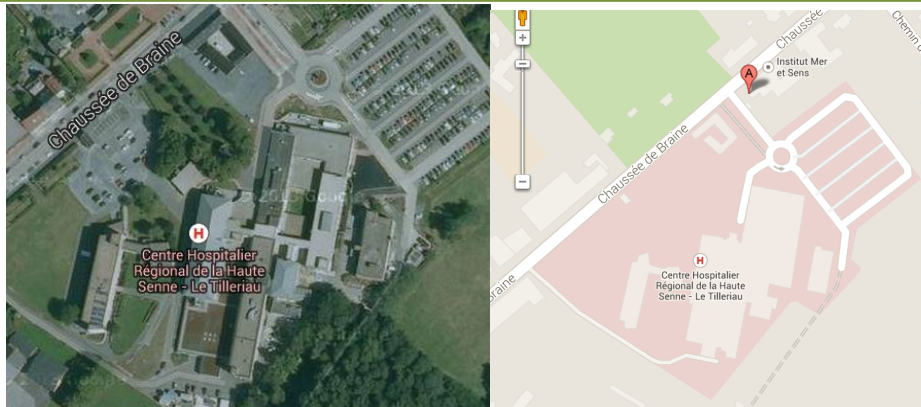


Figure 24 : Vue aérienne du site du CHR Haute Senne (Soignies)

Ce site est organisé en une structure pavillonnaire constituée de plusieurs bâtiments qui font l'objet, depuis les années 2000, d'une rénovation (achevée en 2008) qui concernait principalement les finitions intérieures et les systèmes) et d'un projet d'extension (ajout d'un bâtiment supplémentaire en 2008 et de nouveaux étages d'ici 2014-2015).

Le schéma ci-dessous, tiré d'un audit réalisé en octobre 2010 par TeenConsulting, identifie les bâtiments pour lesquels des informations concernant l'enveloppe (U parois, surfaces,...) sont disponibles.

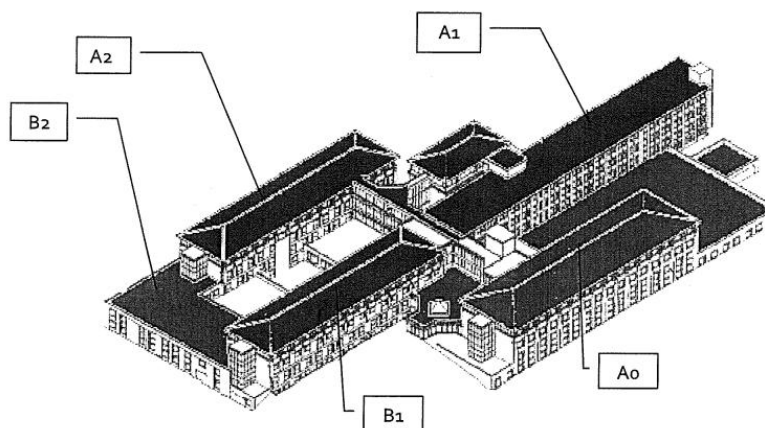


Figure 25 : Schématisation des bâtiments [audit TeenConsulting]

Un calcul du niveau K selon la NBN B62-301 a été effectué dans l'audit. Les résultats pour les différents bâtiments sont les suivants:

- A0 : K62 ;
- A1 : K71 ;
- A10 : K50 ;
- A2 : K69 ;
- B1 : K92 ;
- B2 : K64 ;
- A3 : K193.

Choix du bâtiment de référence du CHR de la Haute-Senne

L'aile de l'hôpital qui semble la plus pertinente dans le cadre de cette étude est celle portant

l'appellation A0.

Elle est constituée de 5 niveaux, dont un semi-enterré et comporte une mixité de fonctions. En fonction de la pente du terrain, on rentre soit par le niveau des urgences (rez-de-chaussée bas) soit par l'entrée principale (rez-de-chaussée haut). Le dernier niveau, sous toiture, n'est pas un espace de vie, puisqu'il abrite juste le local de ventilation.

La dalle du rez-de-chaussée bas est en contact avec les locaux techniques en sous-sol, hors du volume protégé.

