

ÉTUDE 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

Projet : xxxxxxxxxxxx | N° de dossier PEB : xxx-xxx-xxx | Rendeur : xxxxxx



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

Cas d'étude type – Bâtiments présentant des affectations diverses pour une surface totale de plus de 1000 m²

Adresse - 4000 Liège

Rendeur

écorce sprl

Rue Sohet 9b

B – 4000 Liège

Architecte

écorce sprl

Rue Sohet 9b

B – 4000 Liège

Responsable PEB

écorce sprl

Rue Sohet 9b

B – 4000 Liège

Auteur d'étude de faisabilité

écorce sprl

Rue Sohet 9b

B – 4000 Liège



TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	3
Avant-propos	5
Introduction et méthodologie	7
Synthèse des résultats	8
Rapport détaillé.....	11
1. Tableau synthétique des hypothèses	11
2. Présentation du projet.....	13
3. Besoins énergétiques du bâtiment	15
4. Technologie de référence	18
4.1. Production centralisée ou individualisée pour la production de chaleur.....	18
4.2. Caractéristiques techniques et intégration	20
4.3. Aspects énergétiques et environnementaux	21
4.4. Aspect financier	21
4.5. Résultats	22
5. Technologies alternatives	23
5.1. Analyse de la disponibilité des variantes.....	23
5.2. Faisabilité des solutions retenues – Chauffage et ECS	25
5.2.1. Réseau de chaleur	25
Caractéristiques techniques et intégration	25
Aspects énergétiques	26
Aspects financiers.....	26
Résultats	26
5.2.2. Biomasse	27
Caractéristiques techniques et intégration	27
Aspects énergétiques et environnementaux	27
Aspects financiers.....	28
5.2.3. Cogénération	29
Caractéristiques techniques et intégration	29



Aspect financier	29
6. Etude comparative	30



AVANT-PROPOS

La législation relative à la Performance énergétique des Bâtiments (PEB) en Wallonie a été initiée par la Directive européenne 2002/91/CE adoptée le 16 décembre 2002. Cette directive tourne définitivement la page de l'insouciance énergétique dans la construction en visant la réduction de la consommation à travers l'amélioration de l'efficacité énergétique. Elle trace les grandes lignes des mesures à établir par les états membres concernant notamment la méthodologie de calcul des performances, la certification des bâtiments, et les exigences minimales relatives à la performance énergétique. Elle instaure également la mise en place d'une **étude de faisabilité technique, environnementale et économique** visant à étudier les systèmes de production d'énergie renouvelable pour les nouveaux bâtiments de plus de 1000 m². Le Gouvernement wallon adopte le Décret cadre transposant cette directive le 19 avril 2007, ainsi que l'Arrêté d'application déterminant la méthode de calcul et les exigences, les agréments et les sanctions applicables en matière de performance énergétique et de climat intérieur des bâtiments, le 17 avril 2008.

A la suite de la Directive 2002/91/CE, deux autres Directives européennes concernant la performance énergétiques des bâtiments ont été adoptées. La Directive européenne 2009/28/CE prévoit une obligation pour les états membres d'**intégrer des énergies renouvelables dans les nouveaux bâtiments**. La Directive 2010/31/UE (RECAST) du 19 mai 2010 prévoit quant à elle que toutes les nouvelles constructions réalisées dans les états membres devront bénéficier d'une **étude de faisabilité quelle que soit leur surface** alors que seuls les bâtiments de plus de 1000 m² étaient soumis à cette obligation auparavant. La Directive RECAST a été partiellement transposée en Région Wallonne par l'Arrêté du Gouvernement wallon du 10 mai 2012. Le nouveau Décret wallon relatif à la performance énergétique des bâtiments qui devrait entrer en vigueur en 2015, terminera cette transposition.

L'objectif de l'étude de faisabilité est de **promouvoir les systèmes alternatifs de production d'énergie performants ou faisant appel aux énergies renouvelables**. Elle permet entre autres d'inciter les concepteurs de nouveaux bâtiments à diminuer leur empreinte écologique (consommation en énergie primaire, émissions de CO₂) en faisant appel à ces technologies. Le nouveau Décret wallon permet, via ses Arrêtés, de renforcer les exigences quant au contenu des études de faisabilité. Le Décret prévoit en outre que le responsable PEB puisse réaliser les études de faisabilité pour les bâtiments de moins de 1000 m². Pour faciliter la tâche du responsable PEB, un logiciel sera mis à disposition pour étudier les différentes énergies renouvelables envisageables pour les bâtiments simples, et sélectionner la technologie la plus appropriée. Les études pour les bâtiments de plus de 1000 m² seront toujours réalisées par des auteurs de faisabilité agréés.

Ce document présente une structure type d'étude de faisabilité reprenant les différentes sections pour un ensemble de bâtiments présentant des affectations diverses. L'étude est réalisée pour un projet fictif. L'étude est assortie de commentaires et de guidelines afin d'aider l'auteur d'étude de faisabilité. L'auteur peut utiliser ou non cet exemple et reste responsable du contenu de l'étude qu'il réalise. En aucun cas, la Région wallonne ou le rédacteur du présent document n'assumeront une quelconque responsabilité quant à l'utilisation erronée ou inappropriée de la méthodologie décrite dans ce document. L'étude de faisabilité au sens de la réglementation PEB garde un caractère qualitatif (étude de pertinence). L'approche n'est en effet pas destinée à remplacer les calculs de dimensionnement d'un bureau d'études spécialisé.

Il n'existe pas de méthode « toute faite » permettant de déterminer la solution qui conviendra toujours au maître de l'ouvrage. Le rôle de l'auteur d'études de faisabilité est, d'une part, de sélectionner des systèmes pertinents, et d'autre part de guider objectivement le maître de l'ouvrage vers un choix adapté, en adéquation avec ses propres attentes, besoins ou considérations. L'auteur doit présenter les résultats de son étude de manière objectivée afin de permettre au maître de l'ouvrage de poser un choix. Deux maîtres de l'ouvrage différents impliquent potentiellement deux choix de systèmes différents.



Le document est articulé de la manière suivante :

Les encadrés bruns présentent le contenu attendu pour chacun des différents chapitres



Les encadrés gris présentent des commentaires et informations utiles à l'auteur pour la réalisation de son étude.



INTRODUCTION ET MÉTHODOLOGIE

En guise d'introduction l'auteur présente le contexte réglementaire dans lequel s'inscrit l'étude, l'objectif ainsi que les étapes suivies lors de la réalisation de l'étude, de manière claire et concise.

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 neuf¹, 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 ;
- Cogénération.

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.

La présente étude de faisabilité est **établie pour l'ensemble des bâtiments connectés au réseau collectif de chaleur** en vertu du Décret (DRW/20131128/AG, art.15, §3). Les technologies décentralisées par unité ou semi-centralisées par immeuble ne sont pas présentées dans ce document. Elles ont également été étudiées car doivent être obligatoirement envisagées (panneaux solaires thermiques, photovoltaïques, pompe à chaleur) mais les résultats sont présentés dans les documents se rapportant à chacun des bâtiments.



L'article 15 du décret (DRW/20131128/AG, art.15, §3) stipule que « L'étude de faisabilité technique, environnementale et économique peut être établie: 1° pour un bâtiment individuel; 2° pour un groupe de bâtiments similaires; 3° dans l'hypothèse d'un système de chauffage ou de refroidissement urbain ou collectif, pour l'ensemble des bâtiments connectés ou à connecter au système. »

***Nous ne présenterons pas dans ce document les résultats faisant intervenir des solutions décentralisées de production** (par exemple : le photovoltaïque). **Ces technologies sont toutefois obligatoires et doivent être étudiées.** Le lecteur peut se référer aux trois autres études disponibles pour les bâtiments B, C et le logement individuel pour les exemples. Il est possible de réaliser une étude de faisabilité pour des bâtiments similaires. Selon la configuration du site présentée ci-après, l'auteur peut fournir une étude pour le bâtiment A, une pour le bâtiment B, une pour le bâtiment C et une pour les ensembles D et E. Dans ces deux derniers, l'étude peut être réalisée par habitation similaire et les résultats extrapolés. Les espaces pour profession libérale étant quasi identique, l'étude peut être réalisée sur une unité.*

¹ Et pour les constructions assimilées à du neuf.

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Cette partie consiste en la partie simplifiée de l'étude. Elle présente en une page les principaux résultats et une brève analyse de ceux-ci. Cette partie doit se « suffire à elle-même » et être accessible à tous.

La synthèse se présente sous la forme de graphique ou de tableau présentant, pour chaque solution renouvelable étudiée les trois grands axes d'intérêt : environnemental, énergétique et économique.

Une brève conclusion justifie le choix des technologies étudiées et la raison qui a poussé l'auteur de l'étude à écarter les autres technologies principales.

