

Etude de faisabilité technique, environnementale et économique

Etude de faisabilité des systèmes alternatifs de production et d'utilisation d'énergie conformément au Décret cadre du 19 avril 2007

Bâtiments neufs : superficie utile > 1000 m²

Auteur de l'étude

Nom : GLAUDE Jean-François
Dénomination commerciale : PrismEco
Adresse : Rue Saint-Médard, 40
Localité : 1370 Jodoigne
Tél : +32 494 22 63 47
Email : jf.glaude@prismeco.be
Agrément : AEF-00249

Données administratives du projet

Nom : Construction d'un immeuble à appartements
Type : Résidentiel
Adresse : -
Localité : -



Introduction et Méthodologie

La présente étude est établie conformément aux prescriptions du Décret du 17 avril 2007 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 d'une superficie utile > 100 m², 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.

Différents scénarios d'utilisation de ces systèmes sont étudiés de manière à définir les meilleurs moyens de couvrir les besoins pour atteindre un bilan technique, environnemental et économique optimal.

Pour ce faire, il y a lieu d'évaluer une série de critères techniques spécifiques au projet. Ceux-ci permettront alors de vérifier de façon pertinente, s'il y a un réel intérêt « coût-efficacité » à opter pour un (ou plusieurs) système de production d'énergie alternatif en comparaison des systèmes envisagés initialement.

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.

Synthèse des résultats

Le projet étudié est un immeuble de deux étages sur rez-de-chaussée neuf localisé en région liégeoise. Celui-ci comprend 18 logements répartis sur les trois niveaux. Un niveau en sous-sol est prévu pour des garage et des caves. Le gaz naturel n'est pas disponible sur le site.

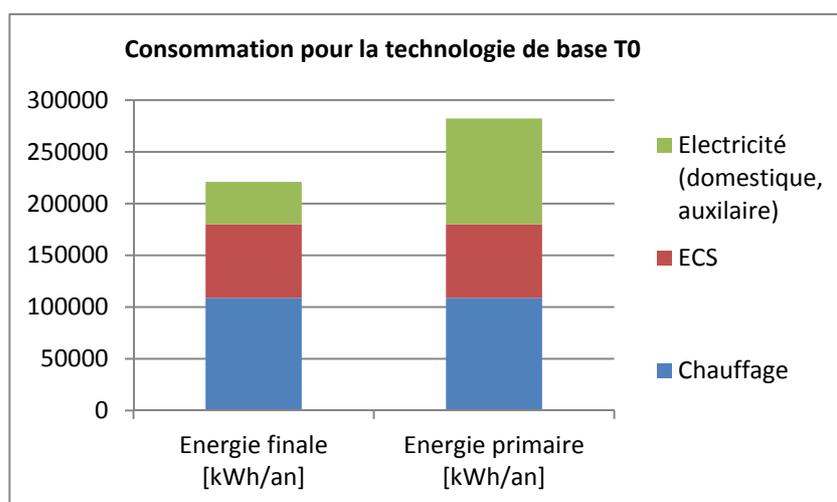
Les technologies suivantes ont été envisagées :

Technologie	Biomasse	Pompe à chaleur	Réseau de chaleur	Cogénération à haut rendement	Solaire thermique	Solaire photovoltaïque	Autres
Code	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Étudiée	oui	oui	non, indisponible à proximité	non, gaz naturel non disponible	oui	oui	non

Les technologies suivantes ont été retenues pour analyse :

T0	Technique traditionnelle de base : installation collective - chaudière au mazout à condensation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire
T1	Biomasse : installation collective - chaudière aux pellets pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire
T2	PAC air/eau : installation individuelle - pompe à chaleur mixte pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire
T3	Non étudiée
T4	Non étudiée
T5	Système solaire thermique : installation collective - technologie T0 avec panneaux solaires thermiques
T6	Système solaire thermique : installation collective - technologie T0 avec panneaux solaires photovoltaïques
T7	Non étudiée

La consommation en énergie finale primaire pour le cas de base T0 est illustrée ci-dessous.



Pour chaque scénario étudié, les consommations en énergie primaire et émissions de Co2 pour lme chauffage, l'eau chaude sanitaire (domestique et auxiliares pompe et ventilateurs) ont été comparées à celle de la tchnologie traditionnelle.

1. Tableau synthétique des hypothèses

Ce tableau liste les différentes hypothèses et données générales utilisées dans l'étude. Ces dernières sont majoritairement issues du portail de la Région Wallonne reprenant les hypothèses à considérer pour la réalisation des études de faisabilité.

Paramètres énergétiques

Combustibles	prix		émission de CO2		conversion énergie primaire		évolution du prix	
électricité consommée	0,17	€ HVAC/kWh	0,456	kgCO2/kWhEfin	2,5	kWhEp/kWhEfin	3	%
électricité injectée sur le réseau	0,05	€ HVAC/kWh	0,302	kgCO2/kWhEfin	0	kWhEp/kWhEfin	3	%
gaz naturel	0,055	€ HVAC/kWh PCS	0,251	kgCO2/kWhEfin	1	kWhEp/kWhEfin	3	%
gaz propane	0	€ HVAC/kWh PCS	0	kgCO2/kWhEfin	1	kWhEp/kWhEfin	3	%
gaz butane	0	€ HVAC/kWh PCS	0	kgCO2/kWhEfin	1	kWhEp/kWhEfin	3	%
mazout	0,06	€ HVAC/kWh PCS	0,306	kgCO2/kWhEfin	1	kWhEp/kWhEfin	3	%
pellet	0,046	€ HVAC/kWh PCS	0	kgCO2/kWhEfin	1	kWhEp/kWhEfin	3	%
bois bûche	0	€ HVAC/kWh PCS	0	kgCO2/kWhEfin	1	kWhEp/kWhEfin	3	%

Les facteurs de conversion utilisés sont les facteurs proposés par la CWAPE au moment de l'étude.

Paramètres financiers

Taux de TVA	21	%
Période d'évaluation pour le résidentiel	20	années
Période d'évaluation pour le non-résidentiel	20	années
Taux d'actualisation pour le résidentiel	5	%
Taux d'actualisation pour le non-résidentiel	6,5	%
Taux d'inflation applicable à tous les coûts hors énergie	2	%

Les subsides sont listés au cas par cas en fonction des technologies envisagées. D'une année à l'autre, les aides financières présentent une grande variabilité et ce qui est d'application aujourd'hui ne le sera peut-être plus demain. Il faut toutefois espérer une continuité logique dans l'octroi des aides financières afin que celles-ci s'adaptent au marché, sans pour autant évoluer au détriment d'une technologie particulière. Il convient donc de rester prudent face aux chiffres avancés.

2. Présentation du bâtiment

Le projet étudié est un immeuble de deux étages sur rez-de-chaussée neuf localisé en région liégeoise. Celui-ci comprend 18 logements répartis sur les trois niveaux. Un niveau en sous-sol est prévu pour des garage et des caves. Le gaz naturel n'est pas disponible sur le site.

Volume protégé du bâtiment 4036 m³
 Surface utile du bâtiment : 1253 m²
 Surface de plancher chauffé : 1416 m²

Caractéristique du bâtiment

Type de toiture	Toiture plate
Superficie de toiture	531 m ²
Raccordement au gaz disponible?	non
Superficie terrain non bâti	1018 m ²

Les plans utilisés pour l'étude sont les plans de permis d'urbanisme disponibles en annexe.



