



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 « Maison 2 »

Scénario 1

19-03-2019

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.*

Données administratives du projet

Nom du projet: Maison 2

Adresse: -, Rue de Beyne

Localité: 4020 Jupille-sur-Meuse

Numéro de dossier RWPEB:

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
8.22 Analyse énergétique	14
8.23 Analyse environnementale	16
8.24 Analyse économique	17
9. Conclusions de l'auteur de l'étude quant au choix des technologies qu'il propose de retenir	18
10. Annexes	18

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

PEB-00707

Identité et coordonnées du déclarant PEB :

Identité et coordonnées de l'architecte :

THIERRY BIRON ARCHITECTE SPRL

RUE HOUDRET 2/01 B-4430 ANS

TEL +32 4 225 17 90

INFO@TH-BIRON.BE

Identité et coordonnées du responsable PEB :

sprl AIR-LAB sc

Caroline GOFFINET

rue Dossin, 34

4000 LIEGE

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;
- combinaison solaire thermique et photovoltaïque.
- combinaison solaire thermique et pompes à chaleur.
- combinaison photovoltaïque et pompes à 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 d'une maison unifamiliale. La maison est équipée d'une chaudière gaz à condensation et d'une VMC.

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 plate
Surface brute de toiture (m ²)	22
Ach* (m ²)	194
Nombre d'occupants*	5
Volume protégé total* (m ³)	591
Surface totale de déperditions* (m ²)	349

Indicateurs PEB

Niveau Ew**	53
Niveau E spec** (kWh/m².an)	85
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	3843	kWh
Bâtiment	Affectation du bâtiment	Résidentielle	-
	Toiture	toiture plate	-
	Surface maximale brute de toiture	22	m²
	Estimation de l'ombrage sur la toiture	25	%
	Surface du local technique	5	m²
	Y a-t-il un besoin d'ECS durant les mois de mai à septembre ?	oui	-
		Nombre de douches dans le bâtiment	2
Nombre de salles de bain dans le bâtiment		2	-
Méthode d'estimation de la consommation d'ECS		nombre d'occupants (7j/7)	-
Nombre d'occupants du bâtiment		5	pers
Niveau de consommation individuel		40	l/pers.j

Terrain environnant	Surface de terrain disponible	50.0	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	6	m ³
	Distance de transport entre le stockage de granulés et la chaudière	2	m
	Distance entre le stockage et la zone de livraison	32	m
	Différence de hauteur entre le stockage de granulés et la chaudière	1	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	9657	PEB
ECS	2971	Calcul EF
TOTAL CHAUD	12627	

Besoins nets de refroidissement (kWh/an)

Refroidissement	-0	PEB
TOTAL FROID	0	

Consommation électrique totale (kWh/an)

Eclairage	191	calcul EF
Electroménager	2640	calcul EF
Auxiliaires	1012	PEB
Froid	0	PEB
TOTAL ELECTRICITE pour 1 unité	3843	

La consommation due à l'éclairage et à l'électroménager équivaut à 2831 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.

Technologie	Pertinence
Technologie 1	Pertinente
Technologie 2	Pertinente
Technologie 3	Pertinente
Technologie 4	Pertinente
Technologie 5	Pertinente
Technologie 6	Pertinente
Technologie 7	Pertinente
Technologie 8	Pertinente
Technologie 9	Pertinente
Technologie 10	Pertinente
Technologie 11	Pertinente
Technologie 12	Pertinente
Technologie 13	Pertinente
Technologie 14	Pertinente
Technologie 15	Pertinente
Technologie 16	Pertinente
Technologie 17	Pertinente
Technologie 18	Pertinente
Technologie 19	Pertinente
Technologie 20	Pertinente
Technologie 21	Pertinente
Technologie 22	Pertinente
Technologie 23	Pertinente
Technologie 24	Pertinente
Technologie 25	Pertinente
Technologie 26	Pertinente
Technologie 27	Pertinente
Technologie 28	Pertinente
Technologie 29	Pertinente
Technologie 30	Pertinente
Technologie 31	Pertinente
Technologie 32	Pertinente
Technologie 33	Pertinente
Technologie 34	Pertinente
Technologie 35	Pertinente
Technologie 36	Pertinente
Technologie 37	Pertinente
Technologie 38	Pertinente
Technologie 39	Pertinente
Technologie 40	Pertinente
Technologie 41	Pertinente
Technologie 42	Pertinente
Technologie 43	Pertinente
Technologie 44	Pertinente
Technologie 45	Pertinente
Technologie 46	Pertinente
Technologie 47	Pertinente
Technologie 48	Pertinente
Technologie 49	Pertinente
Technologie 50	Pertinente
Technologie 51	Pertinente
Technologie 52	Pertinente
Technologie 53	Pertinente
Technologie 54	Pertinente
Technologie 55	Pertinente
Technologie 56	Pertinente
Technologie 57	Pertinente
Technologie 58	Pertinente
Technologie 59	Pertinente
Technologie 60	Pertinente
Technologie 61	Pertinente
Technologie 62	Pertinente
Technologie 63	Pertinente
Technologie 64	Pertinente
Technologie 65	Pertinente
Technologie 66	Pertinente
Technologie 67	Pertinente
Technologie 68	Pertinente
Technologie 69	Pertinente
Technologie 70	Pertinente
Technologie 71	Pertinente
Technologie 72	Pertinente
Technologie 73	Pertinente
Technologie 74	Pertinente
Technologie 75	Pertinente
Technologie 76	Pertinente
Technologie 77	Pertinente
Technologie 78	Pertinente
Technologie 79	Pertinente
Technologie 80	Pertinente
Technologie 81	Pertinente
Technologie 82	Pertinente
Technologie 83	Pertinente
Technologie 84	Pertinente
Technologie 85	Pertinente
Technologie 86	Pertinente
Technologie 87	Pertinente
Technologie 88	Pertinente
Technologie 89	Pertinente
Technologie 90	Pertinente
Technologie 91	Pertinente
Technologie 92	Pertinente
Technologie 93	Pertinente
Technologie 94	Pertinente
Technologie 95	Pertinente
Technologie 96	Pertinente
Technologie 97	Pertinente
Technologie 98	Pertinente
Technologie 99	Pertinente
Technologie 100	Pertinente