Le projet étudié est un ensemble d'immeubles neufs localisés en région liégeoise, d'une superficie totale de 5210 m² comprenant :

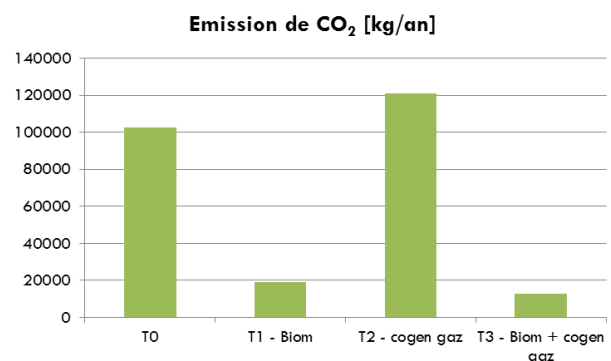
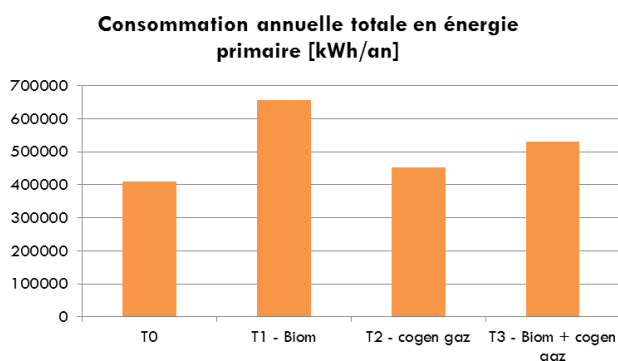
- un immeuble de 3 étages sur rez-de-chaussée neuf, constitué d'un espace commercial et de 14 appartements répartis sur les étages (bâtiment A).
- un immeuble de bureaux (bâtiment B).
- un immeuble de deux étages sur rez-de-chaussée neuf. Celui-ci comprend une crèche et 8 logements destinés à la location répartis sur les étages (bâtiment C).
- deux ensembles de 7 logements avec un espace pour profession libérale (bâtiment D et E).

Cette étude se concentre sur la mise en place d'une solution mutualisée de production d'énergie et la pertinence d'un micro-réseau de chaleur. Les productions décentralisées d'énergie (solaire thermique et solaire photovoltaïque) sont étudiées dans les études de faisabilité réalisées par bâtiment. Les besoins de chauffage et d'ECS sont majoritaires car les unités sont principalement des logements. La production centralisée de froid n'est donc pas étudiée.

Les technologies suivantes ont été retenues pour analyse :

- **T0 - Technologie traditionnelle de base** : chaudières au gaz à condensation centralisée par bâtiment et par unité de logement pour les habitations individuelles
- **T1 - Biomasse** : Chaudière à plaquettes centralisée
- **T2 - Cogénération** : Chaudière et cogénération au gaz naturel
- **T3 - Combinaison de T1 et T2** : Chaudière à plaquettes, chaudière et cogénération au gaz naturel

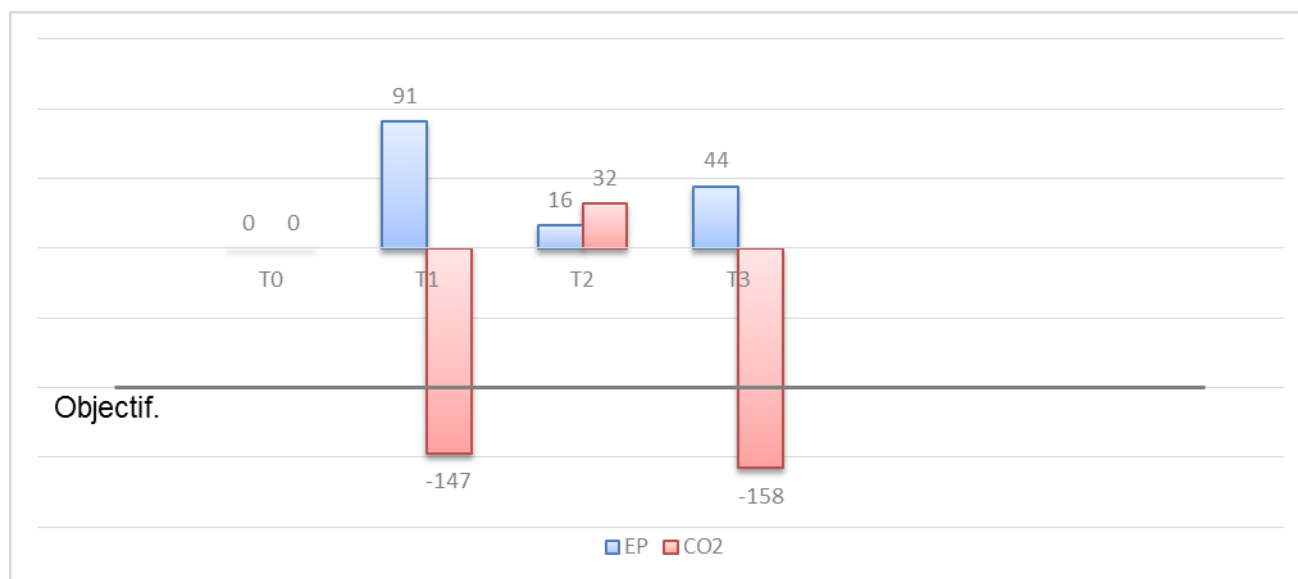
Pour chaque scénario étudié, les consommations en énergie primaire et émissions de CO₂ pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire ont été comparées à celles de la technologie de référence.



La comparaison est effectuée sur base non financière afin de chiffrer la « qualité » de la mesure. Pour ce faire, deux indicateurs sont considérés : la consommation en énergie primaire et les émissions de CO₂. Une échelle de valeurs a été définie pour ces critères :

- La référence inférieure (ou neutre) est la valeur correspondant à la technologie de référence T0 définissant la performance minimale à atteindre, soit la consommation d'énergie primaire et les émissions de CO₂ dans le cas où l'on n'installe pas de système renouvelable.
- La référence supérieure correspond pour les deux critères à des valeurs définies pour des bâtiments à haute performance énergétique, soit une consommation en énergie primaire de 45 kWh/m²an pour le chauffage et l'ECS et des émissions de CO₂ de 10 kgCO₂/m²an. La référence supérieure représente un « objectif », une valeur qu'il serait « idéal » d'atteindre.

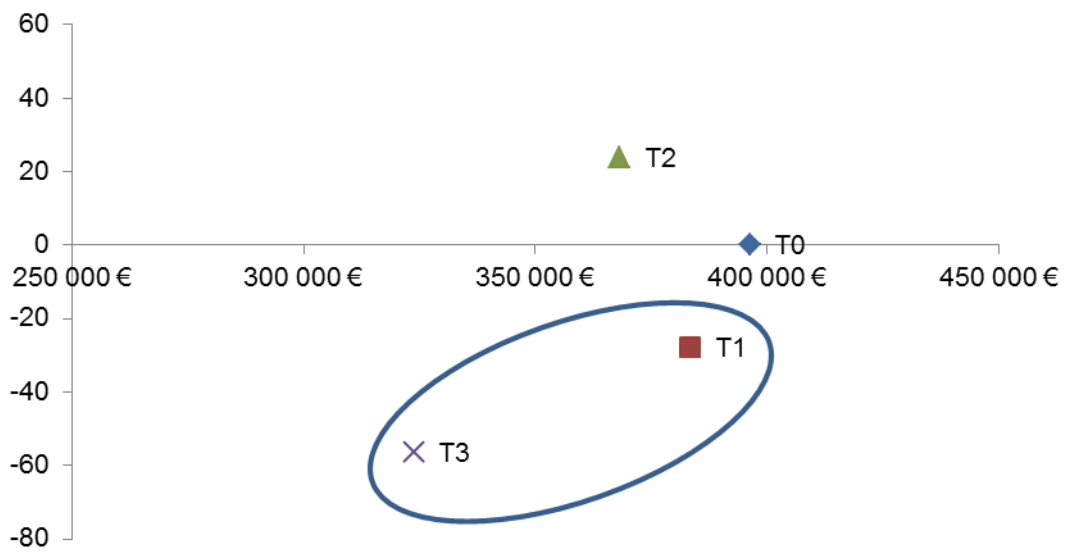
Les **réductions** en énergie primaire et en émissions de CO₂ amenées par les technologies alternatives ont ainsi été chiffrées sur cette échelle de valeurs et sont présentées sur le graphique ci-dessous.



Si l'on considère que la référence inférieure est le minimum « acceptable » pour toutes les technologies, aucun des cas considérés ne permet d'atteindre le critère EP pour le chauffage et l'ECS. Cela est dû à la différence de rendement d'installation entre les installations centralisée et décentralisée. L'installation de cogénération n'ayant pas une puissance importante, elle ne permet pas de compenser. Il serait nécessaire d'installer une cogénération plus puissante et s'assurer que la production d'électricité serait effectivement consommée sur site. Au niveau du critère CO₂, la technologie utilisant la biomasse permet de dépasser l'objectif de 50 %.

En considérant qu'une diminution de la consommation en énergie primaire a la même importance que la diminution d'émissions de CO₂, on peut évaluer « la qualité » de chacun des scénarios envisagés en réalisant une somme pondérée des valeurs des indicateurs ci-dessus (50% EP et 50% CO₂). Dans ce cas, les technologies intégrant la biomasse ont une meilleure qualité si l'on fait abstraction du fait que la consommation en énergie primaire est supérieure.

Le graphique suivant montre la qualité de réduction d'EP et de CO₂ en fonction du coût cumulé de chacune des technologies sur 10 ans.



On constate alors l'avantage que présentent les conceptions **T1** et **T3** dont la qualité est supérieure en termes de réduction de CO₂ principalement et dont le coût total cumulé sur 10 ans est inférieur à celui de la technologie de base. Le scénario biomasse et cogénération au gaz naturel est le plus rentable. Cependant l'investissement initial est également le plus important (cf. § 6 ci-dessous).