Caractéristique des unités PEB

Unité PEB	Dénomination	Volume protégé	Superficie utile	Surface de plancher	Occupation
					[personne]
1	Appartement A1	247 m3	74,4 m2	86,8 m2	3
2	Appartement A2	187 m3	60,9 m2	65,6 m2	2
3	Appartement A3	180 m3	55,85 m2	63,3 m2	2
4	Appartement A4	203 m3	65,3 m2	71,1 m2	2
5	Appartement A5	220 m3	69,59 m2	77,3 m2	3
6	Appartement A6	269 m3	82,4 m2	94,3 m2	3
7	Appartement A7	158 m3	47,95 m2	55,3 m2	2
8	Appartement A8	258 m3	76,7 m2	90,7 m2	3
9	Appartement A9	187 m3	60,9 m2	65,6 m2	2
10	Appartement A10	180 m3	55,85 m2	63,3 m2	2
11	Appartement A11	220 m3	68 m2	77,3 m2	3
12	Appartement A12	217 m3	69,59 m2	76,1 m2	3
13	Appartement A13	269 m3	82,4 m2	94,3 m2	3
14	Appartement A14	182 m3	53,9 m2	63,9 m2	2
15	Appartement A15	335 m3	104,8 m2	117,6 m2	4
16	Appartement A16	217 m3	68 m2	76,1 m2	3
17	Appartement A17	237 m3	74,5 m2	83,1 m2	3
18	Appartement A18	269 m3	82,4 m2	94,3 m2	3
		4036 m3	1253 m3	1416 m3	48

3. Besoins énergétiques du bâtiment

Les besoins sont exprimés en kWh/an et en kWh/m²an. La surface utilisée est la surface d'utilisation pour les espaces tertiaires et l'ACH pour les logements.

3.1 Hypothèses

Le bâtiment est composé de 18 unités PEB. Le niveau d'isolation varie entre K20 et K27.

Le besoin net de chauffage est calculé via le logiciel PEB v6.5. L'auteur de l'étude de faisabilité n'étant pas le responsable PEB et l'encodage PEB du projet pour la déclaration initiale n'étant pas encore réalisé dans le cadre de la réalisation de cette étude, un encodage PEB simplifié a été réalisé.

Isolation thermique

Paroi	Valeur U	
Mur extérieur	0,20	W/m ² K
Plancher au-dessus garage	0,21	W/m ² K
Toiture plate	0,20	W/m ² K
Fenêtre	1,43	W/m ² K

Etanchéité à l'air, ventilation et eau chaude sanitaire

Unité PEB	Dénomination	Etanchéité à l'air [m ³ /hm ²]	Ventilation [système]	Delta T° ECS [°C]	Consommation journalière ECS [litre/occup.]	Période ECS [jour/an]
1	Appartement A1	3	Système C	50°	40	365
2	Appartement A2	3	Système C	50°	40	365
3	Appartement A3	3	Système C	50°	40	365
4	Appartement A4	3	Système C	50°	40	365
5	Appartement A5	3	Système C	50°	40	365
6	Appartement A6	3	Système C	50°	40	365
7	Appartement A7	3	Système C	50°	40	365
8	Appartement A8	3	Système C	50°	40	365
9	Appartement A9	3	Système C	50°	40	365
10	Appartement A10	3	Système C	50°	40	365
11	Appartement A11	3	Système C	50°	40	365
12	Appartement A12	3	Système C	50°	40	365
13	Appartement A13	3	Système C	50°	40	365
14	Appartement A14	3	Système C	50°	40	365
15	Appartement A15	3	Système C	50°	40	365
16	Appartement A16	3	Système C	50°	40	365
17	Appartement A17	3	Système C	50°	40	365
18	Appartement A18	3	Système C	50°	40	365

Le besoin de refroidissement n'est pas considéré dans cette étude.

La consommation électrique est principalement due aux auxiliaires (pompes et ventilation), à l'éclairage et aux consommations des appareils électroménagers. La consommation d'auxiliaires est reprise des calculs PEB et PHPP. La consommation due à l'éclairage est égale à 46.11 kWh/an/pers, en considérant 90% de lampes économiques installées. Enfin, la consommation des appareils électroménagers est estimée selon les hypothèses suivantes :

- 1 lessiveuse à 2 kWh par cycle
- 1 sèche-linge à 6.53 kWh par cycle
- 1 lave-vaisselle à 2.45 kWh par cycle
- La consommation des autres appareils est négligée

3.2. Résultats

Unité PEB	BNE chauffage		BNE ECS		BNE électricité		BNE froid	
	[kWh/an]	Méthode	[kWh/an]	Méthode	[kWh/an]	Méthode	[kWh/an]	Méthode
1	6070	logiciel PEB v6.5	2547	Calcul personnel	2449	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
2	3895	logiciel PEB v6.5	1698	Calcul personnel	1989	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
3	3758	logiciel PEB v6.5	1698	Calcul personnel	1982	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
4	4222	logiciel PEB v6.5	1698	Calcul personnel	2006	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
5	4589	logiciel PEB v6.5	2547	Calcul personnel	2420	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
6	6222	logiciel PEB v6.5	2547	Calcul personnel	2471	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
7	3867	logiciel PEB v6.5	1698	Calcul personnel	1958	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
8	6343	logiciel PEB v6.5	2547	Calcul personnel	2460	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
9	2423	logiciel PEB v6.5	1698	Calcul personnel	1989	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
10	2339	logiciel PEB v6.5	1698	Calcul personnel	1982	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
11	2856	logiciel PEB v6.5	2547	Calcul personnel	2420	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
12	2811	logiciel PEB v6.5	2547	Calcul personnel	2417	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
13	3981	logiciel PEB v6.5	2547	Calcul personnel	2471	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
14	4553	logiciel PEB v6.5	1698	Calcul personnel	1984	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
15	8379	logiciel PEB v6.5	3396	Calcul personnel	2587	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
16	4619	logiciel PEB v6.5	2547	Calcul personnel	2417	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
17	5044	logiciel PEB v6.5	2547	Calcul personnel	2438	Calcul personnel	pas pris en compte	NA
18	5044	logiciel PEB v6.5	2547	Calcul personnel	2438	Calcul personnel	pas pris en compte	NA

Selon ces hypothèses de calcul, les besoins totaux en énergie pour le bâtiment s'élèvent donc à :

Besoin net de chauffage pour le bâtiment :	81015	kWh/an
Besoin net en eau chaude sanitaire pour le bâtiment :	40752	kWh/an
Besoin net en électricité :	40878	kWh/an

4. Technologie de référence T0

Afin d'établir un point de comparaison pour les différentes technologies alternatives, nous définissons un cas de base correspondant à une installation traditionnelle et peu coûteuse. Pour ce projet, le raccordement au gaz n'est pas disponible sur le site. La technologie choisie est donc une chaudière centralisée au mazout à condensation couplée avec des radiateurs. La chaudière reste une solution très compétitive et une technologie très bien maîtrisée. Le choix d'une chaudière à condensation et d'une régulation performante permet à cette technologie d'être, d'un point de vue énergétique, très efficace pour la production de chaleur. Cette chaudière est également utilisée pour la production d'eau chaude sanitaire. Celle-ci est distribuée via une boucle sanitaire dans les différentes unités.

Il n'y a pas de production d'électricité dans le cas de base.

4.1. Caractéristiques techniques et intégration

L'espace est suffisant au sous-sol pour l'installation d'une chaudière centralisée avec un ballon d'eau chaude (1000 litres).

Puissance de la chaudière : 68 kW

La puissance de chauffage est fournie par le logiciel PEB v6,5 et n'est pas conforme à un dimensionnement selon la norme NBN B 62-003 (1986) ou NBN EN 12831 (2003). Cependant, la valeur fournie peut être utilisée en première approximation.

4.2. Aspects énergétiques et environnementaux

Une bonne chaudière correctement réglée permet d'atteindre des rendements élevés et ainsi de limiter la consommation finale. La boucle sanitaire a par contre un moins bon rendement car elle fonctionne continuellement, et a donc un impact défavorable.

Les différents rendements utilisés dans les processus de conversion énergétique correspondent à des valeurs par défaut reprises de la méthode PEB, excepté pour le rendement de production considéré pour l'ECS car celui-ci est fort sécuritaire et conduirait inévitablement à des solutions avec technologie alternative extrêmement rentables.