- 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:

- Le local de stockage de combustible est inaccessible pour une livraison en vrac par camion souffleur. Si la longueur du flexible du camion est supérieure à 30 m, le remplissage posera problème. Conseil : le stockage de pellets se situe tant que possible contre un mur extérieur de façon à ce que la distance de remplissage soit aussi courte que possible.
- 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	7 kW

Rendement (sur PCS)	93
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	52
Chauffe-eau solaire	
Surface optique de capteurs (m ²)	3.9
Estimation du nombre de capteurs solaires thermiques correspondant (-)	2
Volume de stockage solaire (litres)	233
Inclinaison des capteurs (°)	10
Orientation des capteurs	est
Fraction solaire utile (-)	0.60
% de surface utile de la toiture couverte par les capteurs solaires thermiques	34
Panneaux photovoltaïques	
Puissance du système (kWc)	1.4
Surface estimée des panneaux (m ²)	9.3
% de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV	75
Inclinaison des capteurs (°)	15
Orientation des capteurs	est
Montant de l'aide QualiWatt	264
Pompe à chaleur air - eau	
COP _{test} dans les conditions A2/W35	3.1
Puissance de la pompe à chaleur air - eau (kW)	7 (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)	122
Chauffe-eau solaire + PV	
Surface optique de capteurs ST (m ²)	3.9
Estimation du nombre de capteurs solaires thermiques correspondant (-)	2
Volume de stockage solaire (litres)	233
Inclinaison des capteurs ST (°)	10
Orientation des capteurs ST	est
Fraction solaire utile (-)	0.60
% de surface utile de la toiture couverte par les capteurs solaires thermiques	34
Puissance du système (kWc)	1.4

Surface estimée des panneaux PV (m ²)	9.3
% de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV	75
Inclinaison des capteurs PV (°)	15
Orientation des capteurs PV	est
Montant de l'aide Quali watt	264
Pompe à chaleur air - eau + ST	
COP _{test} dans les conditions A2/W35	3.1
Puissance de la pompe à chaleur air - eau (kW)	7 (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)	122
Surface optique de capteurs ST (m ²)	3.9
Estimation du nombre de capteurs solaires thermiques correspondant (-)	2
Volume de stockage solaire (litres)	233
Inclinaison des capteurs (°)	10
Orientation des capteurs	est
Fraction solaire utile (-)	0.60
% de surface utile de la toiture couverte par les capteurs solaires thermiques	34
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 7 (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)	122
Puissance du système PV (kWc)	1.4
Surface estimée des panneaux (m ²)	9.3
% de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV	75
Inclinaison des capteurs (°)	15
Orientation des capteurs	est
Montant de l'aide Quali watt	264

