

ETUDE DE FAISABILITÉ TECHNIQUE, ENVIRONNEMENTALE ET ÉCONOMIQUE

Etude de faisabilité des systèmes alternatifs de production et d'utilisation d'énergie conformément au décret du 28 novembre 2013



DIRECTION GÉNÉRALE OPÉRATIONNELLE
DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, DU LOGEMENT, DU PATRIMOINE ET DE L'ÉNERGIE
Place de la Rue 1, B-5100 Namur (Jambes) . Tél. : 081 00 00 00 • Fax : 081 00 00 00

Projet

Construction d'un ensemble maison de repos (112 lits), résidences service (x unités) et d'un centre médical

Rue Denier Patard et Chaussée de Namur
1470 Baisy Thy

Maitre d'ouvrage

Architecte

Jean Claude Embrechts et Michel Delsaux
Rue Docteur Jules Goffin, 12
3798 FOURON-LE-COMTE

Responsable PEB

Jean Claude Embrechts
Rue Docteur Jules Goffin, 12
3798 FOURON-LE-COMTE

Auteur d'étude de faisabilité

Marcel Renard
Bois de Herve 49
4651 BATTICE
N° agrément AEF-00196

Le 16 septembre 2019

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	2
Introduction et méthodologie	3
Synthèse des résultats	4
1.1. Maison de repos	4
1.2. Résidence service	4
Rapport détaillé.....	5
2. Tableau synthétique des hypothèses	5
2.1. Référence prix propane	6
2.2. Référence Prix électricité.....	6
3. Présentation du bâtiment.....	7
3.1. Maison de repos (MR)	7
3.2. Résidence service (RS).....	7
4. Besoins énergétiques des bâtiments.....	8
4.1. Besoins de la Maison de Repos (MR)	8
4.1.1. Besoins d'énergie thermique	8
4.1.2. Résumé besoins nets d'énergie, consommation finales	8
4.1.3. Besoins d'électricité	9
4.1.4. Résumé besoins électricité.....	10
4.1.5. Résultats (MR).....	10
4.2. Besoins Résidence service (RS)	11
4.2.1. Besoins d'énergie thermique	11
4.2.2. Résumé besoins nets d'énergie, consommation finales	11
4.2.3. Besoins d'électricité (RS).....	12
4.2.4. Résumé besoins électricité.....	13
4.2.5. Résultats (RS).....	13
4.3. Besoins de l' ensemble (MR + RS).....	13
5. Technologie de référence	14

5.1.	Maison de repos	14
5.1.1.	Chauffage et production d'ECS par propane.....	14
5.1.2.	Climatisation par (multi) split.....	14
5.2.	Résidence service	15
5.2.1.	Chauffage par Pompe à chaleur air /eau.....	15
5.2.2.	Refroidissement par (multi) split	15
6.	Technologies alternatives	16
6.1.	Biomasse = pellets.....	16
6.2.	Pompe à chaleur air eau (Maison de repos)	18
6.3.	Pompe à chaleur au gaz air –eau (Résidence service).....	18
6.4.	Solaire thermique (MR).....	19
6.5.	Solaire photovoltaïque	20
6.6.	Cogénération au propane	22
6.7.	Réseau de chaleur.....	24

INTRODUCTION ET MÉTHODOLOGIE

La présente étude est établie conformément aux prescriptions du Décret du 28 novembre 2013 en vue de promouvoir la performance énergétique des bâtiments (PEB) et ses arrêtés d'application.

Lorsqu'une demande de permis d'urbanisme a pour objet la construction d'un bâtiment neuf ou assimilé à du neuf, l'étude de faisabilité technique, environnementale et économique et la déclaration PEB initiale sont jointes, par le déclarant PEB, au dossier de demande de permis. Cette étude a pour but d'analyser la possibilité de recourir à des systèmes de substitution à haute efficacité énergétique en se basant sur des critères objectifs (techniques, financiers ou environnementaux).

La faisabilité des systèmes de production alternative d'énergie suivants est envisagée :

- Biomasse ;
- Panneaux solaires thermiques ;
- Panneaux solaires photovoltaïques ;
- Pompe à chaleur ;
- Réseau de chaleur

Cette étude présente en première partie un résumé des résultats et conclusions obtenus. La méthodologie, les hypothèses ainsi que le détail des calculs sont présentés dans la seconde partie du rapport.

Pour chaque technologie, les aspects d'intégration au bâtiment sont analysés. Les paramètres influençant la rentabilité tels que le coût et les subsides sont ensuite détaillés.

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Le projet porte sur deux bâtiments distincts, la maison de repos MR et la résidence service RS, reliés par une passerelle au niveau +2.

Le gaz naturel n'est pas disponible, selon info reçue.

1.1. Maison de repos

En base, le chauffage est prévu par chaudières au propane et le refroidissement des locaux communs est prévu par des (multi) splits (voir chapitre 5)

Les technologies alternatives du tableau suivant ont été envisagées.

	Variantes	Technologie pertinente ?	Justification technique
Chauffage	Biomasse (chaudière pellets)	Oui	Pertinent, à condition de prévoir silo de stockage de pellets au niveau chaufferie agrandie (voir 6.1)
	Pompe à chaleur Air/eau ou sol/eau	Non	Emission de chaleur prévue par radiateurs, pas de plancher chauffant prévu. Voir 6.2
	Réseau de chaleur	Non	Pas de réseau de chaleur externe disponible. (6.7)
	Cogénération	Non	Pas de gaz naturel ; usage du propane pas économique Pas souhaité par maître d'ouvrage (voir 6.6)
ECS	Panneaux solaires thermiques	Non	Pertinent mais pas rentable (voir 6.4)
Electricité	Panneaux solaires photovoltaïques	Oui	Pertinent et rentable (voir 6.5)

En résumé du rapport détaillé, le tableau ci-dessous reprend tous les indicateurs.

