



Étude de Faisabilité technique, environnementale et économique

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

Bâtiments simples (<1000 m²)

*Rapport Étude de Faisabilité « Bâtiment Gauche »
Scénario 1*

09-04-2020

*établi par le logiciel EF V 2.0 mis à disposition gratuite par le Service public de Wallonie,
Département de l'énergie et du bâtiment durable (*)*

() Les auteurs d'étude de faisabilité et les responsables PEB utilisent le logiciel sous leur propre responsabilité ; malgré le soin apporté à sa conception, le SPW ne peut garantir que son usage assure l'acceptation de l'étude de faisabilité par les autorités chargées de son contrôle.*

Table des matières

Table des matières	2
Etude de faisabilité	4
1. Description du projet	4
2. Présentation du bâtiment	4
3. Besoins énergétiques du bâtiment	6
4. Hypothèses	7
5. Description des technologies	7
6. Analyse de pertinence	8
7. Caractéristiques techniques des systèmes étudiés	9
8. Résultats	14
8.1 Analyse énergétique	14
8.2 Analyse environnementale	15
8.3 Analyse économique	16
9. Conclusions de l'auteur de l'étude quant au choix des technologies qu'il propose de retenir	17

Identité, coordonnées et références d'agrément (numéro AEF) (numéro RPEB)

Arnaud BERTULOT - PEB-0850

Identité et coordonnées du déclarant PEB :

Identité et coordonnées de l'architecte :

Identité et coordonnées du responsable PEB :

CERTIGEO SRL

Etude de faisabilité

La présente étude est établie conformément aux prescriptions du Décret cadre 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, 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;
- pompes 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.

Cette étude présente les résultats et conclusions obtenus.

1. Description du projet

Construction de 2 habitations jumelées. Etude de faisabilité valable pour les 2 bâtiments.

2. Présentation du bâtiment

Le bâtiment est un bâtiment neuf ou assimilé à du neuf, présentant 1 unité(s) dont la destination est Résidentielle (et une ou plusieurs unités « Communs » éventuelles).

Caractéristiques du bâtiment

Type de toiture	toiture inclinée
Surface brute de toiture (m ²)	50
Ach* (m ²)	170
Nombre d'occupants*	4
Volume protégé total* (m ³)	581
Surface totale de déperditions* (m ²)	352

Indicateurs PEB

Niveau Ew**	60
Niveau E spec** (kWh/m ² .an)	99
Niveau K	25

* dans le cas d'un immeuble présentant plusieurs unités, les valeurs renseignées sont les valeurs globales pour le bâtiment.

** dans le cas d'un immeuble présentant plusieurs unités, les valeurs du tableau indiquées pour les indicateurs PEB sont des moyennes pondérées (sur la surface chauffée), calculées par le logiciel. Elles ne sont pas donc pas directement extraites des données .xml PEB.

		Entrée utilisateur	Unité
Paramètres financiers	Taux de TVA appliqué à l'investissement dans le système de production d'énergie	21	%
	Subsides solaire thermique	0	€
	Subsides photovoltaïque	0	€
	Subsides pompe à chaleur	0	€
	Subsides biomasse	0	€
Consommation d'électricité	Consommation d'électricité extraite des données PEB + estimation de la consommation des électroménagers des bâtiments résidentiels	3014	kWh
Bâtiment	Affectation du bâtiment	Résidentielle	-
	Toiture	toiture inclinée	-
	Surface maximale brute de toiture	50	m ²
	Estimation de l'ombrage sur la toiture	0	%
	Surface du local technique	11	m ²
	Y a-t-il un besoin d'ECS durant les mois de mai à septembre ?	oui	-
	Nombre de douches dans le bâtiment	1	-
	Nombre de salles de bain dans le bâtiment	1	-
	Méthode d'estimation de la consommation d'ECS	nombre d'occupants (7j/7)	-
	Nombre d'occupants du bâtiment	4	pers
	Niveau de consommation individuel	40	l/pers.j