Les fonctions accueillies par cette aile sont les suivantes :

- Rez-de-chaussée bas (RB) : Urgences, Rayons X, unité de soins intensifs (USI) et bloc opératoire
- Rez-de-chaussée haut (RH) : polyclinique, hall d'entrée et hôpital de jour chirurgical
- 1^{er} étage : unité de chirurgie
- 2^{ème} étage : unité d'orthopédie
- 3^{ème} étage : local ventilation

Le tableau ci-dessous reprend les une répartition approximative des surfaces occupées par ces différentes fonctions. Ces pourcentages sont établis sur base d'un métré se trouvant dans les documents récoltés et sont des pourcentages de la surface totale du bâtiment.

Bâtiment A0	Etage	Pourcentage de la surface totale du bâtiment
Urgences	RB	11
Rayons X	RB	11
USI	RB	10
Bloc opératoire	RB	11
Polyclinique	RH	13
Hall d'entrée	RH	7
Hôpital de jour chirurgical	RH	6
Unité de chirurgie	1	13
Unité d'orthopédie	2	13
Local ventilation	3 (sous toiture)	5

Tableau 38 : Bâtiment A0 : surfaces utiles et niveau auquel elles se situent

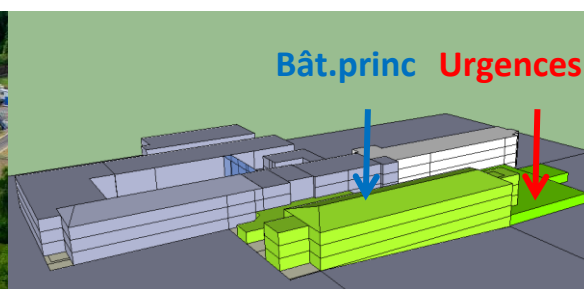
7.3. Fiches récapitulatives succinctes de immeubles de soins de santé étudiés

CHU_Liège



- Construit dans les années 1960-1986.
- Contexte étudiantin (université)
- Tour de 12 niveaux (1 en sous-sol)
- S utile = en cours de calcul
- S sol = 2371 m²
- Chambres d'hospitalisation/bureaux, salles de soins

CHR_HauteSenne



- Construit dans les années 1970-1980.
- Contexte péri-urbain (à proximité du centre-ville de Soignies)
- Bâtiment de de 12 niveaux (5 en sous-sol)
- S utile = 6772 m²
- S sol = 3306 m² (sur parking)
- 2 niveaux d'entrée dans le bâtiment : bâtiment des urgences encaissé de 1 niveau par rapport au bâtiment principal
- Fonctions principales : chambres/polyclinique/urgences/blocs opératoires

8. Conclusions

La classification choisie permet de considérer la majorité des immeubles de bureaux et institutions de soins de santé existant en Wallonie.

Les étapes suivantes du projet sont, pour les typologies Bureaux et Services:

- 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 (si possible)

Pour ce qui est des affectations « Soins de santé », les étapes suivantes sont :

- Après réception de la feuille excel permettant l'obtention d'un niveau Ew pour ces affectations,
 - Description détaillée des bâtiments de référence sélectionnés, en fonction des informations qui seront nécessaires pour les coder dans la feuille excel
 - Encodage des bâtiments dans cette feuille
 - Encodage des mesures/groupes/variantes dans cette feuille excel (et dans la PEB 5.0.5 pour le niveau K)
 - 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 (si possible)

9. Annexes

Annexe A – Bureaux et Services - Hypothèses de simulations PEB

Nœuds constructifs

Le calcul des nœuds constructifs n'est pas d'application lors de la rénovation simple d'un bâtiment dans la réglementation PEB. Leur impact est donc considéré comme égal à zéro.

Étanchéité à l'air

Peu de valeurs sont disponibles pour quantifier l'étanchéité à l'air de bâtiments de bureaux existants. Le rapport d'une étude canadienne⁴ datant de 1993 permet cependant d'obtenir des valeurs mesurées d'étanchéité à l'air (n50), pour 6 bâtiments de bureaux datant des années 1960-1970. Ces immeubles consistent en des tours de bureaux. Cependant, étant donné la faible disponibilité de données, ces valeurs seront quand même utilisées pour définir l'étanchéité à l'air du bureau étendu BE3_70.