RAPPORT DÉTAILLÉ

Cette partie présente en détail la méthodologie, les hypothèses et les calculs qui ont amené aux résultats de l'étude.

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.



Les données présentes sur la base de donnée de la Région Wallonne sont mises à jour régulièrement. Cependant, il peut s'avérer que certaines de ces données soient inappropriées ou peu réalistes dans le contexte de l'étude. C'est le cas par exemple d'un maître d'ouvrage professionnel ayant négocié un tarif préférentiel pour son énergie. La valeur par défaut s'avère dans ce cas inappropriée et doit être adaptée.

Données économiques			
		Unité	Valeur
Prix des combustibles	Gaz (redevance incluse)	€ HTVA/kWh PCS	0.055
	Electricité (achat - redevance incluse)	€ HTVA/kWh	0.17
	Electricité (vente sans compensation)	€ HTVA/kWh	0.04
	Plaquettes (livraison incluse max 30 km)	€ HTVA/kWh PCI	0.03
	Augmentation du prix de l'énergie	%/an	3
Paramètres financiers	Taux d'actualisation	%/an	6.5
Subsides ²	Listés au cas par cas en fonction des technologies envisagées		

² 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 et de les mettre à jour si nécessaire.



Les données relatives aux différentes subventions proposées par les communes, régions et par le fédéral dépendent du bénéficiaire (société de promotion, propriétaire d'un logement, société propriétaire d'un commerce ou de bureaux, etc.) et sont soumises à des conditions d'octroi spécifiques qu'il convient de respecter. Etant donné la diversité de cas de figures qui se présentent, il est difficile d'analyser l'impact global des subventions et d'évaluer en détail toutes les possibilités offertes. Nous nous baserons dès lors sur la solution qui nous semble la plus probable.

Données énergétiques			
		Unité	Valeur
Facteur de conversion EP ³	Gaz	kWh _{EP} /kWh _{Efin} (PCS)	1
	Mazout	kWh _{EP} /kWh _{Efin} (PCS)	1
	Plaquettes	kWh _{EP} /kWh _{Efin} (PCS)	1
	Electricité	kWh _{EP} /kWh _{Efin}	2.5
Rendements des systèmes	Listés au cas par cas en fonction des technologies envisagées		
Données environnementales			
		Unité	Valeur
Facteur de conversion CO ₂ ²	Gaz	kgCO ₂ /kWh	0.251
	Mazout	kgCO ₂ /kWh	0.306
	Plaquettes	kgCO ₂ /kWh	0
	Electricité	kgCO ₂ /kWh	0.456



En plus des prix des combustibles envisagés, une évolution raisonnable de ceux-ci dans le temps peut être considérée pour chacun des vecteurs [%/an], en se basant sur l'évolution historique des prix du combustible en question.

Selon la méthode de calcul de rentabilité choisie par l'auteur pour le calcul des indicateurs financiers (rentabilité, temps de retour, ...), les hypothèses utilisées dans la méthode devront être détaillées : durée du prêt, taux d'intérêt, taux d'actualisation, durée d'amortissement, taux d'imposition, ...

Les facteurs de conversion utilisés sont les facteurs réglementaires fixés dans la PEB.

Les facteurs de conversion permettant de déterminer les économies de CO₂ liées aux solutions étudiées sont basées sur les valeurs réglementaires fixées par la Région.

³ Les facteurs de conversion utilisés sont les facteurs proposés par la Région wallonne au moment de l'étude.



En première approximation, les rendements d'émission, de régulation, et de distribution et stockage, sont identiques pour les différentes variantes considérées. Cependant, lorsque la technologie induit une modification du rendement du système (par exemple l'installation d'un stockage de chaleur, ou encore la centralisation de la production sur un site entraînant des longueurs de distribution importantes), le rendement global doit être impacté. Celui-ci est donc renseigné par technologie.

2. Présentation du projet

L'auteur de l'étude décrit le bâtiment étudié afin de mieux situer l'objet de l'étude.

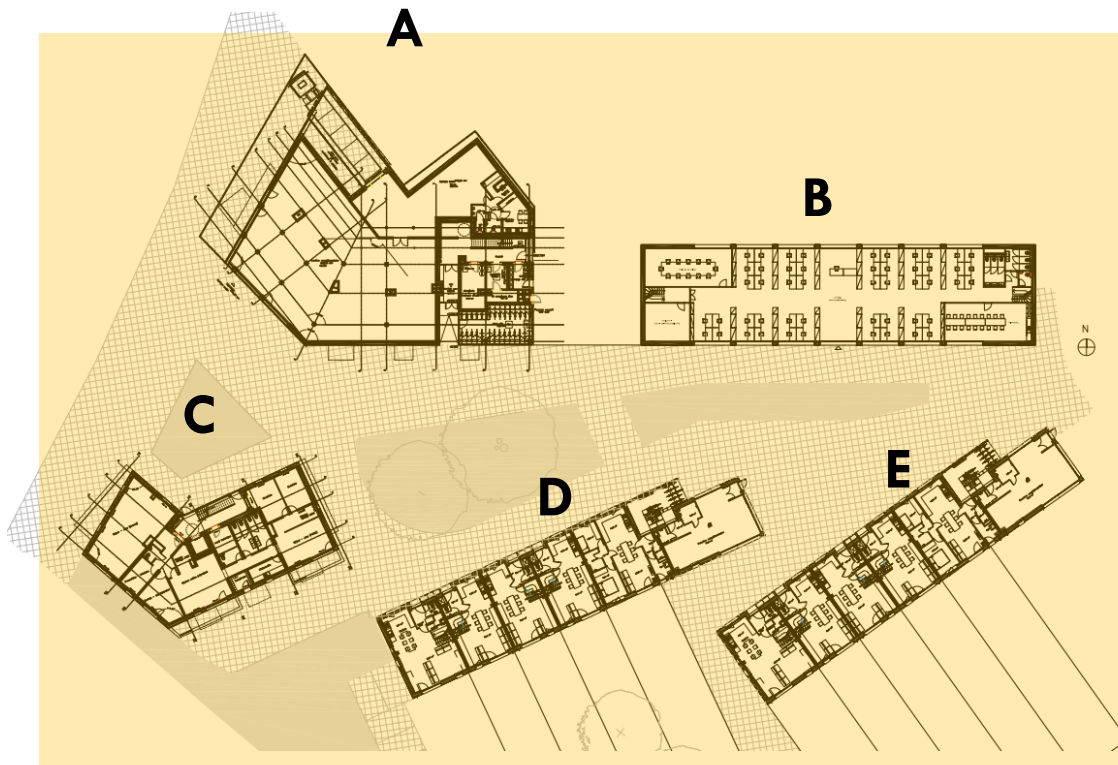
Il renseigne toute information jugée pertinente, telle que le nombre d'unités PEB ainsi que leur destination, le type de construction, son orientation, sa surface nette par affectation ou usage, ou toute autre valeur caractéristique (nombre de lits, d'occupants, d'élèves, horaires d'ouverture,...). Les plans utilisés pour réaliser l'étude doivent être référencés.

L'auteur décrit également les éléments techniques influençant les systèmes qui seront étudiés, tels que la présence de raccordements au gaz, la possibilité de valoriser des déchets (bois déchiqueté, biogaz,...), terrain disponible, etc.

Le projet étudié est un ensemble d'immeubles neufs localisés en région liégeoise, comprenant:

- A.** un immeuble de 3 étages sur rez-de-chaussée neuf constitué d'un espace commercial et de 14 appartements répartis sur les étages. La surface utile totale est de 1480 m² et le volume brut de 5926 m³.
- B.** un immeuble de bureaux neuf destiné au siège social d'une entreprise, dont la surface utile totale est de 1012 m² et le volume brut de 3390 m³.
- C.** un immeuble de deux étages sur rez-de-chaussée neuf. Celui-ci comprend une crèche et 8 logements destinés à la location répartis sur les étages. La surface utile totale est de 822 m² et le volume brut est de 3171 m³.
- D.** un immeuble d'un étage sur rez-de-chaussée neuf, composé de 7 logements et d'un espace pour profession libérale, dont la surface utile totale est de 948 m² et le volume brut est de 3850 m³.
- E.** un immeuble d'un étage sur rez-de-chaussée neuf, composé de 7 logements et d'un espace pour profession libérale, dont la surface utile totale est de 948 m² et le volume brut est de 3850 m³.

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



Les hypothèses d'occupation des espaces tertiaires des bâtiments sont les suivantes :

- A.** Le commerce du rez-de-chaussée occupe 12 personnes du lundi au samedi, de 9h00 à 18h00
- B.** 80 personnes travaillent sur le site et le personnel est présent de 7h30 à 17h30 du lundi au vendredi
- C.** La crèche est ouverte de 7h30 à 17h30 du lundi au vendredi et accueille jusqu'à 15 enfants
- D.** L'espace libéral est occupé de 9h00 à 18h00 du lundi au vendredi et est occupé par 3 personnes
- E.** L'espace libéral est occupé de 9h00 à 18h00 du lundi au vendredi et est occupé par 3 personnes

Chaque bâtiment possède un local technique de taille variable. En outre, le maître d'ouvrage est ouvert à ce que le système de production de chauffage soit centralisé dans un espace enterré, situé en milieu d'îlot central.

A noter que le site est desservi par le réseau de distribution de gaz.

3. Besoins énergétiques du bâtiment

Les besoins nets et les méthodes de calcul utilisées doivent être rigoureux et renseignés de manière transparente. Ces besoins nets serviront de base commune aux calculs présentés en aval.