Terrain environnant	Surface de terrain disponible	200.0	m ²
	Type de sol	Argileux sec	-
	Emplacement pour unité extérieure (PAC)	Disponible	-
	Avez-vous connaissance de l'existence d'un réseau de chaleur localisé à moins de 500 m (à vol d'oiseau) du bâtiment projeté?	non	-
	Volume disponible pour le stockage de combustible	0	m ³
	Distance de transport entre le stockage de granulés et la chaudière	0	m
	Distance entre le stockage et la zone de livraison	0	m
	Différence de hauteur entre le stockage de granulés et la chaudière	0	m

3. Besoins énergétiques du bâtiment

Les besoins énergétiques du bâtiment proviennent soit de la PEB, soit d'une évaluation du logiciel EF sur base des données entrées par l'utilisateur.

Besoins nets de chaleur (kWh/an)

Chauffage	11202	PEB
ECS	2377	Calcul EF
<u>TOTAL CHAUD</u>	13579	

Besoins nets de refroidissement (kWh/an)

Refroidissement	518	PEB
<u>TOTAL FROID</u>	519	

Consommation électrique totale (kWh/an)

Eclairage	153	calcul EF
Electroménager	2400	calcul EF
Auxiliaires	460	PEB
Froid	231	PEB
<u>TOTAL ELECTRICITE pour 1 unité</u>	3244	

La consommation due à l'éclairage et à l'électroménager équivaut à 2553 kWh/an, en considérant que 100% des lampes installées sont munies d'ampoules économiques. La consommation des électroménagers est estimée selon les hypothèses suivantes:

- lessiveuse: 2.03 kWh par cycle;
- sèche-linge: 6.53 kWh par cycle;
- lave-vaisselle: 2.45 kWh par cycle;

- 275 kWh pour l'ensemble des équipements de cuisine (four, cuisinière, frigo, congélateur) et des appareils en veille dans les pièces de vie;
- La consommation des autres appareils électriques est négligée.

Dans le logiciel EF, la consommation électrique liée à l'éclairage et à l'électroménager est augmentée de 20% pour tenir compte de la présence d'équipements audiovisuels et informatiques,... Ce facteur est déjà inclus dans la valeur affichée dans le tableau ci-dessus.

4. Hypothèses

Les différentes hypothèses concernant les paramètres financiers, énergétiques, environnementaux, et techniques sont présentés en annexe.

5. Description des technologies

Chaudière à pellets

La chaudière à pellets fonctionne globalement comme une chaudière traditionnelle avec une alimentation en combustible automatisée. Les granulés de bois brûlés, appelés également pellets, sont principalement issus du compactage de résidus de scierie. La chaleur produite par la combustion est transmise au fluide caloporteur du circuit de chauffage (souvent de l'eau) et éventuellement à un ballon d'eau chaude sanitaire.

La combustion du bois produit des cendres. La plupart des systèmes sur le marché proposent le nettoyage automatique et l'évacuation des cendres vers un bac qui doit être vidé deux à trois fois par an. Les granulés de bois doivent être certifiés selon une norme du type DIN plus et stockés dans une réserve propre et sèche (silo de stockage).

Pompe à chaleur

Le principe d'une pompe à chaleur est de transférer, via un cycle frigorifique fonctionnant grâce à un appoint mécanique (moteur électrique le plus souvent), l'énergie contenue dans une « source froide » gratuite (soit le milieu où l'énergie est captée) vers un autre milieu (source chaude). 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) disponibles en sortie. D'un point de vue énergétique, cette technologie est donc très intéressante si elle n'avait le désavantage de fonctionner en général à l'électricité du réseau qui est produite et transportée avec un rendement généralement faible (de l'ordre de 30 % à 40 %).

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

La pompe à chaleur sol-eau utilise le sol comme source froide. L'échangeur de chaleur horizontal consiste en un ou plusieurs circuits d'eau glycolée enterrés à une profondeur entre 1,2 et 1,5 m. La surface du capteur dépend des besoins de chaleur à couvrir et du type de sol.

Le système transmet la chaleur à l'eau du circuit de chauffage constitué d'émetteurs basse température (plancher chauffant, ventilo-convecteur).