Bâtiment	v50 (l/s.m ²)	v50 (m ³ /hm ²)
Taxation Data Centre	4.85	17.46
Brooke Claxton	2.17	7.812
Davidson Dunton	2.54	9.144
Place de ville (tower A)	1.81	6.516
Journal Tower	1.73	6.228
Robert Coats	2.49	8.964

Tableau 39 – Valeurs mesurées du débit de fuite pour 6 bâtiments canadiens

➔ En moyenne, un $v50 = 9.35 \text{ m}^3/\text{hm}^2$.

Étanchéités à l'air de base considérées en fonction du bâtiment de référence :

- GB7<45 : $15 \text{ m}^3/\text{hm}^2$. Il s'agit de l'étanchéité par défaut dans la PEB, dégradée de 25% pour tenir compte du simple vitrage présent dans le bâtiment.
- BE3_70 : $9.5 \text{ m}^3/\text{hm}^2$. Valeur moyenne qui ressort de l'étude canadienne précitée.
- PBI1_84 : $8.5 \text{ m}^3/\text{hm}^2$. Valeur intermédiaire entre la précédente et la suivante.
- BC4_96 : $7 \text{ m}^3/\text{hm}^2$. Valeur citée par TABULA (résidentiel) pour les maisons construites à partir de 1996.

Nous considérons alors 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

⁴ « Air leakage control – retrofit measures for high-rise office buildings; A&E Services Branch; Technology Sector; RD&D Division; September 1993”

[copntrftp://ftp.tech-env.com/pub/Durabil/AirLeakageControlRetro.pdf](ftp://ftp.tech-env.com/pub/Durabil/AirLeakageControlRetro.pdf)

les murs on améliore surtout les raccords murs et plancher: donc une amélioration de 10 à 15 % supplémentaire : amélioration de 30 à 65% 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 m³/h.m²
- **Pour une isolation complète du bâtiment de manière passive :** on veut arriver à une valeur maximale de 2,5 m³/h.m² (correspond à un Low Energy Building dans TABULA) : amélioration globale d'environ 85% par rapport à l'étanchéité de base du bâtiment.

Les valeurs considérées pour les 4 bâtiments de bureaux et services sont donc les suivantes :

	Etanchéité à l'air							
	GB7<45	BE3_70	PBI1_84	BC4_96	GB7<45	BE3_70	PBI1_84	BC4_96
	v50 [m ³ /hm ²]				n50 [vol/h]			
base	15	9,5	8,5	7	3,0	3,1	3,81	3,01
fenêtres	10	6	6,0	6	1,9	2,0	2,67	2,58
fenêtres + murs	N.A.	N.A.	5,5	N.A.	N.A.	N.A.	2,46	N.A.
toit	12	8	N.A.	6,5	2,4	2,7	N.A.	2,80
toit + fenêtres	7	5	N.A.	5,5	1,3	1,6	N.A.	2,37
toit+fenêtres+murs	5,5	4,5	N.A.	5	1,1	1,4	N.A.	2,15
T+F+M+S (non passif)	4,5	4,5	4,5	4,5	0,9	1,4	2,02	1,94
tout passif	2,5	2,5	2,5	2,5	0,5	0,8	1,12	1,08

Tableau 40 – Valeurs d'étanchéité à l'air considérées dans l'étude

Inertie

L'inertie considérée dans les bâtiments existants est celle utilisée par défaut dans la PEB, quelle que soit la simulation. Cette valeur correspond à 55 kJ/(m²K).

Ombrage

Les valeurs par défaut implémentées dans la PEB sont utilisées dans l'ensemble des simulations effectuées pour les immeubles de bureaux et services existants.

Protections solaires

Aucune protection solaire n'a été considérée dans les bâtiments GB7<45 et BE3_70. Dans les bâtiments PBI1_84 et BC4_96, des protections solaires mobiles intérieures à commande manuelle ont été considérées. Le facteur de réduction Fc utilisé est celui par défaut, à savoir 0.9.