Chauffage

Production (saisonnier)	Chaudière à condensationn	Rendement (PCS)	88,0%
Distribution et stockage	Chauffage (sans ballon tampon)	Rendement	95,0%
Emission et régulation	Radiateur, sonde extérieure, vannes thermostatique	Rendement	89,0%
Système complet	-	Rendement	74,4%

ECS

Production (saisonnier)	Chaudière à condensationn	Rendement (PCS)	88,0%
Distribution et stockage	Ballon de stockage et boucle sanitaire isolée	Rendement	65,0%
Système complet	-	Rendement	57,2%

4.3. Aspect financier

L'ensemble des travaux réalisés pour toutes les technologies ne sont pas chiffrés car certains investissements sont nécessaires dans tous les cas. Il est, par exemple, indispensable d'installer des émetteurs de chaleur ou une régulation pour tous les systèmes de chauffage considérés.

Nous nous basons ici sur les chiffres suivants considérés HTVAC :

Chauffage et Eau chaude sanitaire

	Montant [€]	Concerne
Investissement (HTVA)	€ 37.000	Chaudière mazout à condensation avec cheminée et ballon ECS; boucle de chauffage et boucle sanitaire ; local chaufferie à réaliser
Coût annuel de maintenance (HTVA)	€ 180	Entretien de la chaudière : 1,5% du coût d'investissement d'installation de la chaudière
Subventions	€ -	-

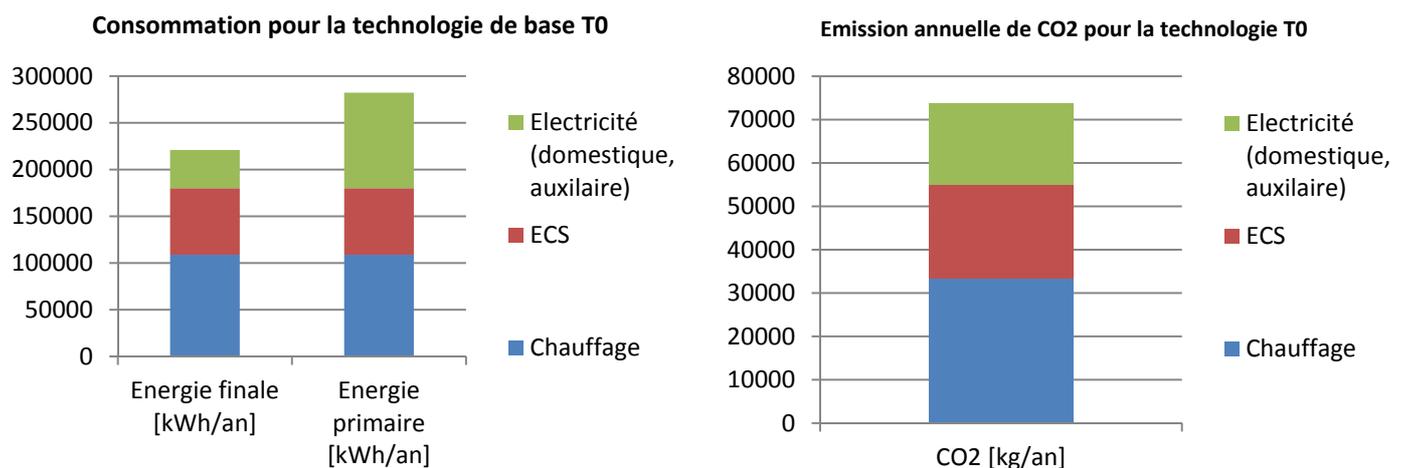
L'étude COZEB « Coût optimum » fournit des chiffres pour les frais de maintenance et d'exploitation pour de nombreux systèmes en % du coût d'investissement. <http://energie.wallonie.be/fr/etude-co-zeb-cout-optimum.html?IDC=8012>

4.4. Résultats

Les consommations d'énergie primaire peuvent alors être identifiées ainsi que les émissions totales de CO2 associées.

Résultats EP et CO2	
EP [kWh/an]	282.323
CO2 [kg/an]	73.760

La consommation en énergie primaire est répartie selon les proportions illustrées sur le graphique ci-dessous. Les émissions annuelles totales de CO2 suivent grosso modo la même répartition.



5. Technologies alternatives

5.1. Analyse de la disponibilité des variantes

Les technologies alternatives pour lesquelles une étude chiffrée n'est pas justifiée sont rejetées sur base des arguments techniques présentés dans le tableau ci-dessous.

Les variantes sont analysées indépendamment les unes des autres selon l'usage, à savoir chauffage, ECS, refroidissement et production d'électricité. Nous sélectionnons ensuite les cas les plus pertinents afin d'analyser des combinaisons de variantes.

	Variante	Technologie pertinente ?	Justification technique
Chauffage	Biomasse	Oui	Le maître d'ouvrage souhaite des installations individuelles pour la production de chauffage et d'ECS. Un local technique pour une installation collective de chauffage n'est actuellement pas prévu dans les plans pour la demande de permis mais nous considérons que cela pourrait néanmoins être envisagé au niveau du sous-sol du bâtiment avec la possibilité de stockage du combustible. Une filière locale d'approvisionnement en combustible pellet existe également.
	Pompe à chaleur	Oui	Le maître d'ouvrage souhaite une solution individuelle pour le chauffage et le production d'eau chaude dans les appartements. L'installation d'une pompe à chaleur mixte chauffage/ECS individuelle de type air/eau dans chaque appartement est la solution qui est étudiée. Il est possible d'intégrer des unités extérieures en toiture ou sur les terrasses.
	Réseau de chaleur	Non	Pas de réseau de chaleur urbain à proximité.
	Cogénération	Non	Le raccordement au gaz de ville n'est pas réalisable.
ECS	Panneaux solaires thermiques	Oui	Mise en place de panneaux solaires thermiques sur les toitures plates envisageables pour répondre aux besoins d'ECS.
	Pompe à chaleur	Oui	Le maître d'ouvrage souhaite une solution individuelle pour le chauffage et le production d'eau chaude dans les appartements. L'installation d'une pompe à chaleur mixte chauffage/ECS individuelle de type air/eau dans chaque appartement est la solution qui est étudiée.
Froid Electricité	Panneaux solaires photovoltaïques	Oui	Mise en place de panneaux solaires photovoltaïques sur les toitures plates envisageables.
	Cogénération	Non	Le raccordement au gaz de ville n'est pas réalisable.
Froid	Pas de besoin de refroidissement		

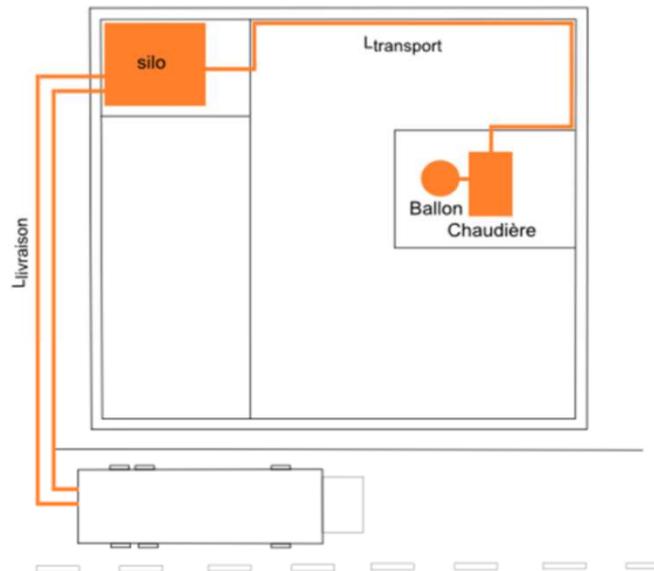
5.2. Faisabilité des solutions retenues

5.2.1. T1 : Biomasse - chauffage + ECS

5.2.1.1. Caractéristiques techniques et intégration

Quels qu'il soit, le stockage et l'acheminement de combustible consistent en la principale contrainte. Pour le bois, cette contrainte est accrue puisque le volume de stockage nécessaire est trois fois plus important que pour le mazout (à quantité d'énergie équivalente).