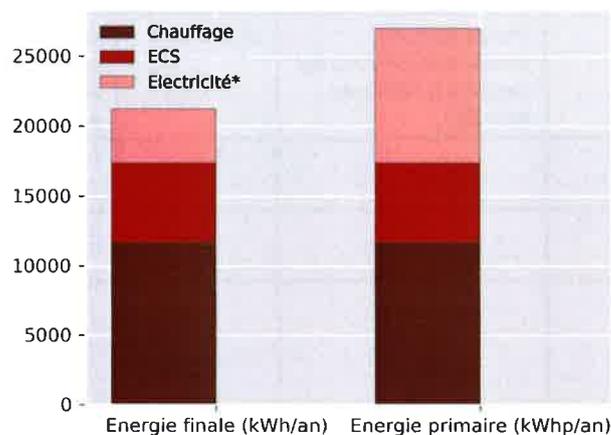
Solaire thermique		Photovoltaïque		PAC air-eau	
Bilan énergétique		Bilan énergétique		Bilan énergétique	
Production solaire annuelle nette (kWh/an)	1783.0	Production d'électricité verte (kWh/an)	1205.0	Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an)	260.0
Production spécifique (kWh/m ² .an)	557.0	Production spécifique (kWh/kWc)	832.0		
Economie de gaz (kWh/an)	2476.0	Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an)	3012.0		
Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an)	2476.0				
Bilan économique		Bilan économique		Bilan économique	
Investissement (€, hors TVA, hors subsides)	5344	Investissement (€, hors TVA, hors subsides)	3389.0	Investissement (€, hors TVA, hors subsides)	8953
Taux de rentabilité interne (%)	0.0	Coût d'investissement spécifique (€/kWc, hors TVA, hors subsides)	2340.0	Taux de rentabilité interne (%)	0
Temps de retour simple (années)	supérieur à 20 ans	Taux de rentabilité interne (%)	4.5	Temps de retour simple (années)	supérieur à 20 ans
Valeur actualisée nette (€)	-4225	Temps de retour simple (années)	14.0	Valeur actualisée nette (€)	-15291
La période de calcul pour la valeur actualisée nette (années)	20	Valeur actualisée nette (€)	-204.0	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)	451.0	CO2 économisé par rapport à la référence (kg/an)	334.0	CO2 économisé par rapport à la référence (kg/an)	1269.0

ST + PV		ST + PAC air-eau		PV + PAC air-eau	
Bilan énergétique		Bilan énergétique		Bilan énergétique	
Production solaire annuelle nette (kWh/an)	1783.0	Production solaire annuelle nette (kWh/an)	1783.0	Production d'électricité verte (kWh/an)	1205.0
Production spécifique (kWh/m ² .an)	557.0	Production spécifique (kWh/m ² .an)	557.0	Production spécifique (kWh/kWc)	832.0
Economie de gaz (kWh/an)	2476.0	Energie primaire économisée (ST+PAC) par rapport à la référence (kWh/an)	2736.0	Energie primaire économisée (PV+PAC) par rapport à la référence (kWh/an)	3272.0
Production d'électricité verte (kWh/an)	926.0				
Production spécifique (kWh/kWc)	832.0				
Energie primaire économisée (ST+PV) par rapport à la référence (kWh/an)	4791.0				
Bilan économique		Bilan économique		Bilan économique	
Investissement brut (ST+PV) (€, hors subsides)	8317	Investissement brut (ST+PAC) (€, hors subsides)	14297	Investissement brut (PV+PAC) (€, hors subsides)	12342
Taux de rentabilité interne (%)	0.0	Taux de rentabilité interne (%)	0.0	Taux de rentabilité interne (%)	0.0
Temps de retour simple (années)	supérieur à 20 ans	Temps de retour simple (années)	supérieur à 20 ans	Temps de retour simple (années)	supérieur à 20 ans
Valeur actualisée nette (€)	-4867	Valeur actualisée nette (€)	-19516	Valeur actualisée nette (€)	-15495
La période de calcul pour la valeur actualisée nette (années)	20	La période de calcul pour la valeur actualisée nette (années)	20	La période de calcul pour la valeur actualisée nette (années)	20
Bilan environnemental		Bilan environnemental		Bilan environnemental	
CO2 économisé (ST+PV) par rapport à la référence (kg/an)	707.0	CO2 économisé (ST+PAC) par rapport à la référence (kg/an)	1720.0	CO2 économisé (PV+PAC) par rapport à la référence (kg/an)	1603.0

8. Résultats

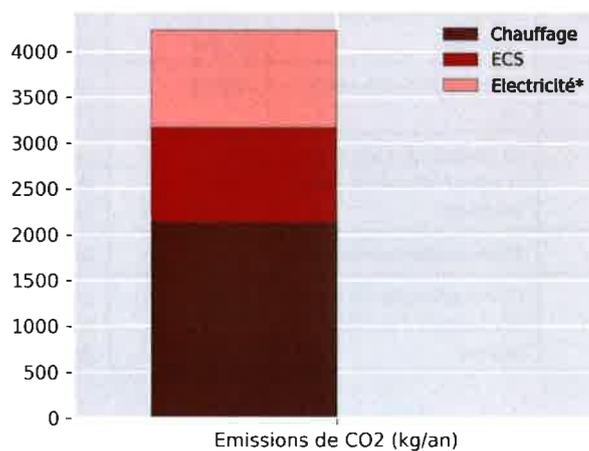
Les consommations d'énergie primaire nécessaires peuvent être estimées ainsi que les émissions globales de CO₂ associées.