Dans le cas de la 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).

Réseau de chaleur

Un réseau de chaleur fonctionne comme un circuit de chauffage central mais à l'échelle du quartier. Chaque bâtiment est raccordé au réseau via une sous-station équipée d'un échangeur de chaleur qui transfère la chaleur aux installations de chauffage et d'ECS du bâtiment.

Panneaux solaires thermiques

Un ou plusieurs capteurs solaires thermiques sont utilisés pour capter l'énergie lumineuse du rayonnement solaire et la transmettre à un fluide caloporteur. Il existe différents types de capteurs (absorbeur, capteurs plans vitrés et capteurs à tubes sous vide).

Solaire photovoltaïque

Les panneaux photovoltaïques sont constitués de cellules photovoltaïques qui produisent du courant continu à partir du rayonnement solaire. Ce courant est ensuite transformé en courant alternatif conforme au réseau par un onduleur.

Plusieurs technologies sont disponibles: monocristallins, polycristallins, amorphes ou en « couches minces ».

6. Analyse de pertinence

Le système de production d'énergie « traditionnel » utilisé comme référence dans la comparaison comporte un(e) Chaudière à eau chaude à condensation pour le chauffage des locaux et un(e) Appareil à combustion pour la production d'eau chaude sanitaire.

La production de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire est effectuée de manière combinée.

Les technologies de production d'énergie renouvelable pour lesquelles un pré-dimensionnement chiffré ne se justifie pas sont rejetées sur base des arguments techniques résumés ci-dessous.

Les variantes sont analysées indépendamment l'une de l'autre et selon l'usage, à savoir chauffage, ECS, refroidissement et production d'électricité. Certaines technologies, comme la pompe à chaleur, peuvent avoir plusieurs finalités.

Solaire thermique	Photovoltaïque	Pompe à chaleur	Biomasse	Réseau de chaleur
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■

- technologies pertinentes, faisant l'objet d'un pré-dimensionnement indicatif, ainsi que d'une analyse économique, environnementale et énergétique.
- technologies potentiellement intéressantes mais devant faire l'objet d'une analyse complémentaire afin de vérifier leur pertinence.
- technologies non pertinentes pour le scénario considéré.

Solaire thermique

- La toiture semble être de taille suffisante et inclinée de manière optimale (dans le cas d'une toiture inclinée) pour accueillir des panneaux solaires thermiques et assurer une couverture solaire de 60% des besoins en ECS. Ces derniers sont suffisamment importants et constants pour justifier l'installation d'un système solaire thermique. La taille du local technique semble également être suffisamment grande.

Photovoltaïque:

- La toiture semble être de taille suffisante et inclinée de manière optimale (dans le cas d'une toiture inclinée) pour accueillir des panneaux solaires photovoltaïques

Pompes à chaleur:

- 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 sol (eau glycolée) - eau:

- La surface de terrain disponible ne permet pas d'extraire suffisamment de puissance pour alimenter la pompe à chaleur.
 - **Pompe à chaleur air - eau:** Un emplacement extérieur est disponible pour permettre l'installation de l'unité extérieure de la pompe à chaleur.
- **Pompe à chaleur air - air:**
 - Une pompe à chaleur air-air ne peut pas servir à la production combinée de chauffage et d'ECS.

Chaudière à pellets:

- L'emplacement prévu pour le stockage est insuffisant pour un remplissage annuel. Veuillez prévoir un espace plus grand. Des solutions existent pour le stockage à l'extérieur (sous abri) ou dans le sol. Ces solutions ne sont pas envisagées par le logiciel.
- L'utilisation d'un poêle à pellets nécessite des besoins en chaleur du bâtiment suffisamment faibles (inférieurs à 10W/m²) pour garantir le confort dans toutes les pièces de vie.
- L'utilisation d'un poêle à pellets nécessite la présence d'un système de ventilation de type D, afin de diffuser correctement la chaleur et de garantir le confort dans toutes les pièces de vie.