Il faut dès lors prévoir l'espace nécessaire à proximité de la chaudière ainsi qu'un moyen de remplir le réservoir de stockage (silo ou pièce de réserve) via un camion souffleur (voir schémas ci-dessous). Le raccord de connexion du stockage doit être à moins de 30m de l'emplacement de stationnement du camion d'approvisionnement. D'autre part, il est préférable que le stockage se situe à proximité immédiate d'un mur extérieur car, dans le cas contraire, un tube de remplissage doit être prévu.



Le volume de stockage à prévoir dépend du besoin du bâtiment et de la fréquence de remplissage souhaitée.

La chaudière aux pellets est modulante mais relativement peu réactive. Pour remédier à cela, deux solutions peuvent être envisagées : soit un système de production de chaleur plus réactif y est adjoint en parallèle (typiquement une chaudière gaz ou mazout), soit un ballon tampon bien dimensionné est connecté au système.

La chaudière doit également être alimentée en air de combustion. Il est donc nécessaire de placer celle-ci dans un local ventilé. Pour de petites puissances, la chaufferie peut être placée dans le volume étanche à l'air. Il est alors nécessaire de prévoir un modèle de chaudière utilisant un conduit d'alimentation en air permettant un fonctionnement indépendant du local où la chaudière se trouve.

Pour le projet considéré, si l'entièreté des besoins en chaleur et en eau chaude sanitaire est issue des pellets, le bâtiment consommera environ 68,8 m³ de pellets par an. Sur base d'une fréquence de 2 remplissages par an, un volume de 34,4 m³ est à prévoir.

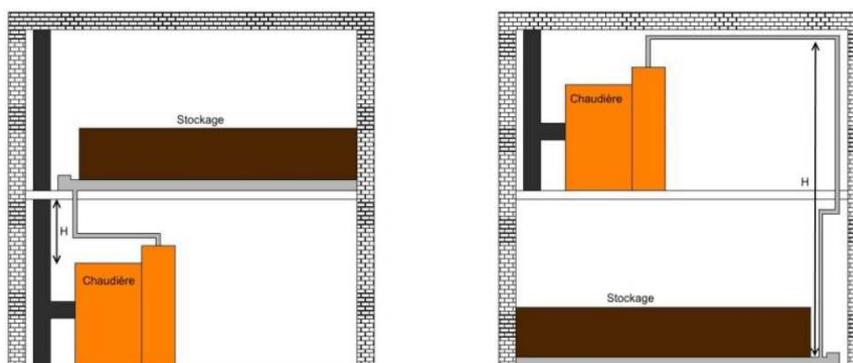
Dimensionnement du stockage	
Données	
Consommations [kWh/an]	209.920
Masse volumique [kg/m ³]	650
PCI [kWh/kg]	4,7
PCI [kWh/m ³]	3051
Volume de stockage [m ³]	
1 remplissage par an	68,8
2 remplissage par an	34,4

3 remplissage par an	22,9
----------------------	------

Caractéristique techniques	
Puissance chaudière [kW]	68
Volume tampon [litre]	1.250
Volume de stockage [m3]	34,4

Le local de stockage peut être situé au-dessus ou en-dessous de la chaudière. Dans ce cas, Il faut prévoir un palier (distance horizontale de 1 m) après une hauteur de 3 m. La hauteur totale maximale avec palier est de 5 m.

Des solutions existent également pour le stockage à l'extérieur (sous un abri) ou dans le sol.



5.2.2 Aspects énergétiques et environnementaux

Une bonne chaudière correctement régulée permet d'atteindre des rendements élevés et ainsi de limiter la consommation finale. La boucle sanitaire a par contre un moins bon rendement car elle fonctionne continuellement, et a donc un impact défavorable.

Les différents rendements utilisés dans les processus de conversion énergétique correspondent à des valeurs par défaut reprises de la méthode PEB, excepté pour le rendement de production considéré pour l'ECS car celui-ci est fort sécuritaire et conduirait inévitablement à des solutions avec technologie alternative extrêmement rentables.

Chauffage

Production (saisonnier)	Chaudière non à condensation	Rendement (PCS)	77,0%
Distribution et stockage	Chauffage avec ballon tampon	Rendement	92,0%
Emission et régulation	Radiateur, sonde extérieure, vannes thermostatique	Rendement	89,0%
Système complet	-	Rendement	63,0%

ECS

Production (saisonnier)	Chaudière non à condensation	Rendement (PCS)	77,0%
Distribution et stockage	Ballon de stockage et boucle sanitaire isolée	Rendement	65,0%
Système complet	-	Rendement	50,1%

5.2.3. Aspect financier

L'ensemble des travaux réalisés pour toutes les technologies ne sont pas chiffrés car certains investissements sont nécessaires dans tous les cas. Il n'est pas nécessaire de considérer l'investissement relatif aux appareils communs avec la technologie de référence (par exemple, des radiateurs).

Chauffage et Eau chaude sanitaire

	Montant [€]	Concerne
Investissement (HTVA)	€ 52.000	Chaudière biomasse avec ballon tampon + cheminée et ballon ECS; boucle de chauffage et boucle sanitaire; local chaufferie à réaliser; silo de stockage
Coût annuel de maintenance (HTVA)	€ 440	Entretien de la chaudière : 2,0% du coût d'investissement d'installation de la chaudière
Subventions	€ -	Régime des primes à l'énergie en Région wallonne en 2015

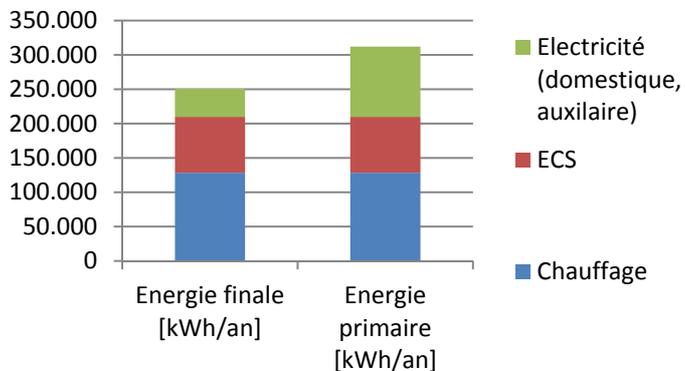
5.2.4. Résultats

Les consommations d'énergie primaire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité (domestique et auxiliaires) avec la technologie T1 peuvent être calculées :

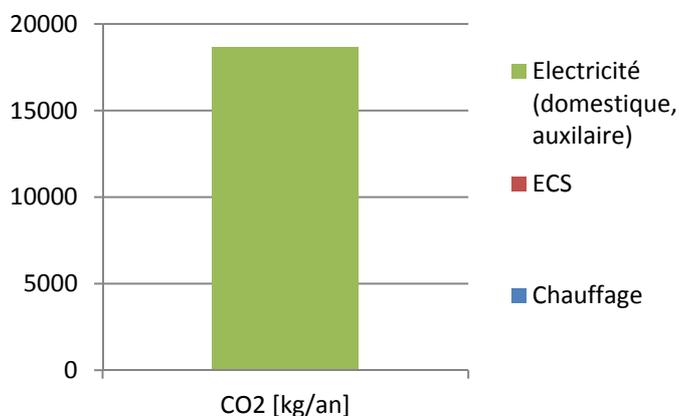
Résultats EP et CO2	
EP [kWh/an]	312.114
CO2 [kg/an]	18.640

La consommation en énergie primaire est répartie selon les proportions illustrées sur le graphique ci-dessous. Les émissions annuelles totales de CO2 sont fortement modifiées par rapport à la situation de référence T0 car les émissions de CO2 pour le chauffage et l'ECS dues à la combustion du pellet sont considérées comme nulles.

Consommation pour la technologie T1



Emission annuelle de CO2 pour la technologie T1



	Référence T0	Variation T0-T1	Variante T1	Explications
Consommation d'énergie primaire [kWh/an]	282.323	10,55%	312.114	Le facteur de conversion étant identique pour les deux vecteurs énergétiques et le rendement global de l'installation aux pellets étant moins bon, les consommations d'énergie primaire augmentent avec l'installation biomasse par rapport à la chaudière mazout à condensation.
Emissions de CO2 [kg/an]	73.760	-74,73%	18.640	La biomasse est considérée comme étant neutre au niveau des émissions de CO2. On considère en effet une biomasse locale et gérée durablement. Seules subsistent les émissions de CO2 liées à la consommation d'électricité.