Ventilation

Pour les deux immeubles de bureaux existants GB7<45 et BE3_70, le système de ventilation mécanique considéré est en fait incomplet, puisque les débits d'alimentation considérés dans la PEB sont nuls, et que seuls des débits d'extraction mécanique au niveau des sanitaires sont encodés

Le tableau suivant reprend les caractéristiques inhérentes à la ventilation, encodées pour ces deux bâtiments de bureaux existants.

Ventilation : alimentation naturelle, extraction mécanique	
Type de régulation	Régulation horaire, IDA-C3
Puissance spécifique des ventilateurs	Entre 750 et 1250 W.s/m ³ (SFP 3)
Type de calcul énergie auxiliaires	PAR DEFAULT
Pas de ventilation à la demande	
Pas de recyclage de l'air de ventilation	
Pas de (pré)-refroidissement de l'air fourni	

Tableau 41 – Caractéristiques des systèmes de ventilation pour les bâtiments de bureaux de référence

En ce qui concerne le bâtiment de bureaux compact (BC4_96), une alimentation et une extraction mécaniques (système complet) sont considérées, mais sans récupération de chaleur.

Le petit bureau indépendant PBI1_84, quant à lui, est pourvu d'une ventilation naturelle incomplète: seuls les deux locaux sanitaires sont pourvus d'une extraction naturelle.

Chauffage et refroidissement

Tous les bâtiments de référence pour l'existant sont chauffés par le biais d'une chaudière à non condensation au gaz. En effet, le gaz est très souvent disponible en milieu urbain et industriel et est en général préféré au mazout lorsqu'il y a le choix.

En ce qui concerne le système de refroidissement actif, tous les immeubles sont équipés d'une machine frigorifique à compression de froid.

Les caractéristiques des systèmes de chacun des quatre bâtiments sont reprises dans le tableau ci-dessous.

	GB7<45	BE3_70	PBI1_84	BC4_96
Type de producteur	CNC gaz	CNC gaz	CNC gaz	CNC gaz
Rendement à 30% de charge	82%	82%	89%	90,7%
Hors du volume protégé	Oui	Oui	Oui	Oui
T° de retour à 30% de charge	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
chaudière maintenue en t°	Oui	Oui	Non	Non
valeur par défaut pour la T° de retour	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Auxiliaires circulateurs	Valeur par défaut			
Transport de chaleur	eau	eau	eau	Air et eau
Régulation par local	Oui	Oui	Oui	Non
Plusieurs systèmes de production	Non	Non	Non	Non

Tableau 42 – Caractéristiques des systèmes de production de chaleur pour les bâtiments de bureaux de référence

Le rendement des chaudières à non condensation au gaz des bâtiments les plus anciens (GB7<45 et BE3_70) sont issus de l'étude principale COZEB.

Le rendement des deux chaudières à haut rendement est obtenu en utilisant la formule de calcul

du rendement minimum à atteindre pour obtenir le label HR+.⁵

Celle-ci est la suivante :

Rendement à charge partielle (t° moyenne 40°C) = $87.5 + 1.5 \cdot \log P_n$

P_n étant la puissance nominale de la chaudière.

Les puissances nominales nécessaires sont :

- PBI1_84 : 7.5 kW → rendement à charge partielle = 88.8%
- BC4_96 : 132.5 kW → rendement à charge partielle = 90.7%

	GB7<45	BE3_70	PBI1_84	BC4_96
Type de producteur	Machine électrique à compression de froid	Machine électrique à compression de froid	N.A.	Machine électrique à compression - climatiseur air-air multisplit
EER test	2	2	N.A.	2,5
Hors du volume protégé	N.A.	N.A.	N.A.	oui
Circuit de condensation	N.A.	N.A.	N.A.	Tour de refroidissement
Auxiliaires circulateurs	Valeur par défaut			
Plusieurs systèmes de production	Non	Non	N.A.	Non

Tableau 43 – Caractéristiques des systèmes de production de froid pour les bâtiments de bureaux de référence

Dans le cas du petit bâtiment de bureaux, ces valeurs correspondent aux performances des systèmes installés dans les années 80. Pour le grand bâtiment de bureaux, nous avons considéré que les systèmes datant de la période de construction du bâtiment n'ont vraisemblablement pas été conservés. Nous faisons l'hypothèse qu'une première amélioration de base a été effectuée au niveau des systèmes, soit le remplacement de la chaudière par une unité plus performante ($\eta_{30}=82\%$) et l'installation d'un groupe de refroidissement ($EER=2.0$) dans les secteurs énergétiques le nécessitant.