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.

L'auteur présente dans tous les cas ses sources et hypothèses de départ de façon claire.

Les besoins sont déterminés par unité PEB. Dans le cas où de nombreuses unités similaires sont présentes, ceux-ci peuvent être déterminés pour une unité PEB représentative d'un même type en kWh/m²an, et les besoins totaux peuvent être extrapolés. Lorsque le bâtiment présente plusieurs affectations, les besoins sont calculés spécifiquement par affectation.

L'étude de faisabilité étant réalisée au moment de la déclaration initiale, les besoins en énergie sont préférentiellement extraits du logiciel PEB, pour les affectations où ceux-ci sont disponibles. Dans le cas d'une affectation pour laquelle les besoins ne sont pas fournis par le logiciel PEB, l'auteur référence la méthode utilisée. Un profil d'utilisation est renseigné pour chaque besoin. Si l'auteur ne peut renseigner un profil précis, un profil qualitatif peut suffire (horaires d'occupation, composants principaux,...).

Même si les besoins en énergie sont fournis par le logiciel PEB, ceux-ci ne sont pas toujours représentatifs de la réalité. L'auteur de l'étude peut tenter de s'approcher au mieux des besoins réels. Prenons le cas d'un bâtiment permettant l'installation d'une grande surface de panneaux photovoltaïques. La rentabilité du projet sera fonction de l'auto-consommation d'électricité de celui-ci.

En résidentiel, l'auteur de l'étude peut considérer le besoin en électricité réel tenant compte de l'électricité domestique. L'auteur peut également envisager un autre profil d'utilisation de l'eau chaude sanitaire et calculer le besoin de chaleur correspondant, si les équipements sont plus ou moins économes en eau.

En non résidentiel, les luminaires ne sont pas toujours encodés au stade de la déclaration initiale. La consommation en électricité peut donc être très inférieure à la valeur calculée par le logiciel PEB. Par ailleurs, le logiciel PEB ne considère pas les consommations des équipements (bureautique, machinerie, ...).

Dans certains cas, les études d'avant-projet prévoient des simulations thermiques dynamiques. Les besoins en chaleur et en froid peuvent être plus précis. L'auteur pourrait utiliser ces valeurs et justifier son choix.

Le projet vise à satisfaire les exigences réglementaires en matière de performance énergétique. Les espaces sont ventilés via des centrales de traitement d'air ou des groupes de ventilation double-flux avec récupération de chaleur (rendement EN308 de 75 %). Le débit de fuite à 50 Pa par unité de surface est de 3 m³/h/m² et les valeurs par défaut du logiciel PEB pour l'inertie sont conservées.

Le besoin de chauffage a été calculé dans le logiciel PEB V5.0.5 pour les unités « logement » et « bureaux ». Pour les unités « crèche » et « commerce », le calcul a été réalisé dans le logiciel PHPP. Le **besoin de chauffage** total pour tous les bâtiments ainsi calculés s'élève à **187.000 kWh/an**. Le détail par unité est fourni ci-dessous dans le tableau de synthèse.

Le besoin en eau chaude sanitaire dépend de l'affectation des locaux. Un débit de 60 litres par personne à 45 °C pour les logements, et de 30 l/enfant/jour à 60 °C pour la crèche est pris en compte. Pour les bureaux et le commerce, on peut estimer le besoin en eau chaude à 60°C à environ 2 l/pers/jour, selon le site d'énergie-plus⁴. Les **besoins nets annuels en eau chaude sanitaire** totaux s'élèvent dès lors à **92.000 kWh/an**.

⁴ <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11314>

Le **besoin de refroidissement** n'est pas considéré dans cette partie d'étude. La production de froid est analysée par bâtiment de manière décentralisée.

De même, les solutions faisant intervenir des installations de production décentralisée d'électricité ne sont pas considérées. L'utilisation de l'électricité produite par une éventuelle cogénération sera analysée dans le chapitre correspondant.

Les **besoins nets** en chaleurs pour le site sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Bâtiment	Unité	Besoin de chauffage	Besoin en ECS
		kWh/an	kWh/an
A	commerce	30.780	0
	appart 1	2.031	2.667
	appart 2	2.127	2.667
	appart 3	1.816	2.667
	appart 4	1.410	1.778
	appart 5	1.410	1.778
	appart 6	2.079	2.667
	appart 7	1.984	2.667
	appart 8	884	1.778
	appart 9	1.338	1.778
	appart 10	2.270	2.667
	appart 11	1.721	1.778
	appart 12	4.498	3.557
	appart 13	3.898	2.667
appart 14	4.498	2.667	
B	bureaux	49.460	3.400
C	crèche	13.030	9.552
	appart 1	2.122	2.674
	appart 2	1.610	1.783
	appart 3	1.508	2.674
	appart 4	2.589	2.674
	appart 5	3.481	2.674
	appart 6	2.496	1.783
	appart 7	2.998	2.674

	appart 8	3.339	2.674
	communs	0	0
D	espace libéral	3.872	0
	logement 1	6.200	4.460
	logement 2	4.181	3.557
	logement 3	4.181	3.557
	logement 4	4.181	3.557
	logement 5	2.489	2.667
	logement 6	2.489	2.667
	logement 7	3.315	1.778
	communs		
E	espace libéral	3.872	0
	logement 1	6.200	4.460
	logement 2	4.181	3.557
	logement 3	4.181	3.557
	logement 4	4.181	3.557
	logement 5	2.489	2.667
	logement 6	2.489	2.667
	logement 7	3.315	1.778

Total	Bâtiment A	62.744	34.295
	Bâtiment B	49.460	3.400
	Bâtiment C	13.030	9.552
	Bâtiment D	30.909	22.370
	Bâtiment E	30.909	22.370
	TOTAL	187.052	91.987

4. Technologie de référence

Afin d'évaluer l'intérêt de solutions renouvelables, l'auteur les compare à une technologie pressentie, typiquement une chaudière gaz ou mazout pour le chauffage et l'ECS, sans production d'électricité via du photovoltaïque ou une cogénération. Dans le cas où une production de froid mécanique est prévue, une machine frigorifique est considérée.

4.1. Production centralisée ou individualisée pour la production de chaleur

Les avantages et inconvénients de ces modes de production sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Avantages	Inconvénients
<i>Production centralisée pour un site</i>	
Coût d'achat, d'installation et d'entretien réduit ; Facilité d'entretien ; Encombrement réduit ; Gestion aisée du stockage du combustible (s'il y en a un) ; Accès à de nombreux combustibles et à la cogénération ; Fiabilité élevée ; Puissance inférieure à la somme des puissances installées en production décentralisée (foisonnement) ; Possibilité de traiter les fumées.	Répartition des consommations plus complexe ; Pertes par distribution importantes ; Nécessité de prévoir un backup en cas de panne du système de production principal.
<i>Production centralisée par immeuble</i>	
Mêmes avantages que pour le système centralisé sur site, mais dans une moindre mesure ; Pertes par distribution réduites par rapport au centralisé sur site ; En cas de panne, un seul immeuble à la fois est affecté.	Mêmes inconvénients que pour le système centralisé sur site, mais dans une moindre mesure.

<i>Production décentralisée</i>	
Pertes de distribution réduites	<p>Nécessité d'acheminer le combustible ainsi que d'évacuer les gaz brûlés pour chaque appartement ou groupe d'appartements</p> <p>Nécessité d'acheter, d'installer et d'entretenir un système de production par appartement ou par bâtiment</p> <p>Limitation du choix de combustibles envisageables</p> <p>Cycles de fonctionnement courts : diminution du rendement de production et de la durabilité de la chaudière</p> <p>Puissance installée surdimensionnée</p> <p>Fiabilité réduite</p>

Le maître d'ouvrage désire centraliser au maximum les techniques et réaliser un micro réseau de distribution de chaleur urbain. Cependant, afin d'établir un point de comparaison pour les différentes technologies alternatives, nous définissons un cas de base correspondant à une installation classique et peu coûteuse, sans effort particulier. Pour ce projet, le raccordement au gaz est disponible sur le site. La technologie choisie, comme point de comparaison, est une chaudière au gaz à condensation par bâtiment (ou logement dans le cas des habitations individuelles), couplée à des radiateurs par bâtiment.



La technologie choisie comme référence doit être réaliste. Par exemple, il ne serait pas réaliste de proposer une chaudière au gaz à condensation s'il n'y a pas de réseau de gaz naturel alimentant le site.

En ce qui concerne l'eau chaude sanitaire, celle-ci est produite par bâtiment par semi-accumulation dans des ballons excepté pour les espaces bureaux où un ballon électrique est prévu près des points de puisage. Ces besoins d'ECS sont négligés.



L'auteur peut directement exclure un mode de production s'il a le sentiment que celui-ci n'est pas réaliste. Dans le cas présenté en exemple, l'auteur pose le choix de séparer la production d'eau chaude sanitaire pour les espaces tertiaires et justifie ce choix.

4.2. Caractéristiques techniques et intégration

Pour chaque technologie envisagée, un pré-dimensionnement est réalisé et l'intégration technique est étudiée.

Les espaces sont suffisants en sous-sol ou dans les locaux techniques pour l'installation des chaudières dans chacun des bâtiments. Les puissances ont été déterminées via le logiciel PEB v5.0.5 lorsque cela était possible⁵. Cette puissance est majorée pour la production d'ECS dans les logements collectifs pour tenir compte d'une éventuelle simultanéité. Pour les affectations du type « crèche » et « commerce », la puissance de chauffage est reprise du calcul PHPP. Les différentes unités des bâtiments A et C sont équipées de sous-stations individuelles (permettant la production d'ECS de manière instantanée et supprimant la boucle sanitaire irriguée de manière permanente).