Coûts annuels (combustible + maintenance) [€]	17.937	-6,14%	16.836	Le coût de maintenance de l'installation aux pellets est supérieur mais le coût du combustible est inférieur. L'installation fonctionnant aux pellets a un rendement inférieur mais le coût du combustible étant également inférieur, le coût annuel pour les énergies reste inférieur.
Investissement de base [€]	37.000	41,73%	52.440	Le surcoût d'un système fonctionnant aux pellets est important. En considérant que le système en aval de la chaufferie est identique (mêmes radiateurs et réseau) au cas de base, le système de production est pratiquement deux fois plus cher.

5.3.1. T2 : PAC air/eau - chauffage + ECS

Le principe d'une pompe à chaleur est de transférer, via un cycle frigorifique fonctionnant grâce à un appoint mécanique (moteur électrique majoritairement), l'énergie contenue dans une « source froide » gratuite vers un autre milieu (source chaude). La source froide coorespond au milieu où l'énergie est captée. Le COP (ou coefficient de performance) d'une pompe à chaleur représente le rapport entre la quantité d'énergie thermique produite à la sortie du système et la quantité d'énergie électrique fournie à la pompe. Un COP de 3 signifie donc que pour 1 kWh (électrique) fourni à la pompe à chaleur, il y a 3 kWh (thermique) de disponibles en sortie. D'un point de vue énergétique, cette technologie est donc très intéressante si elle n'avait pas le désavantage de fonctionner en général à l'électricité du réseau qui est produite et transportée avec un rendement assez faible en moyenne (de l'ordre de 30 % à 40 %).

Il existe différentes technologies disponibles fonction de la source où l'énergie est captée (air/sol/eau) et le mode de restitution de la chaleur à l'intérieur d'un bâtiment (chauffage par l'air ou l'eau).

Le type d'émetteurs considérés permet l'utilisation d'une pompe à chaleur classique (basse température). Un stockage d'eau chaude et un ballon d'eau morte sont/doivent être installés pour assurer un fonctionnement optimal. La taille du local technique semble appropriée pour accueillir les différents composants de la pompe à chaleur.

Pompe à chaleur air-eau

L'énergie est captée dans l'air extérieur. Le système transmet la chaleur à l'eau du circuit de chauffage constitué d'émetteurs basse température (plancher chauffant, ventilo-convecteur).

5.3.1.1. Caractéristiques techniques et intégration

Sur base de l'intégralité des besoins de chauffage et d'ECS couverts par la PAC et une puissance thermique de 4 à 8 kW selon l'appartement considéré est nécessaire dans les conditions Ateb/W45. (teb représente la température extérieure de base pour la situation du projet considéré)

On considère que la pompe à chaleur couvre 100% des besoins en chauffage et 100% des besoins en ECS (le cas échéant). Pour ce type de pompe à chaleur, la température de la source froide est extrêmement variable. Par conséquent une résistance électrique sera probablement indispensable afin d'apporter le complément de puissance nécessaire au confort des utilisateurs durant les jours d'hiver les plus froids et pour amener l'ECS à la température de confort. Sa consommation n'est pas prise en compte dans le calcul effectué par le logiciel. A noter que celle-ci ne sera pas négligeable (jusqu'à 20% de consommation supplémentaire uniquement pour la production d'eau chaude).

Pour garantir un bon fonctionnement de la pompe à chaleur (quel que soit le type), l'emploi d'un réservoir tampon d'eau primaire est vivement conseillé. La capacité du réservoir tampon est déterminée en fonction de la durée de fonctionnement et de la puissance de la pompe à chaleur. Un ballon d'ECS correctement dimensionné doit être

Les valeurs ci-dessus sont issues d'un pré-dimensionnement et doivent être affinées en phase projet si la technologie est jugée pertinente.

Caractéristique techniques	
Puissance PAC [kW]	4 à 8 kW
Type d'émetteur de chaleur	Basse température
Local technique	Buanderie de 3 à 5m ²
Unité extérieure PAC	Emplacement disponible

5.3.2 Aspects énergétiques et environnementaux

L'utilisation de fluides frigorigènes, gaz à effets de serre puissants, peut engendrer des fuites. Cet aspect n'est pas chiffré dans cette étude.

Le bilan énergétique est assez difficile à évaluer car il dépend du COP saisonnier, lui-même tributaire d'un certain nombre de facteurs tels que le type de PAC, l'appoint utilisé, le type de sol, le climat, l'utilisation de la chaleur, etc. Seule une étude dynamique permettrait d'évaluer précisément la consommation globale du système, et par la même occasion les gains environnementaux et la rentabilité du projet. A ce stade, il convient donc de faire des hypothèses

Chauffage

Production (saisonnier)	Pompe à chaleur air/eau	Coefficient de performance saisonnier (SCOP)	2,83
Distribution et stockage	Stockage et conduite dans le volume protégé	Rendement	100,0%
Emission et régulation	Radiateurs BT ou ventilo-convecteurs	Rendement	89,0%
Système complet	-	Rendement	251,9%

ECS

Production (saisonnier)	Pompe à chaleur air/eau	Coefficient de performance	254,7%
Distribution et stockage	Ballon de stockage sans boucle sanitaire	Rendement	85,0%
Système complet	-	Rendement	216,5%

5.3.3. Aspect financier

L'ensemble des travaux réalisés pour toutes les technologies ne sont pas chiffrés car certains investissements sont nécessaires dans tous les cas. Il n'est pas nécessaire de considérer l'investissement relatif aux appareils communs avec la technologie de référence (par exemple, des radiateurs).

Chauffage et Eau chaude sanitaire

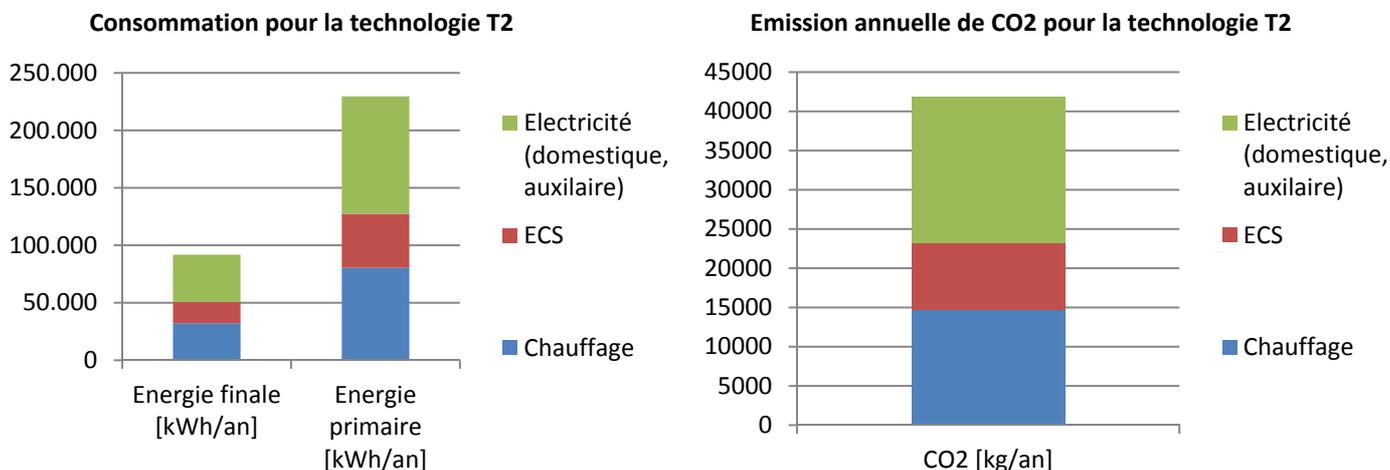
	Montant [€]	Concerne
Investissement (HTVA)	€ 99.000	PAC air/eau avec ballon tampon dans chaque appartement
Coût annuel de maintenance (HTVA)	€ 990	Entretien de la PAC : 1,0% du coût d'investissement d'installation de la chaudière
Subventions	€ -	Régime des primes à l'énergie en Région wallonne en 2015

5.3.4. Résultats

Les consommations d'énergie primaire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité (domestique et auxiliaires) avec la technologie T2 peuvent être calculées :

Résultats EP et CO2	
EP [kWh/an]	229.666
CO2 [kg/an]	41.891

La consommation en énergie primaire est répartie selon les proportions illustrées sur le graphique ci-dessous.