En ce qui concerne le petit bureau indépendant PBI1_84 et le bureau compact BC4_96, les systèmes utilisés restent fort semblables, mais avec des rendements un peu plus performants.

Eclairage

Dans les bâtiments tertiaires, on privilégie en général l'encodage détaillé des luminaires (puissance, caractéristiques optiques et flux lumineux), car les valeurs considérées par défaut dans le PEB pour ce poste sont particulièrement défavorables (20 W/m^2).

Néanmoins, pour les bâtiments de bureaux existants, les caractéristiques d'éclairage d'une époque antérieure n'étant pas évidentes à se procurer, il a été décidé de ne pas encoder la totalité de ces paramètres. Seule la puissance totale des luminaires par espace est donc encodée, sur base de valeurs relevées lors d'inspections effectuées par 3E en 2011 et 2012 dans des bâtiments publics fédéraux, dans le cadre d'une mission pour FEDESCO.

Pour les bureaux les plus anciens (GB7<45 et BE3_70), les valeurs suivantes ont été considérées. Pour toutes les zones de travail (bureaux, salles de réunions,..) une valeur de 17 W/m^2 a été considérée. Dans environ 20% des bâtiments de bureaux visités, cette valeur était de 20 W/m^2 ; dans les 80% de bureaux restant, 15 W/m^2 . La valeur choisie est donc réaliste.

⁵ http://www.infolabel.be/label/linge_fiche/125/

Pour les autres zones (circulation, sanitaires, espaces techniques,...) qui nécessitent un éclairage plus faible, la valeur de 6 W/m^2 , correspondant à ce qui a été relevé le plus souvent lors des visites, a été utilisée.

Cela correspond à une puissance moyenne surfacique de :

- BE3_70 : 12.92 W/m^2
- GB7<45 : 13.75 W/m^2

Aucun détecteur de présence, aucune réduction du flux lumineux en fonction de la lumière naturelle ne sont prévus. C'est pourquoi les luminaires ont été encodés comme un luminaire unique, par espace, avec une puissance correspondant au nombre de W/m^2 multiplié par la surface d'utilisation. Cette option peut être utilisée dans la mesure où aucun facteur de réduction dû au dimming ou au système de contrôle n'intervient dans le calcul.

En ce qui concerne le petit bureau indépendant (PBI1_84), toutes les zones de travail (bureaux, salles de réunions,...) ont été encodées avec une puissance surfacique d'éclairage de 15 W/m^2 a été considérée.

Pour les autres zones (circulation, sanitaires, espaces techniques,...) qui nécessitent un éclairage plus faible, la valeur de 6 W/m^2 a été conservée.

Cela correspond à une puissance moyenne surfacique de $12,5 \text{ W/m}^2$.

Aucun détecteur de présence, aucune réduction du flux lumineux ne sont considérés.

Enfin, pour le bureau compact (BC4_96), toutes les zones de travail (bureaux, salles de réunions,...) ont été encodées avec une puissance surfacique d'éclairage de 15 W/m^2 a été considérée.

Pour les autres zones (circulation, sanitaires, espaces techniques,...) qui nécessitent un éclairage plus faible, la valeur de 6 W/m^2 a été conservée.

Des détecteurs de présence ont été encodés dans les salles de réunions et les bureaux ; aucune réduction du flux lumineux n'est par contre considérée. La plus grande surface contrôlée par un détecteur de présence est de 20 m^2 .

En tenant compte des contrôles précités, la puissance moyenne surfacique atteint une valeur de $11,2 \text{ W/m}^2$.