Puissance de chauffage et ECS	
Bâtiment A	90 kW
Bâtiment B	50 kW
Bâtiment C	50 kW
Bâtiment D	8*5 kW
Bâtiment E	8*5 kW
Total	270 kW

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

4.3. Aspects énergétiques et environnementaux

Des valeurs de rendements saisonniers de production par défaut figurent dans la base de données mise à disposition par la Région. L'auteur peut également utiliser les valeurs de la PEB ou d'une autre méthode (PACE par exemple). Cependant, il convient de ne pas utiliser des rendements trop sécuritaires au risque d'exclure une technologie.

Une chaudière correctement réglée permet d'atteindre des rendements élevés et d'ainsi limiter la consommation finale. L'émission de chaleur est réalisée via des radiateurs.

Les différents rendements utilisés dans les processus de conversion énergétique sont soit des valeurs par défaut, soit des valeurs provenant du logiciel PEB, selon les cas. Pour les logements collectifs, le calcul des déperditions de la boucle sanitaire a été évalué par la méthode développée dans le logiciel PHPP. Le rendement obtenu est de 70 % en moyenne.

Chauffage et ECS		
Production (saisonnier)		
Chaudière gaz à condensation	Rendement annuel PCS	88%
Distribution et stockage		
Chauffage (sans ballon tampon)	Rendement	95%
ECS (sans boucle sanitaire, avec semi-accumulation – logements individuels)	Rendement	90%
ECS (avec boucle sanitaire et semi-accumulation)	Rendement	70%
Emission et régulation		
Chauffage (radiateur)	Rendement	89%

4.4. Aspect financier

Les coûts relatifs à l'investissement sont estimés pour chaque solution et accompagnés d'une description de ce qu'ils comprennent. Il n'est pas nécessaire de considérer l'investissement relatif aux appareils communs avec la technologie de référence (par exemple, des radiateurs). L'auteur est cependant libre de mentionner dans son étude le coût total relatif à chaque technologie.

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. Pour la solution de base, le coût de l'investissement considéré correspond typiquement au coût de la machine. Les sous-stations d'appartements pour les bâtiments A et C sont présentes dans toutes les configurations et ne sont pas comptées dans le prix total.

Chauffage et eau chaude sanitaire		
	Montant	Concerne
Investissement (HTVA)	115.800 €	Chaudières au gaz naturel à condensation avec cheminée et ballons sanitaires (semi-accumulation). Une chaudière par bâtiment pour A (12.000€), B (8.500€) et C (7.300€). Une chaudière par unité pour D et E avec ballon sanitaire (16 * 4.500 €)
Coût annuel de maintenance (HTVA)	2.320 €	2% du coût d'investissement
Subventions : Chaudière gaz à condensation ou générateur d'air chaud (bâtiment B)	450 €	Portail Région Wallonne



L'étude COZEB⁶ fournit des chiffres pour les frais de maintenance et d'exploitation pour de nombreux systèmes en % du coût d'investissement.

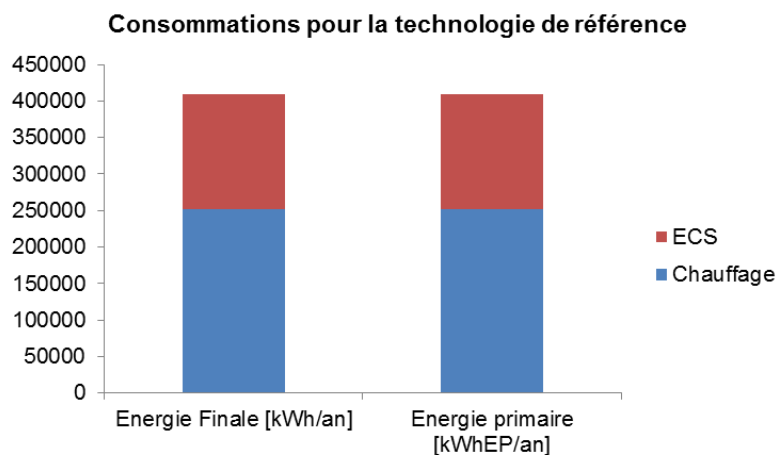
4.5. Résultats

Les **consommations d'énergie primaire pour le chauffage et l'ECS** nécessaires peuvent alors être identifiées ainsi que les **émissions totales de CO₂** associées.

Résultats EP et CO ₂	
EP [kWh/an]	251.400
CO ₂ [kg/an]	157.400

La consommation en énergie primaire est répartie selon les proportions illustrées sur le graphique ci-dessous. Les émissions annuelles totales de CO₂ sont réparties de la même manière.

⁶ Etude CO-ZEB, « Coût optimum », 2013, Résultat de l'étude portant sur la détermination du niveau de performance énergétique optimal en fonction des coûts conformément à la Directive 2010/31/EU. <http://energie.wallonie.be/fr/etude-co-zeb-cout-optimum.html?IDC=8012>



5. Technologies alternatives

5.1. Analyse de la disponibilité des variantes

Si une des technologies obligatoires est directement rejetée, elle doit l'être sur base d'arguments techniques clairs et précis (besoins énergétiques ou profils clairement inadaptés, ou impossibilité technique majeure de mise en œuvre). Les *a priori* peu fondés ne sont pas acceptés. Une attention particulière est apportée à l'adéquation des techniques avec le profil des demandes.

Il est au minimum nécessaire d'étudier la pertinence des solutions suivantes :

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

L'auteur peut évidemment envisager d'installer des technologies qui ne figurent pas dans la liste minimum obligatoire imposée par la réglementation PEB.

Les technologies décentralisées par unité ou semi-centralisées par immeuble ne sont pas présentées dans ce document. Leur analyse étant obligatoire, elles ont également été étudiées (panneaux solaires thermiques, photovoltaïques, pompe à chaleur), mais les résultats sont présentés directement dans les documents se rapportant à chacun des bâtiments.

Les variantes centralisées suivantes sont analysées.

	Variantes	Technologie centralisée ?	Justification technique
Chauffage et ECS	Biomasse	Oui	Possibilité de stockage du combustible, possibilité d'intégrer la chaufferie en milieu d'ilot, filière locale d'approvisionnement en combustible.
	Pompe à chaleur	Non	Il serait possible d'envisager une boucle d'eau (basse température). Les PAC installées dans chaque bâtiment puisent alors leurs calories/frigories dans cette boucle. Pour ce projet, les unités étant principalement des logements, le besoin de refroidissement est faible. Une analyse dynamique fine des flux énergétiques (chaud et froid) de l'ensemble des bâtiments est nécessaire afin de garantir une performance élevée du système. En particulier, l'étude de la simultanéité des besoins en ECS et en froid (bureaux et commerces) permettrait le transfert de chaleur d'un endroit à un autre sans fonctionnement de la PAC. Cette technologie n'est pas étudiée pour le réseau de chaleur à ce stade.
	Réseau de chaleur	Oui	Le réseau de chaleur est étudié en complément des autres technologies
	Cogénération	Oui	Technologie envisageable pour répondre aux besoins de chauffage et d'ECS

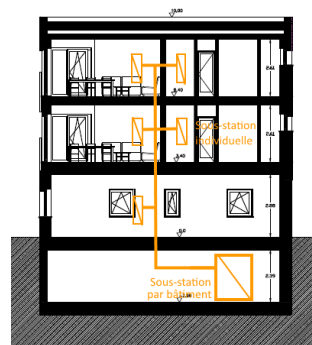
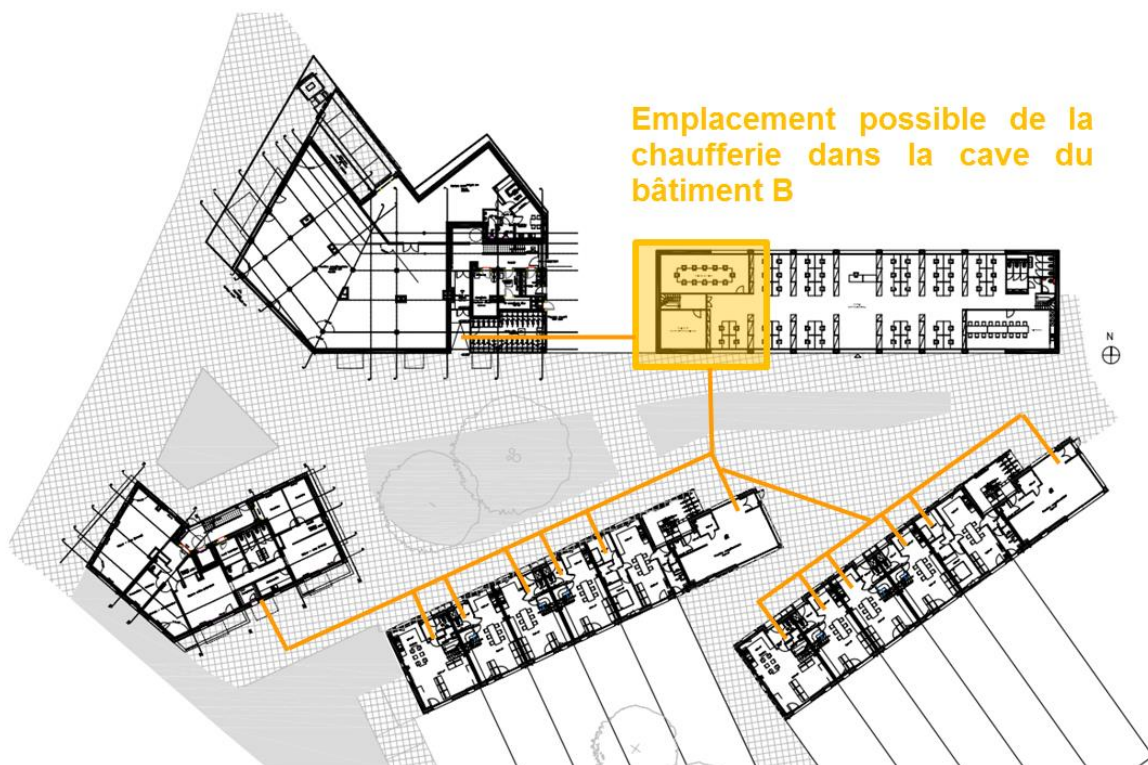
5.2. Faisabilité des solutions retenues – Chauffage et ECS