	Référence T0	Variation T0-T2	Variante T2	Explications
Consommation d'énergie primaire [kWh/an]	282.323	-18,65%	229.666	L'électricité n'étant pas une énergie primaire, son facteur de conversion énergétique très défavorable diminue en partie les bénéfices du rendement très nettement supérieur de la pompe à chaleur par rapport à la chaudière au mazout à condensation
Emissions de CO2 [kg/an]	73.760	-43,21%	41.891	L'installation d'une PAC permet de réduire assez fortement les émissions de CO2
Coûts annuels (combustible + maintenance) [€]	17.937	-1,07%	17.744	Le coût pour le combustible pour le chauffage et l'ECS diminuent mais très faiblement.
Investissement de base [€]	37.000	167,57%	99.000	Le surcoût pour l'installation d'un système décentralisé par pompe à chaleur air/eau par rapport à une installation collective est très élevé.

5.4.1. T5 : Système solaire thermique - ECS

5.4.1.1. Caractéristiques techniques et intégration

La surface de toiture plate, non ombragée, est largement suffisante pour accueillir des capteurs solaires thermiques. Une installation de 32 m2 de capteurs plans inclinés à 35 °sur une structure indépendante est prévue afin de couvrir 44 % des besoins bruts d'eau chaude sanitaire. Les capteurs solaires sont combinés à deux ballons de stockage. La chaudière mazout réalise l'appoint.

Les valeurs ci-dessus sont issues d'un pré-dimensionnement et doivent être affinées en phase projet si la technologie est jugée pertinente.

Caractéristique techniques	
Appoint ECS	Chaudière mazout à condensation

Type de toiture	toiture plate
Surface disponible sans ombrage [m2]	360
Orientation des panneaux	Sud
Inclinaison des panneaux [°]	35
Surface de capteur à l'Optimum [m2]	32
Surface de toiture plate correspondante [m2]	108
Surface de toiture inclinée correspondante [m2]	39
Volume total de stockage solaire [m3]	2,29
Nombre indicatif de réservoirs	2
Surface d'emcombrement des réservoirs [m2]	3,40
Poids moyen de tous les réservoirs pleins [kg]	2.900

5.4.2 Aspects énergétiques et environnementaux

5.4.3. Aspect financier

L'ensemble des travaux réalisés pour toutes les technologies ne sont pas chiffrés car certains investissements sont nécessaires dans tous les cas. Il n'est pas nécessaire de considérer l'investissement relatif aux appareils communs avec la technologie de référence (par exemple, des radiateurs).

Chauffage et Eau chaude sanitaire

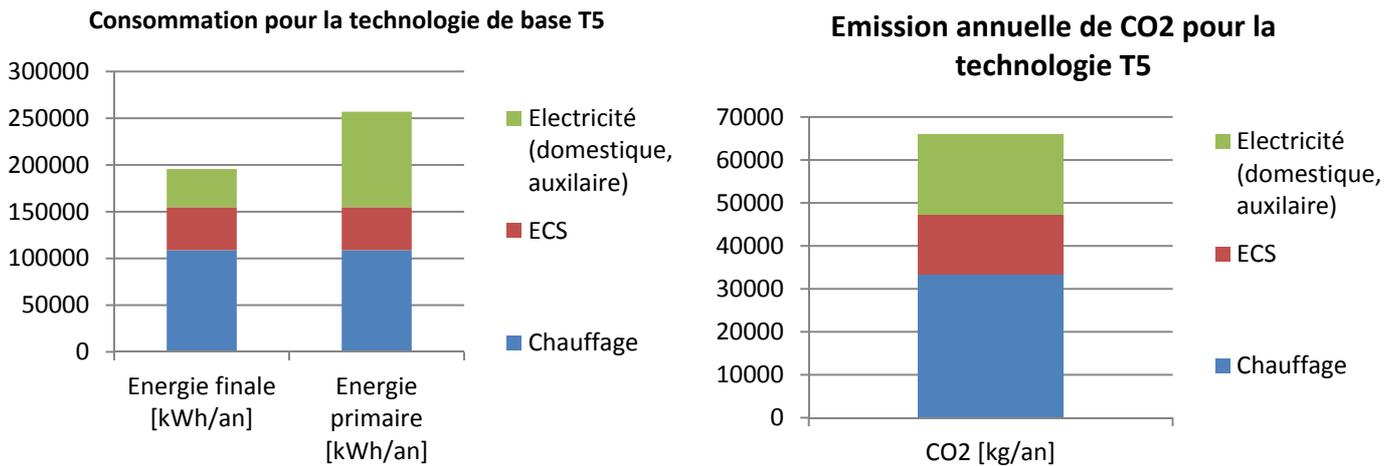
	Montant [€]	Concerne
Investissement (HTVA)	€ 77.109	Chaudière mazout + panneaux solaires thermiques avec ballon de stockage
Coût annuel de maintenance (HTVA)	€ 180	pas d'entretien spécifique
Subventions	€ -	Régime des primes à l'énergie en Région wallonne en 2015

5.4.4. Résultats

Les consommations d'énergie primaire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité (domestique et auxiliaires) avec la technologie T2 peuvent être calculées :

Résultats EP et CO2	
EP [kWh/an]	257.019
CO2 [kg/an]	66.017

La consommation en énergie primaire est répartie selon les proportions illustrées sur le graphique ci-dessous.



	Référence T0	Variation T0-T5	Variante T5	Explications
Consommation d'énergie primaire [kWh/an]	282.323	-8,96%	257.019	L'apport solaire gratuit permet de diminuer la consommation d'énergie primaire.
Emissions de CO2 [kg/an]	73.760	-10,50%	66.017	Avec un appoint ECS identique à la technologie de référence T0, la diminution de la consommation d'énergie entraîne une diminution des émissions de CO2.
Coûts annuels (combustible + maintenance) [€]	17.937	-9,47%	16.239	Le coût pour le combustible pour l'ECS diminue de façon importante mais de façon limitée pour l'ensemble des consommations (chauffage, ECS et électricité).
Investissement de base [€]	37.000	108,40%	77.109	Le surcoût pour l'installation d'un système solaire thermique est élevé.

5.5.1. T6 : Système solaire photovoltaïque - Electricité

5.5.1.1. Caractéristiques techniques et intégration

Un certain nombre de technologies sont actuellement disponibles sur le marché des panneaux photovoltaïques : mono- ou poly- cristallins, amorphes et à « couches minces ».

Pour ce projet, nous considérons l'installation de panneaux monocristallins.

Les valeurs ci-dessus sont issues d'un pré-dimensionnement et doivent être affinées en phase projet si la technologie est jugée pertinente.

Sur la toiture plate, il est possible de choisir l'inclinaison et l'orientation des capteurs. Afin de limiter l'ombrage entre les lignes de panneaux (permet de limiter la surface d'emprise au sol des panneaux) et limiter la prise au vent (lestage), l'inclinaison retenue est 15°.

Le dimensionnement est basée sur les limites suivantes :

- ne pas dépasser 80% de la consommation électrique estimée afin de tenir compte d'une réduction future des consommations due à la diminution des consommation des appareils domestiques et de l'éclairage.
- ne pas dépasser une puissance crête installée par installation de 3 kWc afin de bénéficier de la prime à l'énergie (Qualiwatt) maximum.

Ainsi, il est décidé d'installer un système solaire photovoltaïque indépendant pour chaque appartement d'une puissance moyenne de 1800 Wc soit 32,40 kWc au total.