Réseau de chaleur:

- Le raccordement à un réseau de chaleur distant de plus de 500 m n'est pas envisageable pour un bâtiment de cette taille. Aucune possibilité de connexion à un réseau de chaleur connu de l'utilisateur. **A noter** : Plusieurs réseaux de chaleur plus ou moins importants sont exploités en Wallonie. L'administration communale du lieu où est situé le bâtiment peut vous aider à identifier la présence ou le projet de construction d'un réseau de chaleur à proximité (maximum 500 mètres à vol d'oiseau). Dans l'affirmative, les possibilités de raccordement méritent d'être étudiées en détails, en particulier si le bâtiment est située dans une zone densément peuplée et s'inscrit dans un projet de développement urbain plus important (quartier, site, lotissement,...).

7. Caractéristiques techniques des systèmes étudiés

Les dimensionnements de la solution de référence ainsi que des différentes technologies renouvelables étudiées sont reprises au tableau ci-dessous.

Technologie de base	
Générateur de chaleur (chauffage)	Chaudière à condensation
Vecteur	Gaz
Puissance	8 kW

Rendement (sur PCS)	100
Rendement de distribution, émission et stockage	85
Production de chaleur pour le chauffage et l'ECS	Combinée
Générateur de chaleur (ECS)	Même chaudière que pour le chauffage
Rendement de production, distribution et stockage	50
Chauffe-eau solaire	
Surface optique de capteurs (m ²)	2.7
Estimation du nombre de capteurs solaires thermiques correspondant (-)	2
Volume de stockage solaire (litres)	164
Inclinaison des capteurs (°)	40
Orientation des capteurs	sud
Fraction solaire utile (-)	0.60
% de surface utile de la toiture couverte par les capteurs solaires thermiques	5
Panneaux photovoltaïques	
Puissance du système (kWc)	3.2
Surface estimée des panneaux (m ²)	20.4
% de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV	41
Inclinaison des capteurs (°)	40
Orientation des capteurs	sud
Pompe à chaleur air - eau	
COP _{test} dans les conditions A2/W35	3.1
Puissance de la pompe à chaleur air - eau (kW)	8 (dans les conditions A2/W45)
Coefficient de performance saisonnier - SPF (sans la résistance électrique éventuelle)	2.83
Pourcentage de couverture (besoins) de la résistance électrique	20
Volume tampon (litres)	145
Chauffe-eau solaire	
Surface optique de capteurs ST (m ²)	2.7
Estimation du nombre de capteurs solaires thermiques correspondant (-)	2
Volume de stockage solaire (litres)	164
Inclinaison des capteurs ST (°)	40
Orientation des capteurs ST	sud
Fraction solaire utile (-)	0.60
% de surface utile de la toiture couverte par les capteurs solaires thermiques	5
Puissance du système (kWc)	3.2
Surface estimée des panneaux PV (m ²)	20.4

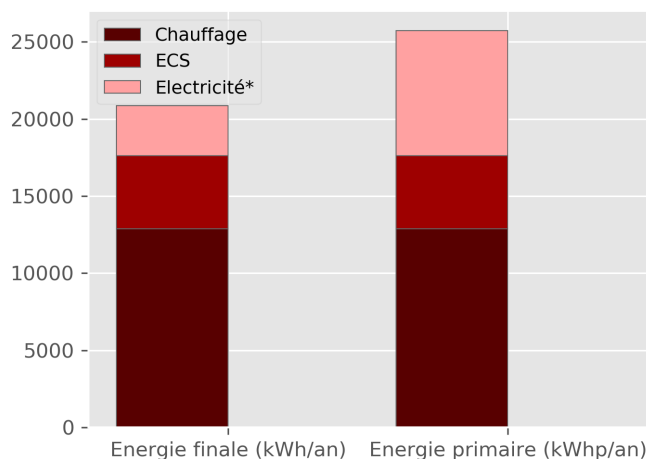
% de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV	41
Inclinaison des capteurs PV (°)	40
Orientation des capteurs PV	sud
Pompe à chaleur air - eau + ST	
COP _{test} dans les conditions A2/W35	3.1
Puissance de la pompe à chaleur air - eau (kW)	8 (dans les conditions A2/W45)
Coefficient de performance saisonnier - SPF (sans l'impact de la résistance électrique éventuelle)	2.83
Pourcentage de couverture (besoins) de la résistance électrique	20
Volume tampon (litres)	145
Surface optique de capteurs ST (m ²)	2.7
Estimation du nombre de capteurs solaires thermiques correspondant (-)	2
Volume de stockage solaire (litres)	164
Inclinaison des capteurs (°)	40
Orientation des capteurs	sud
Fraction solaire utile (-)	0.60
% de surface utile de la toiture couverte par les capteurs solaires thermiques	5
Pompe à chaleur air - eau + PV	
COP _{test} dans les conditions A2/W35	3.1
Puissance de la pompe à chaleur air - eau (kW)	Puissance 8 (dans les conditions A2/W45)
Coefficient de performance saisonnier (sans l'impact de la résistance électrique éventuelle) - SPF	2.83
Pourcentage de couverture (besoins) de la résistance électrique	20
Volume tampon (litres)	145
Puissance du système PV (kWc)	3.2
Surface estimée des panneaux (m ²)	20.4
% de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV	41
Inclinaison des capteurs (°)	40
Orientation des capteurs	sud