		Eco énergie	Eco facture	Investis. Net	TRS	VAN à 20 ans	CO2 évité	€/Tonne CO2	Energie primaire évitée
		mWh	€/an	€	ans	€	Tonnes /an		mWh /an
6.1	Chaudière pellets 150 kW		6200	100000	16		96	1000	0
6.5	Photovoltaïque 350m2, 50 kWc	47.5	7219	50821	7.8	50821	21	2.420	119

1.2. Résidence service

En base, le chauffage est prévu par une pompe à chaleur air- eau associée à un plancher chauffant et le refroidissement de l'espace commun au rez est prévu par un split (voir chapitre 5)

Les technologies alternatives du tableau ci-dessus en vert peuvent être étendues pour la résidence service.

RAPPORT DÉTAILLÉ

2. Tableau synthétique des hypothèses

Le maître d'ouvrage est une société qui déduit la TVA. Tous les prix d'énergie et d'investissement sont donc exprimés hors TVA. La TVA est de 21% sur l'énergie en général, mais de 6% sur les pellets qui est un combustible solide (comme le charbon).

Toutes les énergies seront exprimées en mWh (mégawatt heure) plus faciles à lire et non en kWh (kilowattheure). On a 1000 kWh = 1 mWh = 100 litres de mazout ou 100 m³ de gaz naturel

Le gaz naturel n'est pas disponible ici, selon l'info reçue.

Données économiques		Unité	Valeur (€ hors tva)
Prix des énergies	Mazout	€/mWh	50
	Propane	€/mWh	60
	Gaz naturel	€/mWh	45
	Pellets vrac	€/mWh	40
	Electricité (haute tension)	€/mWh	150
	Electricité injectée sur réseau	€/mWh	42

Données énergétiques		Unité	Valeur
Facteur de conversion en énergie primaire EP	Mazout	kWh _{EP} / kWh _{Efin} (PCS)	1
	Propane	kWh _{EP} / kWh _{Efin} (PCS)	1
	Gaz naturel	kWh _{EP} / kWh _{Efin} (PCS)	1
	Pellets	kWh _{EP} / kWh _{Efin} (PCS)	1
	Electricité	kWh _{EP} / kWh _{Efin}	2.5

Données environnementales		Unité	Valeur
Facteur de conversion CO ₂	Mazout	Tonne CO ₂ / mWh	0.306
	propane	Tonne CO ₂ / mWh	0.267
	Gaz naturel	Tonne CO ₂ / mWh	0.251
	Pellets	Tonne CO ₂ / mWh	0
	Electricité	Tonne CO ₂ / mWh	0.456

2.1. Référence prix propane



Sur le graphique ci-dessus de la Fédération Pétrolière (FPB), le prix du propane en €/litre est inférieur et suit celui du mazout.

Le pouvoir calorifique du propane étant inférieur à celui du mazout, le prix du propane pour la même quantité d'énergie est supérieur d'environ 20 % à celui du mazout.

L'usage du propane permet, par rapport au mazout, de réduire l'investissement dans les chaudières, de réduire les frais d'entretien et d'obtenir un meilleur rendement.

2.2. Référence Prix électricité

Sur base publication CWAPE du 29/09/2018 dont extrait ci-dessous.

5.5.2. Coût évité de l'électricité autoconsommée

Le coût évité de l'électricité autoconsommée est fortement variable d'un projet à l'autre et cela pour une même puissance installée. Celui-ci dépend en effet plus du profil de l'entreprise et du site où sera implantée l'installation que de la taille de celle-ci. Toutefois, on constate malgré tout une tendance à la baisse du coût moyen évité de l'électricité en fonction de la taille de l'installation.

Ainsi, sur base des données publiées par EUROSTAT pour les prix aux consommateurs et des valeurs renseignées dans les dossiers GRCV, une loi d'échelle a été établie par la CWAPE avec toutefois application d'un prix plancher fixé à 130 EUR/MWh (HTVA) conformément à la note au Gouvernement relative à une « Méthodologie pour le calcul des nouveaux taux d'octroi de certificats verts » du 3 avril 2014. Le coût évité de l'électricité autoconsommée est ainsi donné par la formule suivante :

[6]	$CE = \max (A \times P^{n-1} ; 130)$	[EUR/MWh]	(HTVA)
avec	CE = coût évité électricité autoconsommée A = 253,17 P = Puissance (en kWc) n = 0,868		

La valeur considérée est supposée représentative des prix en vigueur en 2019. On considère par la suite une augmentation du prix de l'électricité autoconsommée de 2% par an et ce dès 2020.

L'application de cette formule pour une installation photovoltaïque de 50 kWc donne 150 €/mWh HTVA. Ce prix pour fourniture en haute tension est beaucoup moins cher que le prix en basse tension qui est à +/- 300 €/mWh TVAC, soit 250 €/mWh HTVA.

3. Présentation du bâtiment

Le projet porte sur deux bâtiments distincts, à savoir la maison de repos MR et la résidence service RS, reliés par une passerelle au niveau +2

Le projet PEB vise à satisfaire les exigences réglementaires

3.1. Maison de repos (MR)

Le bâtiment à droite est une maison de repos de 112 lits sur 3 niveaux (rez, +1 et +2) avec un niveau partiel de caves.

La surface planchers utile totale est de 5318 m².

La surface de planchers chauffés (ACH) est 6290 m²

Le bâtiment comprend un seul volume à toit plat, divisé en 2 ailes gauche et droite

Il est divisé en 13 secteurs énergétiques.

- 2 pour les chambres non refroidies (ailes gauche et droite)
- 11 pour les autres locaux, séjours... refroidis

Les locaux techniques, la chaufferie en particulier, sont prévus au niveau du sous-sol, mais de plain-pied.

La chaufferie est trop petite et il est vivement conseillé de la doubler en surface, ce qui est simple compte tenu de sa position à côté du vide technique.

Le local haute tension est prévu au bout de l'aile droite, au sous-sol mais avec accès direct de plain-pied.

On suppose que ce local haute tension dessert aussi la résidence service (ce qui lui permet de bénéficier du tarif haute tension plus favorable)

La maison de repos est occupée toute l'année, 24 h/24.

3.2. Résidence service (RS)

La résidence service comprend aux étages 16 appartements et au rez deux cabinets médicaux et des locaux communs à la résidence service.

La surface planchers utile totale est de 1831 m².

La surface de planchers chauffés ACh est 1364 m²

Le bâtiment comprend un seul volume à toit plat

Chaque appartement /cabinet médical/ espace commun du rez forme une unité PEB. Il est divisé en autant de zones de ventilation et de secteurs énergétiques.