Caractéristiques techniques	
Type de toiture	toiture plate
Surface disponible sans ombrage [m2]	360
Orientation des panneaux	Sud
Inclinaison des panneaux [°]	15
Facteur de correction solaire	96%
Nombre de panneaux [unité]	108
Puissance crête des panneaux [Wc]	300
Puissance crête totale installée [kWc]	32,4
Surface de toiture plate correspondante [m2]	311
Surface de toiture inclinée correspondante [m2]	181
Nombre d'installations indépendantes	18
Puissance moyenne par installation [kWc]	1,80

5.4.2 Aspects énergétiques et environnementaux

5.4.3. Aspect financier

Electricité

	Montant [€]	Concerne
Investissement (HTVA)	€ 73.872	Installation de panneaux solaires photovoltaïques sur toiture plate avec onduleur
Coût annuel de maintenance (HTVA)	€ 1.800	remplacement de l'onduleur après 15 ans
Subventions	€ 35.802	Régime des primes QualiWatt pendant 5 ans

Le compteur d'énergie est une obligation afin de pouvoir profiter du régime de subsides.

Le principe de compensation n'est disponible que si la puissance de l'installation photovoltaïque est inférieure à 10 kVA (limite des grandes installations).

Si la puissance est supérieure, il convient d'installer un compteur à double sens, permettant éventuellement de revendre le surplus de production à un coût cependant bien inférieur au prix d'achat (+/- 1/3 du prix d'achat). C'est pourquoi il est important d'auto-consommer au maximum l'électricité produite.

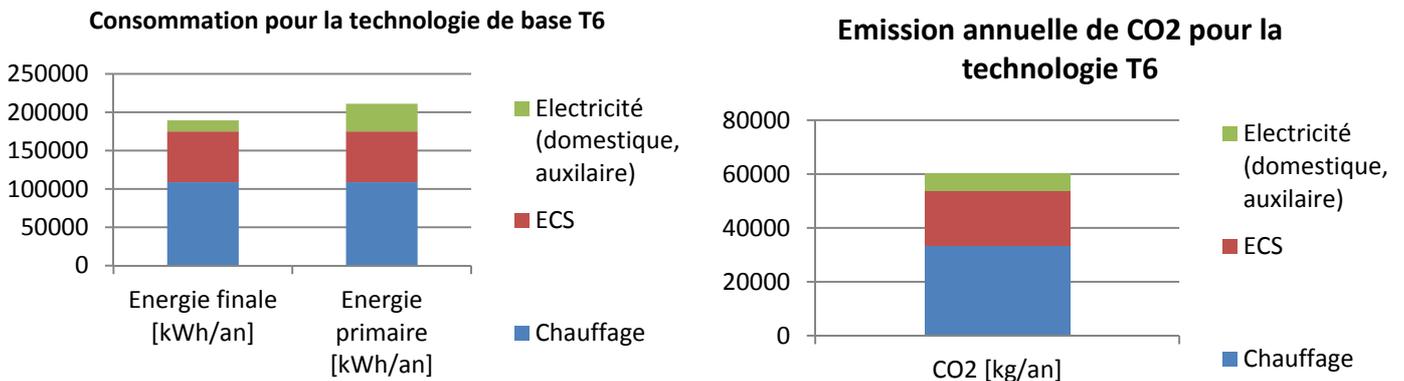
La prime QualiWatt prévoit l'octroi d'une prime aux ménages (et assimilés) faisant le choix d'une installation photovoltaïque (puissance ≤ 10 kWc). Cette prime est versée par le gestionnaire de réseau de distribution (GRD) auquel l'installation est raccordée pendant les cinq premières années et offre, pour une installation de 3 kWc, un temps de retour sur investissement de 8 ans.

5.4.4. Résultats

Les consommations d'énergie primaire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité (domestique et auxiliaires) avec la technologie T2 peuvent être calculées :

Résultats EP et CO2	
EP [kWh/an]	211.139
CO2 [kg/an]	60.147

La consommation en énergie primaire est répartie selon les proportions illustrées sur le graphique ci-dessous.



	Référence T0	Variation T0-T5	Variante T5	Explications
Consommation d'énergie primaire [kWh/an]	282.323	-25,21%	211.139	L'apport solaire gratuit permet de diminuer la consommation d'énergie primaire.
Emissions de CO2 [kg/an]	73.760	-18,46%	60.147	La diminution de la consommation d'énergie primaire entraîne une diminution des émissions de CO2.
Coûts annuels (combustible + maintenance) [€]	17.937	-16,72%	14.937	Le coût pour les consommations d'électricité diminue de façon importante.
Investissement de base [€]	37.000	102,89%	75.070	Le surcoût pour l'installation d'un système solaire photovoltaïque est élevé et ce même en tenant compte des primes.

6. Etude comparative

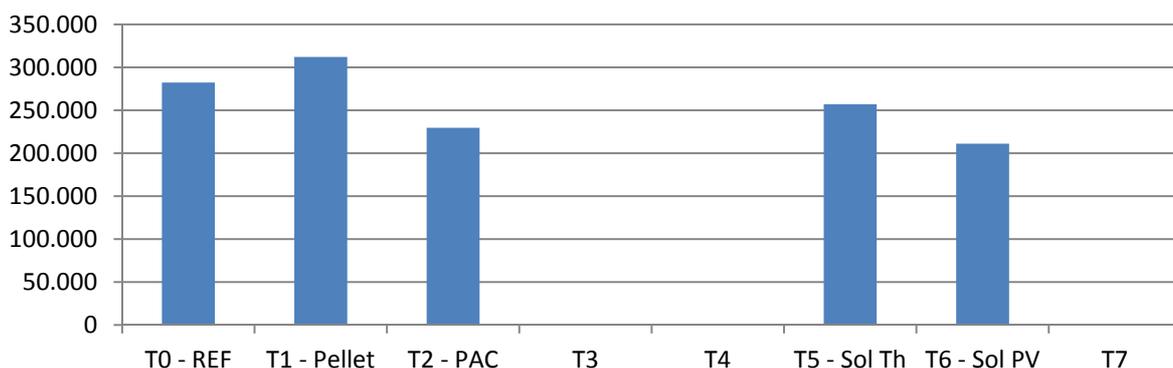
Ce chapitre a pour objectif de comparer de manière succincte les différentes combinaisons proposées ci-dessous :

- T0** : Technique traditionnelle de base : installation collective - chaudière au mazout à condensation pour le
- T1** : Biomasse : installation collective - chaudière aux pellets pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire
- T2** : PAC air/eau : installation individuelle - pompe à chaleur mixte pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire
- T3** : Non étudiée
- T4** : Non étudiée
- T5** : Système solaire thermique : installation collective - technologie T0 avec panneaux solaires thermiques
- T6** : Système solaire thermique : installation collective - technologie T0 avec panneaux solaires photovoltaïques
- T7** : Non étudiée

6.1. Analyse énergétique

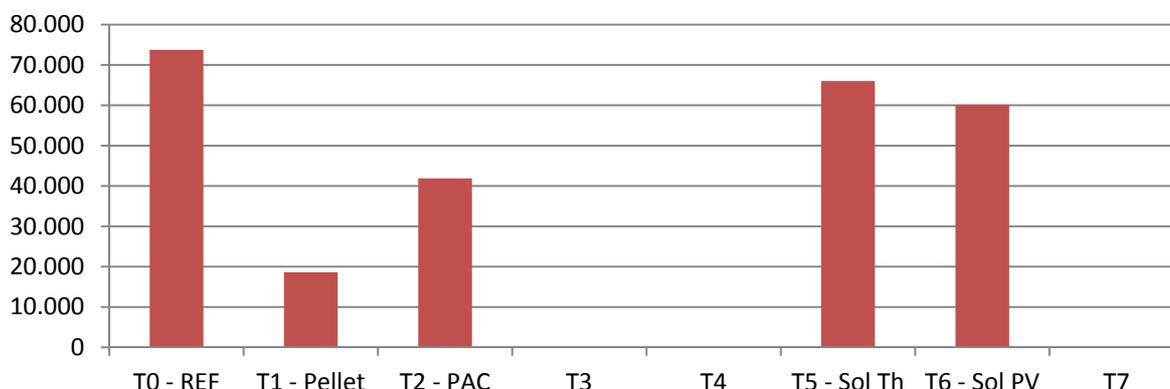
La comparaison est d'abord effectuée sur base non financière afin de chiffrer la « qualité » de la mesure. Pour chaque scénario étudié, les consommations en énergie primaire et émissions de CO2 pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité (domestique et auxiliaires pompes et ventilateurs) ont été comparées à celles de la technologie de référence.