Solaire thermique		Photovoltaïque		PAC air-eau	
Bilan énergétique		Bilan énergétique		Bilan énergétique	
Production solaire annuelle nette (kWh/an)	1426.0	Production d'électricité verte (kWh/an)	3014.0	Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an)	-999.0
Production spécifique (kWh/m².an)	446.0	Production spécifique (kWh/kWc)	947.0		
Economie de gaz (kWh/an)	1981.0	Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an)	7534.0		
Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an)	1981.0				
Bilan économique		Bilan économique		Bilan économique	
Investissement (€, hors TVA, hors subsides)	4479	Investissement (€, hors TVA, hors subsides)	5070.0	Investissement (€, hors TVA, hors subsides)	9283
Taux de rentabilité interne (%)	0.0	Coût d'investissement spécifique (€/kWc, hors TVA, hors subsides)	1593.0	Taux de rentabilité interne (%)	0
Temps de retour simple (années)	supérieur à 20 ans	Taux de rentabilité interne (%)	13.0	Temps de retour simple (années)	supérieur à 20 ans
Valeur actualisée nette (€)	-3763	Temps de retour simple (années)	7.5	Valeur actualisée nette (€)	-21711
La période de calcul pour la valeur actualisée nette (années)	20	Valeur actualisée nette (€)	5340.0	La période de calcul pour la valeur actualisée nette (années)	20
		La période de calcul pour la valeur actualisée nette (années)	20.0		
Bilan environnemental		Bilan environnemental		Bilan environnemental	
CO2 économisé par rapport à la référence (kg/an)	360.0	CO2 économisé par rapport à la référence (kg/an)	835.0	CO2 économisé par rapport à la référence (kg/an)	1139.0

8. Résultats

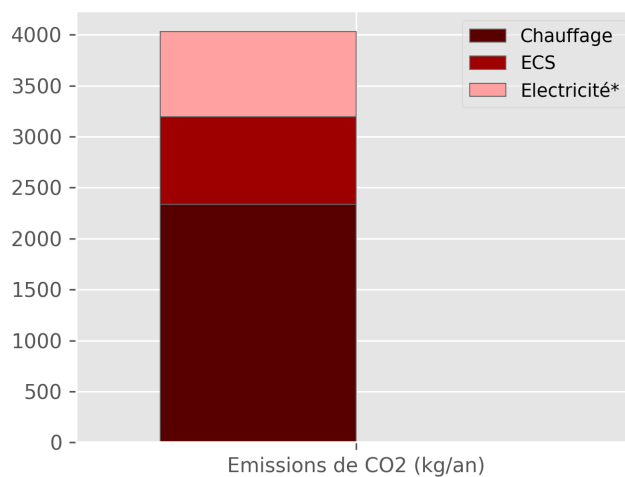
Les consommations d'énergie primaire nécessaires peuvent être estimées ainsi que les émissions globales de CO₂ associées.