Les locaux techniques, la chaufferie en particulier, sont prévus au niveau du sous-sol, accessible par escalier intérieur.

La résidence service est occupée toute l'année, 24 h/24.

Les locaux communs de la résidence service sont occupés selon horaire en journée.

Les cabinets médicaux sont occupés selon horaire plus variable plutôt en semaine./ à la demande.

4. Besoins énergétiques des bâtiments

Les besoins d'énergie calculés par le logiciel PEB version 10.5.1 sont exprimés en MJ (mégajoules). En les divisant par 3600, ils sont exprimés en mWh (mégawatt heure) plus faciles à lire. On a 1000 kWh = 1 mWh = 100 litres de mazout = 100 m³ de gaz naturel.

Les consommations finales ci-dessous tiennent compte des techniques de référence décrites au chapitre suivant.

4.1. Besoins de la Maison de Repos (MR)

4.1.1. Besoins d'énergie thermique

Chauffage des locaux

Selon extrait du fichier PEB ci-dessous, le besoin net d'énergie de chauffage est de 1004872 MJ ou en divisant par 3600 de **279 mWh**.

Le niveau d'isolation global des parois est K25. La ventilation dans les chambres est de type simple flux (alimentation par aérateurs, extraction mécanique)

Calcul	Total (MJ)	Total (mWh)	Rendement s
Besoins nets pour le chauffage (MJ)	1.004.872,78	279	92,6%
Besoins bruts pour le chauffage (MJ)	1.085.013,09	301	94,8%
Consommation finale pour le chauffage (MJ)	1.144.121,60	318	

La consommation finale compte tenu du rendement du système (92,6%) et du rendement de production (94,8%) est en divisant par 3600 de **318 mWh**.

Eau chaude sanitaire ECS

Selon extrait du fichier PEB ci-dessous, le besoin net d'énergie pour ECS est de 624577 MJ ou en divisant par 3600 de **173 mWh**.

Calcul	Total (MJ)	Total mWh	
Besoins nets pour l'ECS (MJ)	624.577,32	173	69%
Besoins bruts pour l'ECS (MJ)	905.744,94	252	76%
Consommation finale pour l'ECS (MJ)	1.191.769,66	331	

La consommation finale compte tenu des pertes de la boucle (69%) et du rendement de production (76%) est en divisant par 3600 de **331 mWh**.

4.1.2. Résumé besoins nets d'énergie, consommations finales

Les besoins nets et les consommations finales (de propane) sont synthétisés dans le tableau ci-dessous. :

	Besoins net [mWh/an]	Rendement Système	Rendement production	Rendement global	Consomm finale [mWh/an]
Chauffage des locaux	279	92,6%	94,8%		318
Eau chaude sanitaire	173	69 %	76%		331
Total					649

Le besoin net chauffage des locaux est de $279/6290 \times 1000 = 45 \text{ kWh/m}^2$, ce qui correspond à un bâtiment dit basse énergie; un bâtiment passif ayant un besoin net de max 15 kWh/m².

Le besoin net pour l' ECS de 173 mWh correspond à une consommation de 8.152 m³/ jour à 60°, soit 73 litres par lit (y compris autres usages, cuisine...). Selon des audits dans 6 maisons de repos, la consommation très stable est de 27 litres par lit à 60°. On retient un besoin net divisé par 2,5 de $173/2,5 = 69 \text{ mWh}$ et une consommation finale de $331/2,5 = 132 \text{ mWh}$.

La consommation de référence totale devient $318 + 132 = 450 \text{ mWh}$ (au lieu de 649 mWh)

La consommation totale de 450 mWh est l'équivalent de 45000 litres de mazout, soit une consommation par m2 de $450 \text{ mWh} \times 1000 / 6542 \text{ m}^2 = 70 \text{ kWh/m}^2$.

4.1.3. Besoins d'électricité

Refroidissement

La norme relative aux maisons de repos stipule page 148 § 12.2 que :

En cas de canicule, un des lieux de vie doit être climatisé et être de dimension suffisante afin de pouvoir accueillir les résidents.

Il est donc prévu que tous les locaux de séjour communs sont climatisés.

Il n'est pas prévu de climatiser les chambres individuelles. Pour éviter la surchauffe, il faut mettre en œuvre tous les systèmes passifs. Des protections solaires (extérieures) sont déjà prévues avec commande automatique.

Selon extrait du fichier PEB ci-dessous, le besoin net d'énergie pour le refroidissement es de 242837 MJ ou en divisant par 3600 de **67.45mWh**

Calcul	Total	Total mWh	
Besoins nets pour le refroidissement (MJ)	242.837,74	67,45	
Besoins bruts pour refroidissement (MJ)	242.837,74	67,45	
Consommation finale préf. en refroidissement (MJ)	61.898,85	17,19	392%

La consommation finale compte tenu du coefficient de performance des climatiseurs (392%) est de 17.2 mWh.

Auxiliaires

Calcul	Total kWh	Total mWh
Ventilateurs (kWh)	78.840,00	79
Distribution (kWh)	19.715,73	20
Générateurs (kWh)	616,11	1
Refroidissement (kWh)	2.826,20	3
Total		102

On remarque l'importance du poste ventilateurs, et donc l'importance de soigner la ventilation.

Eclairage

Calcul	Total kWh	Total mWh
Consommation finale en éclairage (kWh)	162.514,32	163

Ce calcul qui porte sur tous les locaux est basé sur une puissance spécifique de 6W/m2 avec un bon éclairage LED (au lieu de la valeur PEB par défaut de 20 W/m2). Pour une chambre de 18 m2 cela représenterait une puissance de $18 \times 6 = 108 \text{ W}$ qui est surestimée. La consommation de 163 mWh n'est pas réaliste, On la divise par deux, soit 81 mWh.