5.2.1. Réseau de chaleur

Caractéristiques techniques et intégration

Analyse de l'intégration cohérente des technologies dans le projet sur le plan technique. Si une incompatibilité majeure est décelée à ce stade et n'a pas été décelée dans l'analyse de pertinence, l'étude de faisabilité de la technologie ne doit pas être poursuivie mais l'exclusion doit être argumentée.

Un local de chaufferie centralisé doit être prévu le plus central possible. Nous proposons de prévoir la chaufferie dans le sous-sol du bâtiment B (immeuble de bureaux). Le réseau de chaleur est constitué d'une boucle enterrée de 300 m en tuyaux PE-Xa. Les différentes unités sont alimentées en chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire via des sous-stations avec échangeurs à plaques.



Aspects énergétiques

Le rendement de déperdition annuel du réseau est calculé pour une boucle isolée avec 50 mm d'isolant $\lambda=0.035$ W/mK. Considérant une déperdition linéique de 0,16 W/mK, la perte est d'environ 10 % au niveau des tuyauteries enterrées.

Le rendement de distribution total fait également intervenir les pertes au niveau de la distribution dans les bâtiments (boucle et stockage) vers les unités. **Le rendement annuel global de distribution est de 63 %.**

Aspects financiers

Centralisation de la production		
	Montant	Concerne
Boucle de distribution (HTVA)	35.000 €	Conduits enterrés
Sous-stations (HTVA)	35.500 €	Chaque unité est équipée d'une sous-station individuelle. Le prix ne comprend pas les sous-stations des appartements des immeubles A et C car présentes dans toutes les variantes. Cependant, les immeubles A et C sont équipés de sous-stations intermédiaires par bâtiment.

Résultats

Ces données sont considérées dans les différentes variantes de réseau présentées ci-après.

5.2.2. Biomasse

Caractéristiques techniques et intégration

Analyse de l'intégration cohérente des technologies dans le projet sur le plan technique. Si une incompatibilité majeure est décelée à ce stade et n'a pas été décelée dans l'analyse de pertinence, l'étude de faisabilité de la technologie ne doit pas être poursuivie mais l'exclusion doit être argumentée.

La puissance totale nécessaire est de 270 kW. Cependant, la puissance de la chaudière au bois n'est pas dimensionnée sur le maximum de la puissance, mais bien à 50 % de celle-ci afin de couvrir 85 % des besoins de chaleur totaux sur l'ensemble de la saison de chauffe. Une chaudière de **130 kW** est prévue.

Une chaudière au gaz naturel est installée pour réaliser l'appoint. Par sécurité, celle-ci est surdimensionnée afin de couvrir les besoins en cas de panne ou de maintenance. Une chaudière modulante de **150 kW** est prévue.

Les chaudières sont couplées à un tampon de **3.000 litres**.

Quels qu'ils soient, le stockage et l'acheminement du 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).

Le volume de stockage à prévoir dépend du besoin du bâtiment, du combustible utilisé et de la fréquence de remplissage souhaitée. Dans la gamme de puissances considérée, il est possible d'installer une chaudière fonctionnant aux pellets ou aux plaquettes. L'avantage des plaquettes est le coût inférieur du combustible. Sur base d'un taux de remplissage annuel à raison de 4 fois par an, le volume nécessaire pour les pellets est de 35 m³ contre 80 m³ pour les plaquettes. Il est possible de prévoir **un silo de stockage enterré pour les plaquettes** avec une trappe d'accès carrossable et accessible par un camion benne pour le remplissage.

Dimensionnement du stockage	
Données	
Consommations [kWh/an]	410.510
Masse volumique [kg/m ³]	300
PCI [kWh/kg]	4.2
PCI [kWh/m ³]	1250
Résultats (Volume nécessaire [m ³])	
Si 4 remplissages/an	82

Au volume de stockage, il faut adjoindre un système d'alimentation (désileur rotatif ou racleurs hydrauliques) permettant de transporter le combustible du silo vers la chaudière.

Un local chaufferie idéalement proche du silo doit être construit. Celui-ci devrait intégrer les deux chaudières et le volume tampon (surface au sol de 30 m² avec une hauteur sous plafond de 3m). Il est également important de veiller à avoir un accès à ce local permettant d'amener le matériel, et de prévoir une ventilation correcte.

Aspects énergétiques et environnementaux

Un aspect important souvent négligé est la **qualité des fumées**. La combustion de bois sous forme de pellets ou plus particulièrement de plaquettes occasionne des rejets nocifs (NO_x, SO_x, etc.) en plus grande

quantité que pour ses homologues fossiles. Afin de remédier en partie à ce problème, il est préférable d'opter pour une production centralisée pour un site de puissance plus importante, alors éventuellement munie de filtres.

Pour le projet considéré, seule l'émission de CO₂ est envisagée. Les autres rejets ne sont pas chiffrés. Les rendements suivants sont considérés pour la chaudière et le système de chauffage (y compris distribution et stockage (ballon tampon), émission et régulation).

Chauffage et ECS		
Production (saisonnier)		
Chaudière aux plaquettes	Rendement PCS	75%
Distribution (et stockage)		
Chauffage et ECS centralisé	Rendement	63%
Emission et régulation		
Chauffage (radiateurs)	Rendement	89%

Aspects financiers

Les coûts d'investissement sont définis pour chaque solution et accompagnés d'une description de ce qu'ils comprennent. Il n'est pas nécessaire de considérer l'investissement relatif aux appareils communs avec la technologie de référence (par exemple, des radiateurs). L'auteur est cependant libre de mentionner dans son étude le coût total relatif à chaque technologie.

Nous considérons pour cette étude l'investissement dans le tableau ci-dessous. Pour rappel, seuls les surcoûts liés au matériel supplémentaire, inhérent à la technologie, sont chiffrés. Dans le cas présent, cela représente principalement la chaufferie bois ainsi que le coût du réseau de chaleur enterré et les sous-stations par bâtiment.

Chauffage et ECS		
	Montant	Concerne
Investissement (HTVA)	168.500,00 €	Chaudière aux plaquettes (40.000€) et chaudière au gaz (15.000€), volume tampon (8.000€), silo (35.000 €), réseau enterré et sous-stations (70.500€)
Coût de maintenance (HTVA)	3.400,00 €	Entretien des chaudières et du réseau : 2% de l'investissement
Subventions : Appareil de chauffage biomasse à alimentation automatique Réseau de chaleur	4.040,00 € (chaaudière biomasse) 1.500 € par sous-station par bâtiment (19),	Portail Région Wallonne. Pour les logements individuels des barres D et E, on considère 2*8 bâtiments.

5.2.3. Cogénération

Caractéristiques techniques et intégration

Le besoin en chaud et le profil d'utilisation permettent de considérer une cogénération sur base d'un moteur à combustion interne. Au stade de l'étude de pré-faisabilité, le logiciel Cogencalc a été étudié afin de déterminer la pertinence de cette technologie pour le projet. Selon Cogencalc, une cogénération ayant un moteur thermique de 31.7 kWth pour 16 kWél peut convenir. Cependant, cette solution produirait 97.000 kWhél. Afin d'auto-consommer au maximum l'électricité, une étude plus précise des profils de consommation est nécessaire. En effet, la consommation électrique des commerces du bâtiment A est inconnue. Y aura-t-il un besoin de froid ? Quelles seront les consommations d'éclairage ? etc... Il est également possible de considérer que les bureaux situés dans le bâtiment B consommeront l'électricité produite. La consommation des bureaux est estimée à 29.600 kWh, à laquelle on ajoute la consommation d'un groupe de froid (environ 10.000 kWh/an), soit 40.000 kWhél au total. Il est donc nécessaire de réduire la puissance thermique du cogénérateur précédemment envisagé afin d'auto-consommer l'énergie produite.

La solution simulée correspond à un cogénérateur de 8 kWél pour 17 kWth, couplé à un volume de stockage de 2 m³ afin de donner un peu de souplesse à l'utilisation et de permettre à la cogénération de fonctionner de manière plus optimale (moins de cycles démarrage/arrêt).

Cette unité de cogénération couvre 15 % du besoin annuel de chauffage. L'utilisation en parallèle d'une chaudière est nécessaire. La chaudière au gaz naturel a une puissance de 250 kW.