Consommation pour la technologie de référence



*éclairage, électroménager, auxiliaires, froid éventuel

Emissions de CO₂ annuelles pour la technologie de référence



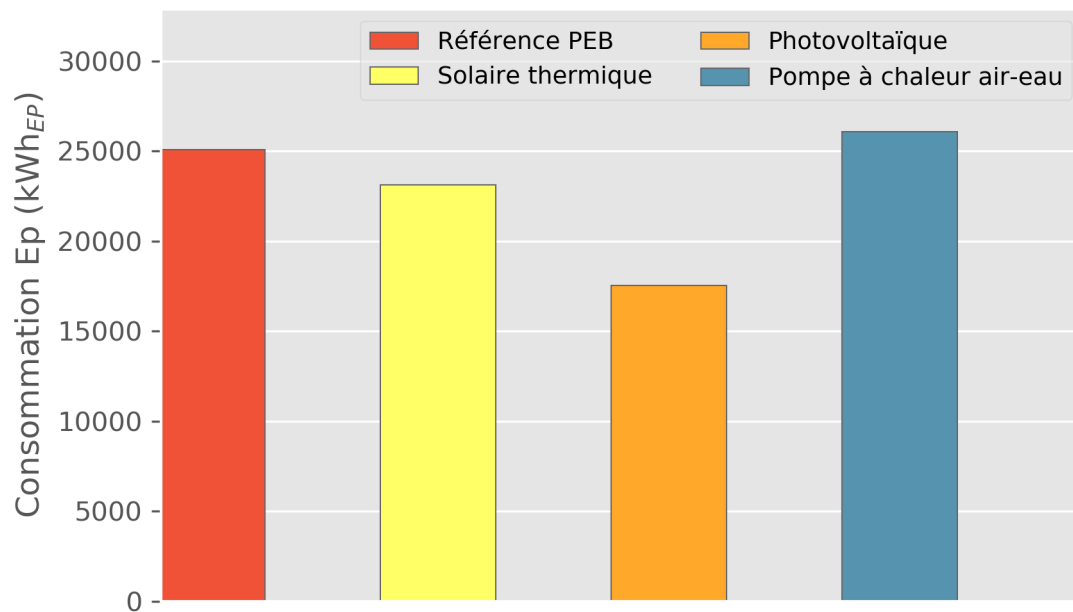
*éclairage, électroménager, auxiliaires, froid éventuel

Le tableau ci-dessous reprend les résultats de bilans environnementaux, économiques et énergétiques de la solution de référence et des différentes technologies renouvelables étudiées

8.1 Analyse énergétique

Technologies seules

La consommation globale en énergie primaire (chauffage, ECS, refroidissement, auxiliaires, éclairage et électroménager) est illustrée pour chacune des technologies sur le graphique suivant.