Besoins électricité des chambres non calculés par logiciel PEB ,

Pour les chambres, il s'agit de l'équipement de chambre, dont la consommation est estimée à 300 kWh par chambre, selon détail ci-dessous :

- Télévision : $<100 \text{ W} \times 2000 \text{ h /an} = 200 \text{ kWh/an}$
- Petit Frigo A++ : $< 100 \text{ kWh/an}$

La consommation des chambres est estimée à $112 \text{ chambres} \times 300 / 1000 = 34 \text{ mWh}$.
(soit $33600 / 112 \text{ ch} / 20 \text{ m}^2 \text{ par chambre} = 15 \text{ kWh/ m}^2$)

Besoins électricité des autres locaux non calculés par PEB

Pour tous les autres locaux qui ne sont pas des chambres, il s'agit de la bureautique, de la cuisine présumée électrique, des ascenseurs, du petit équipement de confort, etc (et pas de l'éclairage déjà compté). Elle est estimée ici à 15 kWh/m² x 4000 m² = 60 mWh/an.

4.1.4. Résumé besoins électricité

Ref.	Consommation d'électricité	mWh	%
3.3.1	Refroidissement	17	6%
3.3.2	Auxiliaires	102	35%
3.3.3	Eclairage	81	28%
3.3.4	Besoins des chambres non calculés par PEB,	34	12%
3.3.5	Besoins des autres locaux non calculés par PEB	60	20%
	Total Electricité	294	100%

La consommation spécifique par m² serait de 294000 kWh / 5318 m², soit 55 kWh/m²

On constate que la consommation des auxiliaires est très élevée et que la consommation du refroidissement local est relativement faible (les t° extérieures prises en compte par la PEB sont assez basses, sans canicule) Selon audits de maisons de repos plus anciennes, la consommation d'électricité se situe entre 40 et 60 kWh/m².

Du point de vue consommation électrique, ce bâtiment ne serait pas plus performant qu'une ancienne maison de repos, malgré l'éclairage LED généralisé. Cela est dû d'abord au poste ventilateurs.

Cette consommation électrique de 294 mWh sert de référence pour la facture globale d'énergie ci-dessous et pour le dimensionnement de panneaux photovoltaïques (voir § 6.5)

4.1.5. Résultats (MR)

Pour la maison de repos on peut donc, sur base des coefficients repris au chapitre 1, calculer la facture attendue, les émissions de CO₂ et les consommations d'énergie primaire, comme suit

	Consommation finale	Facture Hors TVA		Emission de CO ₂		Énergie primaire	
	mWh	€/mWh	€	Coeff	CO ₂ [tonne/an]	Coeff	EP [mWh/an]
Propane	450	60	27.000	0,267	120,2	1	450
Électricité	294	150	44.100	0,456	134,1	2,5	735
Total référence	/		71.100		254		1185

On constate que la facture de propane attendue (27000 €) est moins importante que celle d'électricité (44100 €).

Un enjeu important est de maîtriser et réduire la consommation d'électricité (et des ventilateurs en particulier)

L'émission totale de CO₂ de 254 tonnes par an correspond à l'émission de 254 voitures économiques (100 gr CO₂/km) avec un kilométrage de 10000 km/an (on a 254000/ 0.1= 2540000 km= 254x10000) !!

4.2. Besoins Résidence service (RS)

Les consommations finales ci-dessous tiennent compte des techniques de référence décrites au chapitre suivant.

Le chauffage étant prévu par une PAC électrique, il n'y a pour la résidence service que des besoins d'électricité.

4.2.1. Besoins d'énergie thermique

Chauffage des locaux

Le niveau d'isolation global des parois est K23. Une ventilation mécanique simple flux est prévue.

Selon les chiffres extraits du fichier PEB pour chaque unité PEB et totalisés ci-dessous, le besoin net d'énergie de chauffage en MJ, divisé par 3600, est de 100.4 mWh.

	Surface ACH (m²)	Besoins nets	Besoins bruts	Rdt syst	Conso. finale	Rdt prod.
Total en MJ	1364	361419	437364	92%	132166	480%
Total en mWh régime 35/30		100,4	109,1	92%	22,7	480%

La consommation finale compte tenu du rendement du système (92%) et du rendement de production de la PAC (480%) est en divisant par 3600 de **22.7 mWh**.

Eau chaude sanitaire ECS

Selon les chiffres extraits du fichier PEB pour chaque unité PEB et totalisés ci-dessous, le besoin net d'énergie en MJ, divisé par 3600, est de 13.4 mWh.

	Besoins nets	Besoins bruts	Rdt syst	Conso. finale	Rdt prod.
Total (MJ)	48317	54511		17499	312%
Total (mWh)	13,4	15,1	89%	4,9	312%

Une boucle de circulation sanitaire est nécessaire pour desservir les 13 unités PEB.

La consommation finale compte tenu des pertes de la boucle et du rendement de production (312%) est en divisant par 3600 de **4.9 mWh**.

4.2.2. Résumé besoins nets d'énergie, consommation finales

Les besoins nets et les consommations finales (d'électricité) sont synthétisés dans le tableau ci-dessous. :

	Besoins net [mWh/an]	Rendement Système	Rendement production	Rendement global	Consomm finale [mWh/an]
Chauffage des locaux	100.4	92%	480%		22.7
Eau chaude sanitaire	13.4	69 %	312%		4.9
Total					27.6

Le besoin net chauffage des locaux est de $100.4/1364 \text{ m}^2 \times 1000 = 73 \text{ kWh/m}^2$

C'est plus que le besoin d'un bâtiment dit basse énergie (50kWh/m²) ou d'un bâtiment passif (15 kWh/m²). (veiller à l'encodage de la ventilation)

4.2.3. Besoins d'électricité (RS)

Refroidissement

La norme relative aux maisons de repos stipule page 148 § 12.2 que :

En cas de canicule, un des lieux de vie doit être climatisé et être de dimension suffisante afin de pouvoir accueillir les résidents.

Il est donc prévu de refroidir au rez les espaces communs de la résidence service

Il n'est pas prévu de climatiser les studios individuels. Pour éviter la surchauffe, il faut mettre en œuvre tous les systèmes passifs. Des protections solaires (extérieures) sont déjà prévues avec commande automatique.

Selon extrait du fichier PEB ci-dessous, le besoin net d'énergie pour le refroidissement est de 1027MJ ou en divisant par 3600 de 0.29mWh

Calcul	Total	Total mWh	
Besoins nets pour le refroidissement (MJ)	1027	0.29	
Besoins bruts pour refroidissement (MJ)	1027	0.29	
Consommation finale préf. en refroidissement (MJ)	249	0.06	396%

La consommation finale compte tenu du coefficient de performance du climatiseur (396%) est de 0.06 mWh.