Annexe B – Bureaux et Services - Débits de ventilation considérés**GB7<45, BE3_70 et PBI1_84**

Pour ces 3 bureaux le système de ventilation considéré est incomplet : seules les pièces humides bénéficient d'une extraction.

- GB7<45 : au total, 1680 m³/h sont extraits mécaniquement des sanitaires.
- BE3_70 : au total, 8893 m³/h sont extraits mécaniquement de la cafétéria et des sanitaires.
- PBI1_84 : au total, 50 m³/h sont extraits naturellement au niveau des deux sanitaires.

BC4_96

Le bureau compact construit après 1996 comporte un système de ventilation mécanique complet, mais ne disposant pas d'un récupérateur de chaleur.

Les différentes surfaces utiles du bâtiment ont été sommées par type de fonctions.

Surfaces PEB	niv0	niv1	niv2	niv3	TOTAL (m ²)
	m ²	m ²	m ²	m ²	
bureaux	124.75	379.52	386.56	419.71	1310.54
salles réunions	89	21.35	9.35	31	150.7
circulation	66.58	61.79	71.24	36.94	236.55
hall entrée	45.78	0	0	0	45.78
sanitaires	21.1	21.1	20.1	13.07	75.37
cantine	104.37	0	0	0	104.37
cuisine/kitchenette	27.78	16.61	11.89	0	56.28
local technique	29.03	0	9.35	23.98	62.36
photocopies	0	9.35	0	0	9.35

Tableau 44 – Surfaces utiles PEB du BC4_96

Aux différentes fonctions ont ensuite été attribués les débits de ventilation PEB adéquats. Certains espaces bénéficient d'air transféré.

Les débits considérés sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Fonctions	Pulsion	Extraction	Transfert pulsion	Transfert extraction
bureaux	1936	1561	0	375
salles réunions	968	814	0	154
circulation	0	308	308	0
hall entrée	110	110	0	0
sanitaires	0	375	375	0
cantine	1540	1150	0	390
cuisine/kitchenette	132	132		0
local technique	0	82	82	0
photocopies	22	22	0	0
	4708	4554	765	

Tableau 45 – Débits hygiéniques de ventilation considérés dans BC4_96

10. Bibliographie

[i] Détermination du niveau de performance énergétique optimal en fonction des coûts & des exigences relatives aux bâtiments à consommation d'énergie quasi nulle conformément à la directive 2010/31/EU.

[ii] Etude pour l'extension de la méthode de calcul de la Performance Energétique des Bâtiments réalisée pour le compte de la Région Wallonne et de la DGTRE. Architecture et Climat. Février 2009

[iii] Epicool, Active koeling in EPB software, chapitre R02 - Definitie en simulatie van referentiegerechtigd. ULg & KUL.

[iv] Etude Coût Optimum (CO-ZEB), Région Wallonne, juin 2013.

[v] Nouvelle analyse sectorielle 2009-2012 des hôpitaux généraux en Belgique. Belfius.

[vi] Fiche-info L'organisation et le financement des hôpitaux (Supplément à MC-Informations n° 253). septembre 2013

- Cartographie des émissions annuelles de CO₂ dues aux consommations énergétiques des bâtiments tertiaires en Région Wallonne, ULg & LEMA, 2012.
- Structuration du territoire pour répondre aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, rapport final, CPDT, 2011.
- Etude Tabula
- Base de données EPB flamande
- Bilan énergétique de la Wallonie 2008, secteur domestique et équivalents
- Case Study 1 du document principal de la Concerted Action sur l'EED: "A guide to developing strategies for building energy renovation", BPIE
- Case Study 18 du document principal de la Concerted Action sur l'EED: "MURE Odyssey database of energy efficiency indicators, policies and measures"
- Première approche d'un référentiel de dimensionnement pour un établissement de santé, 2008 (document concernant la France)
- L'URE dans les hôpitaux, quatre exemples.
- Cartographie des émissions annuelles de CO₂ dues aux consommations énergétiques des bâtiments tertiaires en Région Wallonne, ULg & LEMA, 2012.
- Le "Bilan énergétique de la Wallonie 2008, secteur domestique et équivalentes" traite séparément bureaux privés et publics.