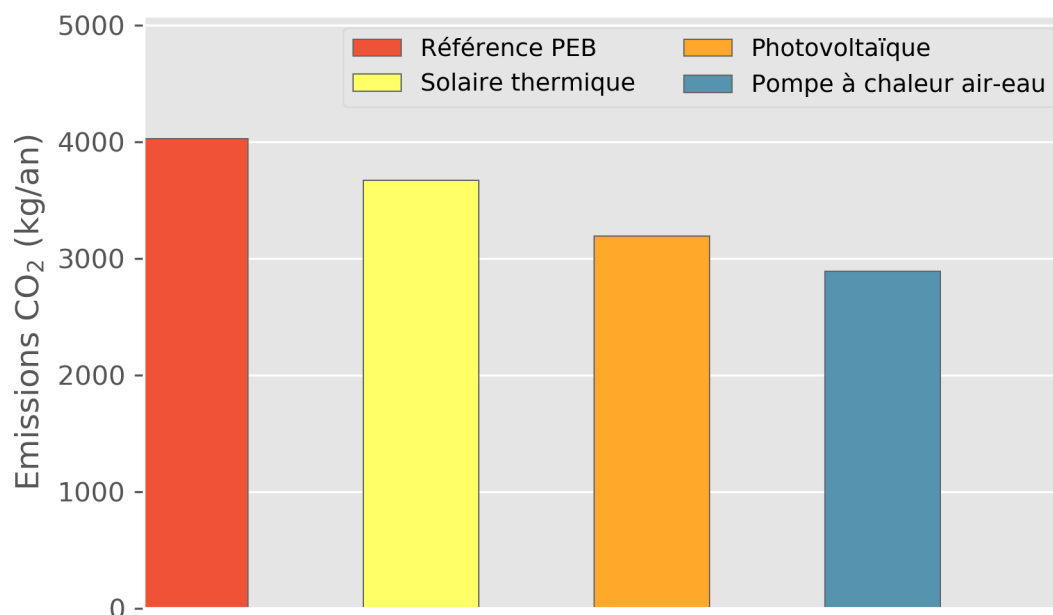


Plus la valeur obtenue pour la situation avec énergie renouvelable est inférieure à la valeur de référence, plus la consommation en énergie primaire économisée est importante.

8.2 Analyse environnementale

Technologies seules

Les émissions annuelles de CO₂ pour le chauffage, l'ECS, le refroidissement, les auxiliaires, l'éclairage et l'électroménager sont illustrées pour chacune des technologies sur le graphique suivant.



Plus l'écart entre la référence et le scénario avec énergie renouvelable est important, plus les émissions de CO₂ évitées sont importantes

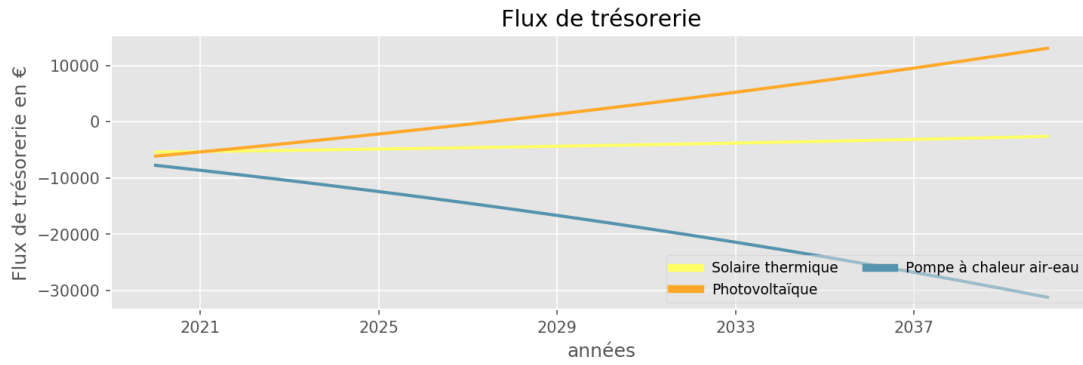
8.3 Analyse économique

Technologies seules

	Investissement (€ TVAC, subsides déduits)	Frais opérationnels (€ TVAC)	TRS (ans)	VAN (€) sur 20 ans	TRI (%)
Référence	3465	52	-	-	-
Solaire thermique	5420	27	supérieur à 20 ans	-3763	0.0
Solaire photovoltaïque	6135	46	7.5	5340	13.0
Pompe à chaleur air-eau	11233	112	supérieur à 20 ans	-21711	0

Le logiciel présente des **graphiques financiers relatifs**. Cela signifie que:

- lorsque le producteur de chaleur est remplacé (pompes à chaleur et biomasse), le coût d'investissement correspond à un surcoût: le coût de la technologie étudiée, moins celui de la technologie de référence
- lorsque le producteur de chaleur est conservé (solaire thermique et photovoltaïque), le coût d'investissement correspond uniquement à celui de la technologie étudiée



9. Conclusions de l'auteur de l'étude quant au choix des technologies qu'il propose de retenir

Sur base des différentes technologies étudiées, les conclusions de l'auteur de l'étude de faisabilité sont les suivantes:

Actuellement, pas de solutions retenues.

Signature de l'auteur de l'Etude de Faisabilité

Signature du déclarant PEB