Auxiliaires

Pour la consommation des auxiliaires (ventilateurs, pompe circulation, générateurs, ..) , le logiciel PEB fournit les consommations suivantes

Pour les studios, 4 kWh x 12

Pour l'espace commun de la RS, 1100 kWh

Pour les cabinets médicaux, 950 x 2

Total auxiliaires : 3000 kWh

Eclairage

Pour la consommation de l'éclairage sur base d'un éclairage led de 6W/m², le logiciel PEB fournit les consommations suivantes

Pour l'espace commun de la RS, 1435 kWh

Pour les cabinets médicaux , 3609+ 2383 = 6000

Elles sont encore divisées par trois compte tenu gestion éclairage à venir (détecteurs présence...), soit 2500 kWh

Pour les studios , la consommation , non calculée par le logiciel PEB, est estimée à 60 m²x3W/m² x 2000 h/an = 400 kWh par studio, soit 16 x 400 = 6400 kWh

Total éclairage : 9000 kWh

Besoins électricité des studios non calculés par logiciel PEB.

Pour les chambres, il s'agit de l'équipement de chambre, dont la consommation est estimée à 500 kWh par chambre, selon détail ci-dessous

- Télévision : <100 W x 2000 h /an = 200 kWh/an
- Petit Frigo A++ : < 100 kWh/an
- cuisine électrique : 200 kWh/an

La consommation des chambres est estimée à 16 studios x 500/1000 = 8 mWh.
(soit 8000/16 studios / 60m² par studio = 8 kWh/ m²)

Besoins électricité des autres locaux non calculés par PEB

Pour tous les autres locaux qui ne sont pas des chambres, il s'agit de la buanderie électrique, de l'ascenseur, du petit équipement de confort, du matériel du cabinet médical, etc .

Elle est estimée ici à 15 kWh/m² x (1800 m²-16x50) = 15 mWh/an.

4.2.4. Résumé besoins électricité

.	Consommation d'électricité	mWh	%
	PAC mode chauffage	22.7	
	PAC mode ECS	4.9	
	Refroidissement (espace commun RS)	0.06	
	Auxiliaires	3	
	Eclairage	9	
	Besoins des studios non calculés par PEB,	8	
	Besoins des autres locaux non calculés par PEB	15	
	Total Electricité	60	

La consommation spécifique par m² serait de 60 mWh x1000 / 1831 m², soit 33kWh/m²

Cette consommation électrique de 60 mWh sert de référence pour la facture globale d'énergie ci-dessous et pour le dimensionnement de panneaux photovoltaïques

4.2.5. Résultats (RS)

Pour la résidence service on peut donc, sur base des coefficients repris au chapitre 1, calculer la facture attendue, les émissions de CO₂ et les consommations d'énergie primaire, comme suit :

	Consommation finale	Facture Hors TVA		Emission de CO ₂		Énergie primaire	
	mWh	€/mWh	€	Coeff	CO ₂ [tonne/an]	Coeff	EP [mWh/an]
Électricité	60	150	9.000	0,456	27,4	2,5	150
Total référence	/		9.000		27		150

4.3. Besoins de l' ensemble (MR + RS)

	Consommation finale	Facture Hors TVA		Emission de CO ₂		Énergie primaire	
	mWh	€/mWh	€	Coeff	CO ₂ [tonne/an]	Coeff	EP [mWh/an]
Propane	450	60	27.000	0,267	120,2	1	450
Électricité	354	150	53.100	0,456	161,4	2,5	885
Total référence	/		80.100		282		1335

L'émission totale de CO₂ de 282 tonnes par an correspond à l'émission de 282 voitures économiques (100 gr CO₂/km) avec un kilométrage de 10000 km/an (on a 282000 / 0.1= 2840000 km= 284x10000) !!

5. Technologie de référence

5.1. Maison de repos

5.1.1. Chauffage et production d'ECS par propane.

Caractéristiques techniques et intégration

L'installation de production de chaleur prévue comprend d'abord un chauffage par chaudière au propane. Dans un tel bâtiment, il faut 2 chaudières au moins.

La puissance nécessaire est de l'ordre de 300 kW. Avec une certaine réserve, la puissance de chaudière est estimée à 400 kW (soit 2 chaudières de 200 KW).

A la place d'une production d' ECS instantanée, un boiler de stockage de l' ECS (maximum 1000 litres) est préconisé afin de permettre la réduction de puissance à 400 kW . Une puissance réduite permet aux chaudières de moduler leur puissance et donc d'augmenter leur durée de fonctionnement et leur rendement.

Une meilleure formule consiste à scinder la production pour le chauffage (à plus basse T° variable) et la production pour ECS (à T° constante plus élevée).

La chaufferie est prévue au sous-sol enterré. Le propane étant plus lourd que l'air (contrairement au gaz naturel), il faut veiller à prendre les dispositions adéquates.

Emission de chaleur

Les radiateurs sont dimensionnés pour régime de température 65/50 ou plus bas, pour permettre la condensation dans la chaudière.

Les radiateurs sont équipés de vannes thermostatiques (régulation local par local)

5.1.2. Climatisation par (multi) split

Des splits ou multisplits sont prévus en fonction de la situation des locaux à traiter, pour :

- (multi) split pour les séjours aile droite
- Multisplit pour les séjours, brasserie , restau, de l'aile gauche
- Split pour local data au sous sol
- Split pour Local tartines

Les unités extérieures peuvent trouver place sur les toitures plates.

Les unités intérieures sont de type mural ou mieux de type cassette à intégrer dans les faux-plafonds.

Le coefficient de performance moyen pris en compte par la PEB est de 392% (sur base valeur par défaut). On recherchera des appareils avec un très bon classement énergétique, par exemple A++, permettant un coefficient de performance supérieur à 372 %.

5.2. Résidence service

5.2.1. Chauffage par Pompe à chaleur air /eau

Une PAC air eau pour toute la résidence service est prévue. Elle est associée à un plancher chauffant dans chaque unité PEB.