Consommation annuelle en énergie primaire [kWh/an]



Energie primaire [kWh/an]	282.323	312.114	229.666	0	0	257.019	211.139	0
----------------------------------	---------	---------	---------	---	---	---------	---------	---

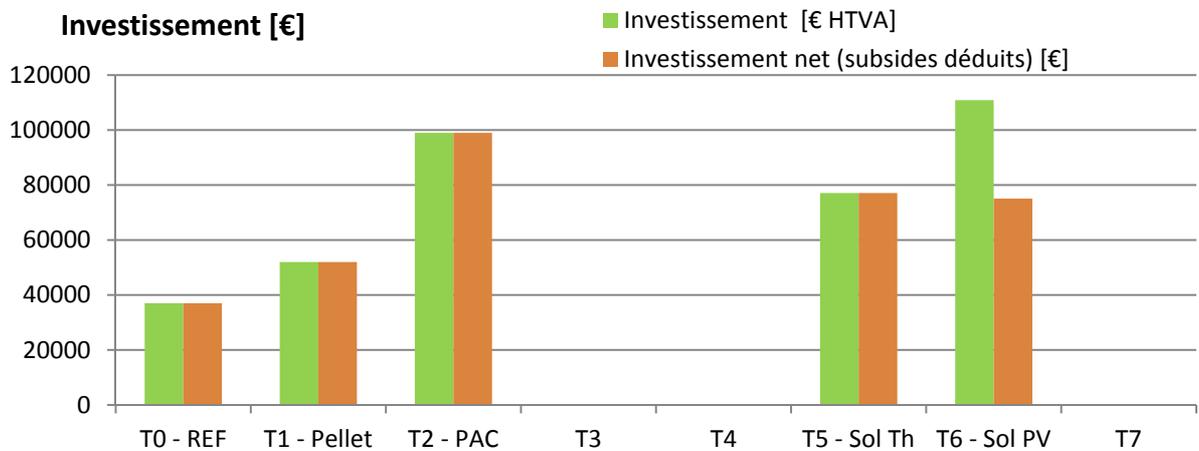
Emission de CO2 [kg/an]



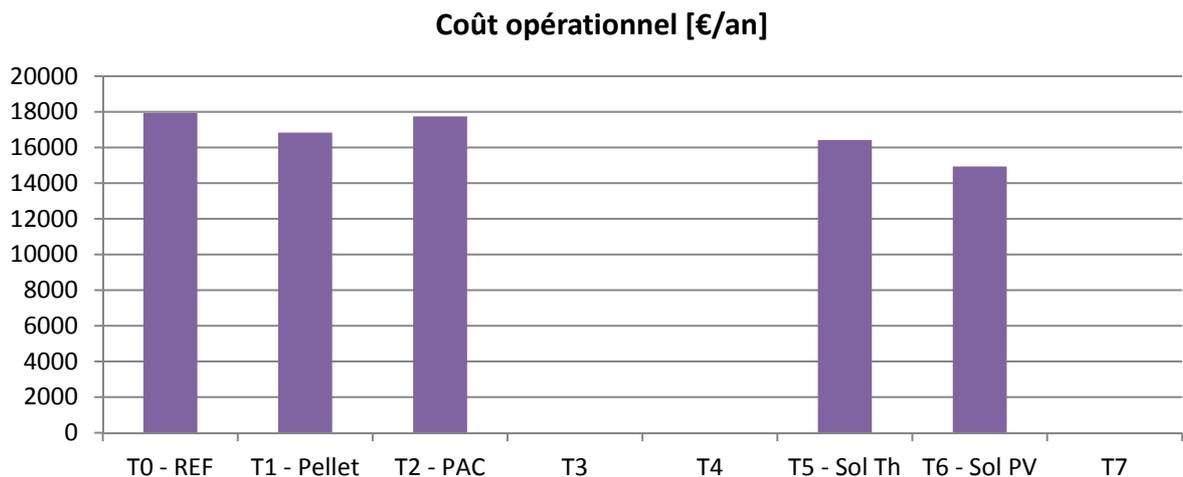
Emission de CO2 [kg/an]	73.760	18.640	41.891	0	0	66.017	60.147	0
--------------------------------	--------	--------	--------	---	---	--------	--------	---

6.2. Analyse financière

Comparons maintenant les investissements nécessaires pour chaque technologie ainsi que les coûts opérationnels annuels (combustible + maintenance) . Attention, les frais de base qui se retrouvent dans toutes les technologies ne sont pas pris en compte dans le calcul de l'investissement.



Investissement [€ HTVA]	37.000	52.000	99.000	0	0	77.109	110.872	0
Investissement net (subsidés déduits) [€]	17.937	16.836	17.744	0	0	16.419	14.937	0



Coût opérationnel [€/an HTVA]	17.937	16.836	17.744	0	0	16.419	14.937	0
-------------------------------	--------	--------	--------	---	---	--------	--------	---

6.2. Bilan financier des variantes par rapport à la technologie de référence T0

	T1 - Pellet	T2 - PAC	T3	T4	T5 - Sol Th	T6 - Sol PV	T7
Surcoût p.r. à la référence T0 [€ HTVA]	15.000	62.000	0	0	40.109	38.070	0
Gains annuels p.r. à la référence T0 [€]	1.101	193	0	0	1.518	3.000	0
Temps de retour simple [ans]	14	322	0	0	26	13	0
VAN [€] sur 20 ans	3.497	-57.630	0	0	-15.143	9.131	0
TRI [€]	7,3%	-13,6%	0,0%	0,0%	0,4%	6,7%	0,0%

Le temps de retour simple est calculé sur base de l'investissement net (subsidés déduits)

7. Lexique

7.1. Technique

Lambda (λ) : coefficient de conductivité thermique en [W/mK]

U : Coefficient de transmission thermique en [W/m²K]

R : Coefficient de résistance thermique en [m²K/W]

K : Niveau d'isolation thermique global du bâtiment

E_w : Niveau de performance énergétique globale du bâtiment comparé à un bâtiment de référence

E_s : Consommation théorique annuelle d'énergie primaire pour le bâtiment

A_{ch} : Surface de plancher chauffé en [m²]

V_p : Volume protégé en [m³] = volume de chauffe et de vie du bâtiment

7.2. Financier

Taux de rentabilité interne (%) : le taux de rentabilité interne (TRI) est un taux d'intérêt fictif qui égalise les valeurs actualisées des flux sortants et des flux entrants d'un investissement donné sur la période d'évaluation considérée. Pour une VAN=0, plus le TRI est élevé (par rapport au taux d'intérêt d'un placement bancaire par exemple), plus le projet est jugé rentable

Temps de retour simple (années) : le temps de retour simple (TRS) s'obtient en divisant le coût de l'investissement net dans l'installation de production d'énergie renouvelable par le coût de l'énergie que cette installation permet d'économiser (et les revenus financiers qu'elle génère, le cas échéant) après 1 année de fonctionnement.

Valeur actualisée nette (€) : la Valeur Actualisée Nette (VAN) est calculée comme la différence entre les gains nets actualisés liés à un investissement (flux financier entrant - flux financier sortant) et l'investissement de départ dans le système de production d'énergie renouvelable, compte tenu de sa durée de vie économique, et d'un taux d'intérêt du capital (le taux d'actualisation). La VAN permet de comparer le retour financier de différents investissements entre eux.

Au plus la VAN est positive et élevée, au plus le projet est intéressant. Si la VAN est négative, l'investissement de départ n'est jamais compensé par les économies d'énergie futures par rapport au système de chauffage de référence.