Aspect financier

Cogénération		
	Montant	Concerne
Investissement (HTVA)	140.500 €	Cogénération (45.000 €), chaudière gaz (15.000 €), ballon tampon (10.000 €), réseau de chaleur et sous-stations (70.500 €)
Coût de maintenance (HTVA)	3.700 €	4 % des coûts d'investissements pour le cogénérateur et 2 % pour le reste de l'installation
Subventions : Prime Certificat Vert	9.000€ pour la cogénération 17.500€ pour le réseau 1.500 € par sous-station par bâtiment (*19), 43 CV 65 € pendant 15 ans	20 % de l'investissement, 100 € par m de conduite pour le réseau de chaleur plafonné à 50 % de la facture Raccordement aux sous-stations

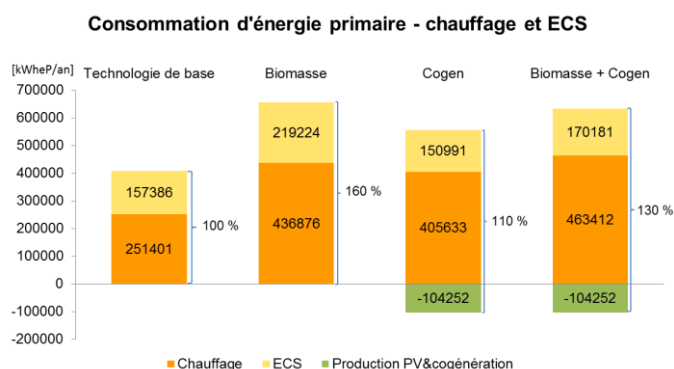
6. Etude comparative

Ce chapitre a pour mission de comparer de manière succincte les différents cas proposés ci-dessous. Les cas suivants ont été analysés :

- **T0 - Technologie de base traditionnelle** : chaudières au gaz à condensation centralisées par bâtiment et par unité de logement pour les habitations individuelles
- **T1 - Biomasse** : Chaudière aux plaquettes centralisée
- **T2 - Cogénération** : Cogénération au gaz naturel et chaudière à condensation au gaz centralisée
- **T3 - Combinaison de T2 et T3** : Chaudière à plaquettes, chaudière à condensation et cogénération au gaz naturel

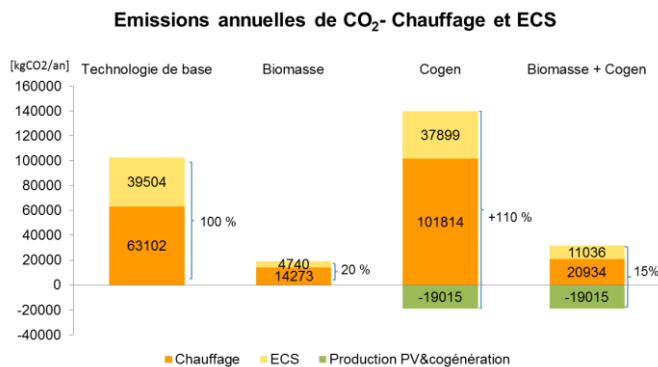
La comparaison est d'abord effectuée sur base non financière afin de chiffrer la « qualité » de la mesure. Pour ce faire, deux indicateurs sont considérés : la consommation en énergie primaire et les émissions de CO₂.

Les résultats sont illustrés ci-dessous :

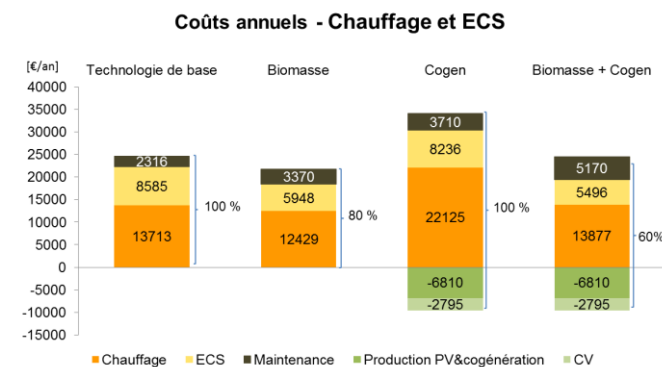


Le facteur de conversion étant identique pour les deux vecteurs énergétiques (gaz et biomasse), et le rendement global de l'installation centralisée étant inférieur, l'installation biomasse consomme plus d'énergie primaire pour le chauffage et l'ECS que la chaudière au gaz à condensation décentralisée par bâtiment.⁷ L'énergie primaire économisée grâce à la production d'électricité dans le cas d'une cogénération ne compense pas le rendement inférieur de l'installation car la puissance de l'installation est faible. Une étude plus fine sur l'adéquation des besoins de chaleur et d'électricité sur le site est nécessaire afin de dimensionner la cogénération pour optimiser la production d'électricité.

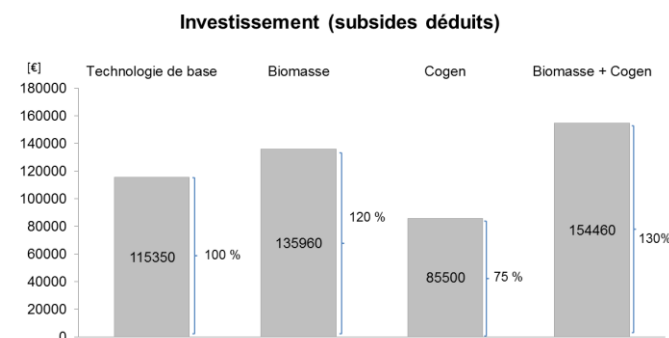
⁷ Il faut garder un regard critique sur les facteurs de conversion, tant au niveau de l'énergie primaire qu'au niveau des émissions de CO₂. Pour les différents vecteurs, les conventions de calcul de ces facteurs doivent spécifier si l'impact aval du aux chaînes d'approvisionnement et de transformation énergétique (production, transport, distribution, recyclage éventuel) est considéré, et si les émissions d'autres gaz à effet de serre (CH₄, N₂O,...) sont prises en compte.



Pour la même raison, l'installation avec cogénération au gaz naturel produit plus de CO₂ que les installations de chauffage décentralisées. Le bilan CO₂ de la production de chaleur à partir de biomasse étant considéré comme nul, les émissions de CO₂ pour les solutions biomasse sont très réduites. Les émissions de CO₂ restantes sont dues à la part couverte par la chaudière d'appoint.



Les coûts annuels de l'énergie sont inférieurs pour les solutions biomasse car le coût du combustible permet de « compenser » le rendement inférieur de l'installation centralisée. Pour les systèmes avec cogénération, le gain sur la facture d'électricité ainsi que la vente de certificats verts permet de compenser le surcoût du système.



L'installation coûte environ 25 % moins cher **en déduisant les primes** pour la cogénération et celle pour le réseau de chaleur, et la connexion des sous-stations des logements au réseau.

Le système est donc moins cher à l'investissement. Une étude de faisabilité en phase projet est tout de même nécessaire afin de vérifier la rentabilité de l'investissement.

Afin de combiner ultérieurement les critères et poser un choix, une échelle de valeur a été définie combinant le critère en énergie primaire et le critère en CO₂:

- La référence inférieure (ou neutre) est la valeur correspondant à la technologie de base traditionnelle (référence T0) définissant la performance minimale à atteindre, soit la consommation d'énergie primaire et les émissions de CO₂ dans le cas où l'on n'installe pas de système renouvelable centralisé.

E_{prim,inf} : 89 kWh/m².an
CO_{2,inf} : 22 kg de CO₂/m².an

- La référence supérieure correspond pour les deux critères à des valeurs définies pour un bâtiment à haute performance énergétique, soit une consommation en énergie primaire de 30 kWh/m²an⁸ et des émissions de CO₂ de 10 kgCO₂/m²an. La référence supérieure représente la valeur qu'il serait « idéal » d'atteindre.