Le coefficient de performance saisonnier SCOP à 35 ° est de 4.80.

Le plancher chauffant est à dimensionner pour le régime de T° de 35/30.

En base la PAC précitée assure aussi l'ECS, ce qui nécessite d'augmenter la puissance de la PAC et de prévoir un ballon de stockage. En mode production ECS, il faut souvent augmenter le régime de T° jusqu'à 60° ce qui dégrade beaucoup la performance.

C'est pourquoi il est préconisé de produire l'ECS de manière indépendante (par un chauffe-eau au propane par exemple).

Il est préconisé aussi de prévoir une PAC indépendante pour les cabinets médicaux professionnels.

Cela facilite la comptabilité énergétique, la gestion de la température (horaire avec ralenti de nuit et de WE) et permet simplification hydraulique.

5.2.2. Refroidissement par (multi) split

Un split est prévu pour les Espaces communs à la résidence service au rez

L'unité extérieure peut trouver place sur la toiture plate.

Les unités intérieures sont de type mural ou mieux de type cassette à intégrer dans le faux-plafond.

Le coefficient de performance moyen pris en compte par la PEB est de 392% (sur base valeur par défaut). On recherchera des appareils avec un très bon classement énergétique, par exemple A++, permettant un coefficient de performance supérieur.

6. Technologies alternatives

6.1. Biomasse = pellets

Faisabilité

Pour permettre un chauffage aux pellets, la surface de la chaufferie doit au moins être doublée. Et un silo de stockage de la même surface doit être prévu dans le prolongement. Cela est simple à réaliser compte tenu de la position de la chaufferie à côté du vide technique.

La voirie d'accès pompier permet l'accès au camion souffleur de pellets à hauteur du silo de stockage.

Principe

Une chaudière aux pellets peut remplacer une des deux chaudières propane

La chaudière à pellets assure tous les besoins jusqu'à une température extérieure de 0°C environ. En dessous, la chaudière propane complète la puissance nécessaire.

Avec une puissance de 50 % de la puissance totale nécessaire, elle assure environ 80 % des besoins.

Le **stockage** des pellets et l'alimentation automatique de la chaudière sont les principales contraintes techniques. Ce stockage doit trouver place à côté chaufferie.

Le stockage prend la forme d'un silo avec deux plans inclinés amenant les pellets dans une vis sans fin.

Dimensionnement :

La puissance nécessaire étant de +/- 300 kW, la chaudière aux pellets a une puissance de +/- 50 % de 300 kW, soit 150 kW.

La bâche tampon a un volume de 20 l par kW, soit max 3000 litres. Elle doit trouver place en chaufferie

Le stockage de pellets en vrac a un volume de +/- 19 m³, selon calcul ci-après.

Dimensionnement du stockage de pellets

La chaleur à produire avec des pellets est de 450 mWh x 80 % = 360 mWh.

Le pouvoir calorifique est de 4,8 à 5,2 kWh / kg.

La quantité de pellets par an est donc $360 \times 1000 / 5 = 72000$ kg. Ils ont une densité de 650 kg/ m³.

Le volume de pellets par an est donc $72000 / 650 = 110$ m³/an.

Pour une autonomie d'un mois en hiver qui consomme environ 15 % de la consommation annuelle, il faut donc un stockage d'un volume utile de $110 \times 0.15 = 17$ m³.

Le volume brut du stockage est au moins le double de ce volume.

Aspects financiers

	Montant	Concerne
Investissement (HTVA)	100 000 €	Chaudière 150 kW tout automatique+ silo stockage+ bâche tampon 3000 litres+ divers -
Coût de maintenance (HTVA)	1000 €	Supplément par rapport à chaudière mazout
Subventions :	800 €	Prime énergie-

L'investissement est hors TVA car le maître d'ouvrage déduit la TVA.

La prime énergie disponible est destinée d'abord aux installations domestiques. Elle semble désormais plafonnée à 800 € !! ce qui est fort peu ici.

Economie d'énergie

Le rendement de la chaudière aux pellets est égal ou plutôt inférieur à celui des chaudières mazout.

Il n'y a pas d'économie d'énergie.

Economie annuelle en € /an

On estime que la consommation de propane de référence de 450 mWh se répartit entre pellets à 80 % et propane à 20 %. Sur base des prix des énergies moyens (voir \$1), l'économie annuelle est de $(60-40) \times 450 \times 80 \% = 7200 \text{ €/an}$, dont il faut déduire le supplément pour la maintenance estimé à 1000 €/an.

L'économie nette est de $7200 - 1000 = 6200 \text{ €/an}$.

Economie de CO2

La mesure qui a le plus d'impact sur la réduction de l'émission de CO2 est la chaudière aux pellets

La combustion de biomasse est en effet considérée comme neutre au niveau des émissions de CO2. (si la ressource est gérée durablement)

L'émission est réduite de $450 \text{ mWh} \times 80\% \times 0.267 \text{ T/mWh} = 96 \text{ Tonnes}$

Energie primaire

La réglementation PEB considère actuellement que l'énergie primaire, prélevée à la planète, est la même si on brûle du mazout (énergie fossile non renouvelable d'origine lointaine) ou des pellets (énergie renouvelable produite en Wallonie). L'installation d'une chaudière aux pellets ne permet donc même pas d'avoir un meilleur certificat énergétique.

Le facteur de conversion en énergie primaire pour les pellets et le propane est identique dans la réglementation PEB. Le rendement global de l'installation aux pellets étant légèrement inférieur, l'installation consommerait un peu plus d'énergie primaire que les chaudières propane.

A noter qu'en Allemagne et au Luxembourg, ce facteur de conversion serait respectivement de 0.2 et 0.07 et pas de 1 !

En résumé, toutes les valeurs sont reprises ci-dessous et sont intégrées dans la synthèse page 4.

		Eco énergie	Eco facture	Investis. net	TRS	VAN	CO2 évité	€/Tonne CO2	Energie primaire évitée
		mWh	€/an	€	ans	€	Tonnes /an		mWh /an
	Chaudière pellets 150 kW		6200	100.000	16		96	1000	0

6.2. Pompe à chaleur air eau (Maison de repos)

Conditions favorables :

Le tarif électricité en haute tension (150€/mWh) est nettement moins élevé que celui en basse tension (<300 €/kWh)

Conditions défavorables :

L'émission de chaleur par des radiateurs, même surdimensionnés, ne convient pas. Le régime de T° pour obtenir la performance requise d'une pompe à chaleur doit être très bas ce qui implique une émission par planchers chauffants.

Des planchers chauffants pourraient être envisagés dans les séjours pour chauffer et refroidir (avec PAC réversible en relèvement de chaudière et une conception hydraulique adéquate)

Toutefois la séparation franche entre les systèmes de chauffage et de refroidissement (uniquement en cas de canicule) a l'avantage de la simplicité et réduit les risques (destruction d'énergie chaud – froid).

6.3. Pompe à chaleur au gaz air –eau (Résidence service)

Si le tarif électricité haute tension est applicable aussi à la résidence service, la PAC électrique prévue, associée à des planchers chauffants est très intéressante.

Une pompe à chaleur à absorption au gaz propane, d'une puissance de 38 kW, convient bien pour le chauffage de la RS. Elle obtient de moins bons résultats, comme le montre le tableau ci-dessous.

	Besoins nets	rdt système	Besoins bruts	rdt produc.	Consomm finale	Vecteur	PU (HTVA)	Facture énergie	coeff CO2	Emission CO2	coeff EP	Energie primaire EP
Référence	MWh /an	%	MWh /an	%	MWh /an		€/mWh	€/an	kg CO2 /mWh	Tonne CO2 /an		mWh EP /an
	A	B	C=A/B	D	E=C/D		G	H=ExG	J	K=ExJ	L	M=ExL
PAC électrique RS	113,8	92%	124,2	450%	27,6			4.141		12,6		69,0
Chauffage	100,4	92%	109,1	479%	22,8	E	150	3.417	456	10,4	2,5	57
ECS	13,4	89%	15,1	312%	4,8	E	150	724	456	2,2	2,5	12
Remplacé par :												
PAC gaz propane	113,8	92%	124,2	120%	103,5			6.209		27,6		103,5
Chauffage	100,4	92%	109,1	120%	90,9	P	60	5.457	267	24,3	1,0	91
ECS	13,4	89%	15,1	120%	12,5	P	60	753	267	3,4	1,0	13

6.4. Solaire thermique (MR)

Caractéristiques techniques et intégration

La toiture plate convient pour les capteurs thermiques. Elle permet de choisir l'orientation et l'inclinaison.

Selon audits d'autres maison des repos, le besoin d'eau chaude est de 27 litres à 60° par jour et par lit (ou 40 litres à 40°), soit $27 \times 112 \text{ lits} = 3000 \text{ litres par jour}$, **soit 1100 m³/an.**

Dimensionnement : surface de capteurs : 40 m²

Les capteurs solaires sont à combiner à un ballon de préchauffage de 50 litres par m² de capteur, soit $40 \times 50 = 2000 \text{ litres}$ à placer dans la chaufferie.

Les chaudières réalisent l'appoint.

Prime Soltherm supprimée

Jusqu' au 1^{er} mars 2018, il y avait une très importante prime Soltherm calculée pour chacune des chambres, selon texte ci-dessous.

Installations collectives :
maisons de repos,
résidences-service,
Immeuble à appartements
existants (PU < 01.05.2010)

L'installation collective est considérée comme étant équivalente à autant d'installations individuelles qu'il y a de logements individuels desservis. Une installation individuelle devant comporter au minimum 2 m² de surface optique, le nombre maximum d'installations individuelles équivalentes ne peut en aucun cas dépasser la moitié du nombre de m² de surface optique de capteur solaire installé. La prime octroyée dans le cas d'une installation collective s'élève à 1.500 € x le nombre d'installations individuelles équivalentes.

Cette prime généreuse est supprimée. La prime aurait été de $40 \text{ m}^2 / 2 \times 1500 = 30000 \text{ €}$, ce qui représente +/-60 % de l'investissement estimé à 50000 €.

Sans cette prime le temps de retour de l'investissement de capteurs solaires est de l'ordre de 30 à 40 ans (soit plus que la durée de vie). Avec cette prime, le temps de retour serait de +/- 14 ans.

Résultats

	Temps de retour simple
Sans prime Soltherm	35 ans (> durée de vie !)
Avec prime Soltherm	14 ans

Conclusion (solaire thermique)

Le calorifuge de la boucle d'eau chaude sanitaire (qui fonctionne toute l'année à un régime de T° de 60-55-50) doit être extrêmement soigné/renforcé. L'économie obtenue est du même ordre que l'apport de capteurs solaires (+/- 25000 kWh)

La prime Soltherm était indispensable pour obtenir une rentabilité acceptable.

6.5. Solaire photovoltaïque

6.5.1. Caractéristiques techniques et intégration

L'optimum pour maximiser la production est l'orientation sud avec une pente de 30 à 35°.

Orientation	Inclinaison [°]							
		0	15	25	35	50	70	90
Est	-90	88%	87%	85%	83%	77%	65%	50%
Sud-est	-45	88%	93%	95%	95%	92%	81%	64%
Sud	0	88%	96%	99%	100%	98%	87%	68%
Sud-ouest	+45	88%	93%	95%	95%	92%	81%	64%
Ouest	+90	88%	87%	85%	82%	76%	65%	50%

source : UCL, architecture et climat, fichier rentabilité PV.xls

Ici les toitures plates nécessitent une structure intermédiaire qui permet de choisir l'orientation et l'inclinaison. En toiture plate, l'inclinaison est souvent limitée à 15° pour éviter les ombres portées entre rangées et densifier les panneaux.

Selon google maps, il n'y a pas d'ombre portée par d'autres bâtiments voisins ou des arbres.

La toiture de l'aile droite a une surface de +/- 66x14 = 924 m² sans obstacle, hormis la cage d'ascenseur.

Elle permet une surface de capteurs de minimum 350 m².

La toiture est décalée d'environ 45° par rapport au nord ce qui permet de placer deux champs orientés sud-est et sud-ouest, ce qui permet des apports plus constants.

Une cuisine électrique a le plus grand besoin en matinée. Le midi solaire étant à 13 h en hiver, et 14 h en été, l'orientation sud est convient mieux.