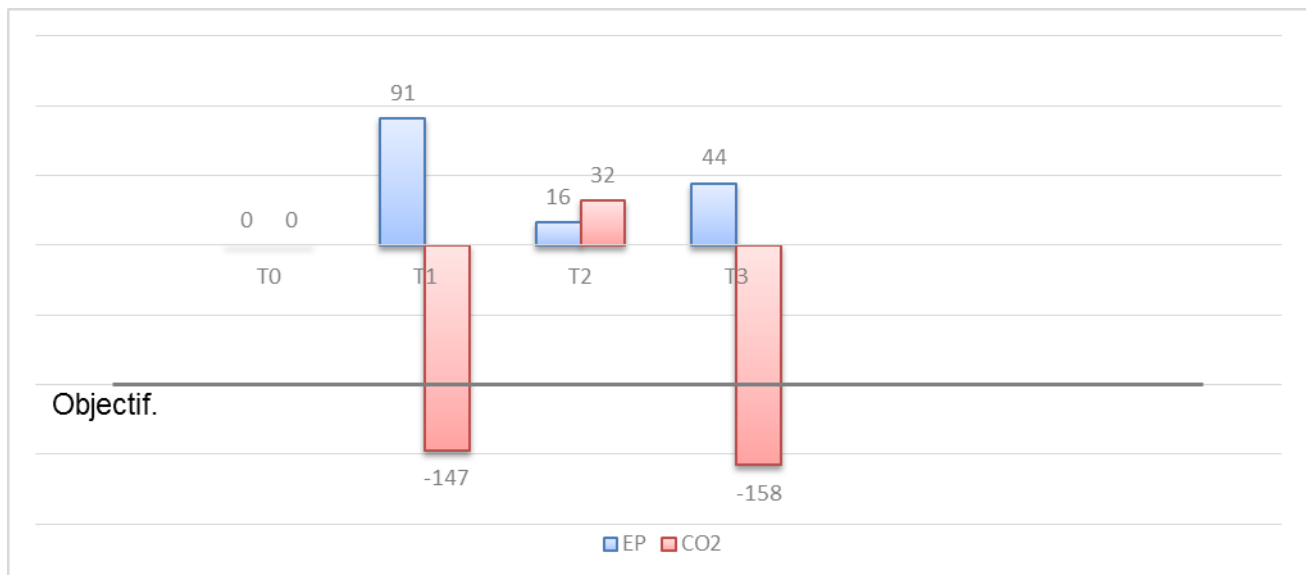
E_{prim,sup} : 30 kWh/m²an

CO_{2sup} : 10 kgCO₂/an/m²



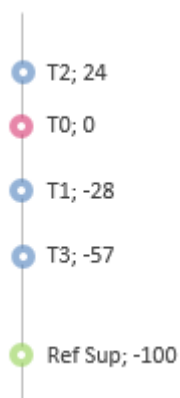
Nous peut être pertinent d'envisager d'introduire d'autres indicateurs tels que la durée de vie des systèmes, ou encore un indicateur permettant d'évaluer d'autres risques liés aux technologies ou à la facilité d'entretien. Nous pensons par exemple à l'impact environnemental de la combustion du bois (émissions de particules, de COV,...) ou encore le fait de pouvoir réaliser un traitement de fumées sur une production centralisée.

Selon la méthodologie décrite ci-dessus, le profil des technologies proposées selon les indicateurs en énergie primaire et en CO₂ sont présentés ci-dessous.



Si l'on considère que la référence inférieure est le minimum « acceptable » pour toutes les technologies, aucun des cas considérés ne permet d'atteindre le critère EP pour le chauffage et l'ECS. Cela est dû à la différence de rendement d'installation entre les installations centralisée et décentralisée. L'installation de cogénération n'ayant pas une puissance importante, elle ne permet pas de compenser. Il serait nécessaire d'installer une cogénération plus puissante et s'assurer que la production d'électricité serait effectivement consommée sur site. Au niveau du critère CO₂, la technologie utilisant la biomasse permet de dépasser l'objectif de 50 %.

⁸ Calculées pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

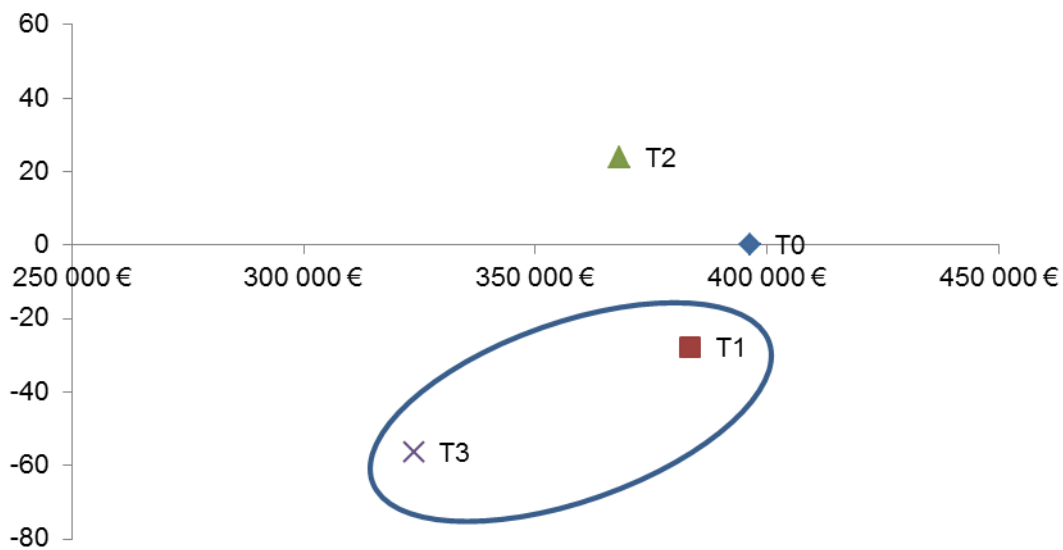


En considérant qu'une diminution de la consommation en énergie primaire a la même importance que la diminution d'émissions de CO₂, on peut évaluer la « qualité » de chacun des scénarios envisagés en réalisant une somme pondérée des valeurs des indicateurs ci-contre (50% EP et 50% CO₂). Dans ce cas, les technologies intégrant la biomasse ont une meilleure qualité que la référence T0 (Réduction de T1 de -28% et T3 de -57 %). La technologie T2 consomme à la fois plus d'énergie primaire et émet plus de CO₂ que la technologie de référence.

Le tableau suivant reprend les coûts pour chacune des technologies, cumulés sur 10 ans. Les valeurs du tableau ne sont pas actualisées, mais une augmentation de 2% des coûts de l'énergie et de maintenance est considérée annuellement.

	Coûts annuels énergie cumulés sur 10 ans (y compris indexation) [€]	Coûts annuels maintenance cumulés sur 10 ans (y compris indexation) [€]	Investissement (y compris subsides) [€]	Gains CV [€]	Total [€]
T0 - Base	255 616 €	25 360 €	115 350 €		396 300 €
T1 – Biom	210 669 €	36 901 €	135 960 €		383 500 €
T2 – Cogen gaz	269 991 €	40 623 €	85 500 €	-27 950 €	368 200 €
T3 – Biom + cogen gaz	140 707 €	56 610 €	154 460 €	-27 950 €	323 800 €

Les différents scénarios sont comparés sur base de la qualité du scénario proposé (proche de la référence supérieure) et du coût cumulé sur 10 ans.



On constate alors l'avantage que présentent les conceptions **T1** et **T3** qui présentent une qualité supérieure en termes de CO₂ principalement et un coût inférieur sur 10 ans. Le scénario biomasse et cogénération au gaz naturel (**T3**) est le plus rentable. Cependant l'investissement initial est également le plus important.

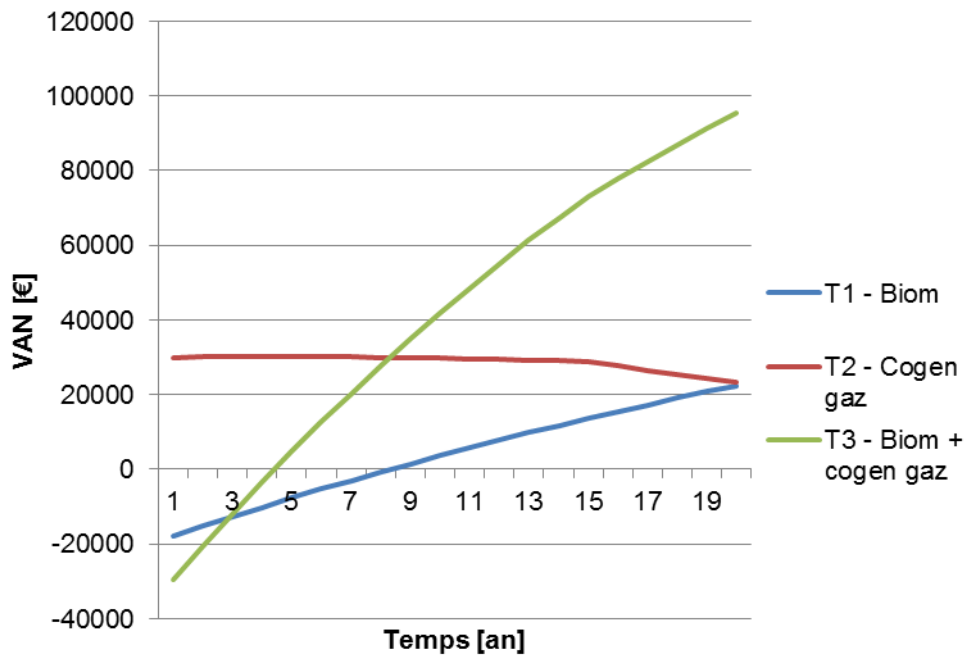
Le graphique suivant montre la valeur actualisée nette (20 ans) des trois cas étudiés en tenant compte des subsides.

La chaudière à plaquette (**T1**) est rentabilisée en 8 ans. L'avantage de ce système est le coût moindre du combustible. Cependant, ce système demande une maintenance plus complexe et un combustible ayant une « qualité contrôlée » afin d'éviter des problèmes dans l'alimentation de la chaudière.

La cogénération seule avec chaudière au gaz en appoint (**T2**) n'est pas rentable sans vente de certificats verts. En effet, la vente de certificats verts permet de compenser les frais de maintenance plus important mais après 15 ans, le système n'est plus rentable (la VAN diminue).

L'installation d'une chaudière plaquettes avec une cogénération au gaz naturel et une chaudière au gaz en appoint (**T3**) est rentabilisée en 4 ans. Dans ce cas, la chaudière biomasse vient en appoint de la cogénération. La chaudière au gaz naturel fonctionnerait en backup de la chaudière biomasse. Le coût énergétique annuel est donc moindre que dans le cas T1.

Evolution de la VAN



Cette étude constitue une pré-faisabilité. L'investissement dans ce type de système nécessite de réaliser une étude de faisabilité plus approfondie en stade projet. La rentabilité est très dépendante de l'accès aux subsides. Sans ceux-ci, ces investissements ne sont pas rentables.