6.5.2. Aspect financier

Ci-dessous on reprend les extraits du document de la CWAPE qui précise le mode de calcul de la rentabilité des panneaux PV pour le 1er semestre 2019.

TABLEAU 6 - COEFFICIENTS k_{ECO} APPLICABLES

ID	Filières	Classes de puissance [kWc]	k_{ECO} SL 2019
1	Photovoltaïque	]0 - 10]	Non applicable
		]10 - 250]	0,82
		]250 - 1 000]	0,66
		]1 000 - [	0,49

Compte tenu de la réduction des prix des panneaux PV selon tableau suivant (1126 €/kWc), le taux de certificats verts est réduit à 0.82 certificat vert par MWh (au lieu de 2.4 en 2016), pour maintenir le taux de rentabilité de 7 à 8 %

TABLEAU 5 - PARAMÈTRES DE CALCUL RETENUS PAR LA CWAPE

Filière	Solaire photovoltaïque > 10 kW		
Période de réservation	01/01/2019 - 30/06/2019		
Méthodologie	CD-14j24-CWaPE		
Date publication	31/10/2014		
Paramètres	Unités	[10 - 250]	
Puissance de référence	P_{REF}	kWc	150
Taux de rentabilité de référence		%	7%
Durée de vie économique		Année	20
Durée d'octroi		Année	10
Première année de production		Année	2020
Prix de l'électricité injectée - Année 1	$P_{EL,INI,1}$	EUR/MWh	42,81
Prix de l'électricité injectée - Année 2	$P_{EL,INI,2}$	EUR/MWh	41,87
Prix de l'électricité autoconsommée	$P_{EL,AC}$	EUR/MWh	130,67
Indexation du prix de l'électricité injectée	$i_{EL,INI}$	%/an	2%
Indexation du prix de l'électricité autoconsommée	$i_{EL,AC}$	%/an	2%
Indexation des coûts	$i_{O\&M}$	%/an	2%
Taux d'imposition	Tax	%	26%
Investissement de référence	I_{REF}	EUR/kWc	1.126
Coût du remplacement de l'onduleur	$O\&M_{IO}$	EUR/kWc	121
Année de remplacement de l'onduleur		Année	10
Frais d'exploitation et de maintenance	$O\&M$	% I_{REF} /an	1,6%
Durée d'utilisation	U	kWh/kWc	950
Dégradation de la performance	p	%/an	0,5%
Niveau d'autoconsommation	Ac	%/an	78%

Le calcul de rentabilité, page suivante +1, est basé sur les valeurs ci-dessus de la CWAPE hormis :

- % autoconsommation fixé à 70% (au lieu de 78 % jugée un peu optimiste)
- Le prix ci-dessus de 130 € / mWh vaut pour une installation de 150 kWc. Pour une installation ici de 50 kWc, le prix de l'électricité autoconsommée ou achetée sur le réseau est fixée par la formule au § 5.5.2 du même document de la CWAPE (repris en 1.2), ce qui conduit à un prix de **150 €/mWh** (HTVA) qui est retenu pour cette étude.

IL est très important d'auto consommer l'électricité car l'électricité injectée (41.87 €/mWh) vaut près de 4 fois moins cher que l'électricité autoconsommée (150 €/mWh). Cela implique que les apports par les panneaux doivent être en phase avec les besoins du bâtiment, qui sont maximaux en matinée si la cuisine centrale est électrique (alors que le midi solaire est à 13 h à l'heure d'hiver, à 14 h à l'heure d'été)

Il n'y a pas de taxe réseau à venir dans ce cas (car puissance > 10 kWc, pas de compteur qui tourne à l'envers).

6.5.3. Résultats

En résumé du calcul page suivante, on a :

Indicateurs économiques			Auto 70 %	
Temps de retour simple	ans	TRS :	7,8	Sans onduleurs
Taux de rentabilité interne	%/an	TRI :	8,5	
Valeur actualisée nette VAN	€ après 20 ans	VAN :	50821	
Temps de retour "élaboré"	années	TRE :	7,9	Avec remplacement onduleurs

Economie d'énergie

Cette installation de 50 kWc ou 350 m² permet de produire 47.5 mWh dont la partie autoconsommée (70%) est de 33.3 mWh ce qui représente seulement 11 % du besoin total d'électricité de la maison de repos estimé à 294 mWh au \$4.1.4

6.5.4. Résumé

En résumé, toutes les valeurs sont reprises ci-dessous et intégrées dans la synthèse page 4.

		Eco énergie	Eco facture (année 1)	Investis. net	TRS	VAN	CO2 évitée	€/Tonne CO2	Energie primaire évitée
		mWh	€/an	€	ans	€	Tonnes /an		mWh /an
7.3	Photovoltaïque 350m², 50 kWc	47.5	7219	50821	7.8	50821	21	2.420	119

6.5.5. Conclusion

Une installation PV est un bon investissement.

Garder à l'esprit que l'installation décrite ne produit toutefois que 11% du besoin total d'électricité de la maison de repos et que la priorité est à l'utilisation rationnelle de l'électricité.

Une autre approche serait d'associer les panneaux à des batteries de stockage. Le coût de ces batteries (relativement chères) s'amortit par une plus grande autoconsommation (cible de 100% au lieu de 70%) et une moindre injection sur le réseau.

6.6. Cogénération au propane

La cogénération au propane est peu fréquente.

Le programme de calcul «cogencalc » ne permet pas de sélectionner le propane. Ce programme a été adapté pour sélectionner propane ce qui conduit à des mauvais résultats économiques.

Le temps de retour de l'investissement est d'environ 8 ans alors que la durée de vie garantie sans soucis est de maximum 10 ans.

De plus cette technologie n'est pas souhaitée par maître d'ouvrage.

6.7. Réseau de chaleur

Il n'y a pas de réseau de chaleur existant à proximité pour ce bâtiment en site rural. (prévu sur vue ci-dessous dans angle en haut à droite du carrefour).



La synthèse est placée au début du rapport.

Fait le 16 septembre 2019

Marcel Renard , ir-arch,
Bureau d'études Marcel Renard
Bois de Herve 49 - 4651 Battice
GSM 0494 891829
marcel.renard-ir@skynet.be