Consommation pour la technologie de référence



*éclairage, électroménager, auxiliaires, froid éventuel

Emissions de CO₂ annuelles pour la technologie de référence



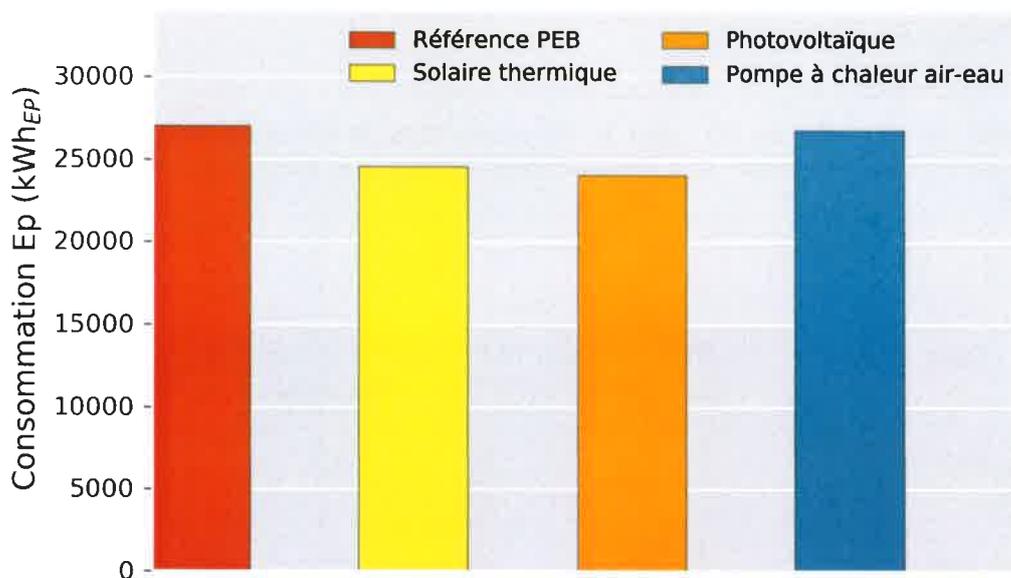
*éclairage, électroménager, auxiliaires, froid éventuel

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

8.22 Analyse énergétique

Technologies seules

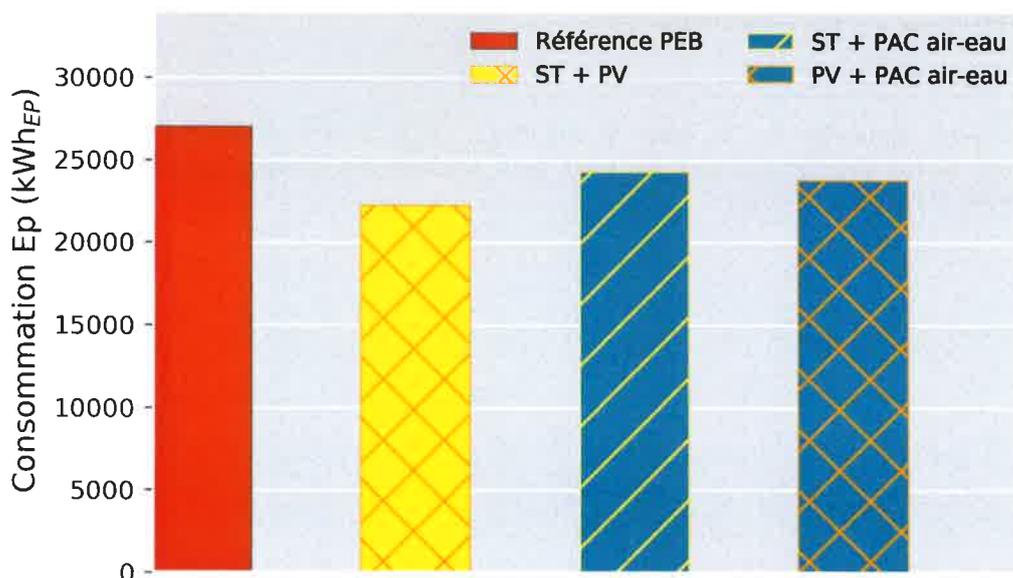
La consommation globale en énergie primaire (chauffage, ECS, refroidissement, auxiliaires, éclairage et électroménager) est illustrée pour chacune des technologies sur le graphique suivant.



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.

Technologies combinées

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

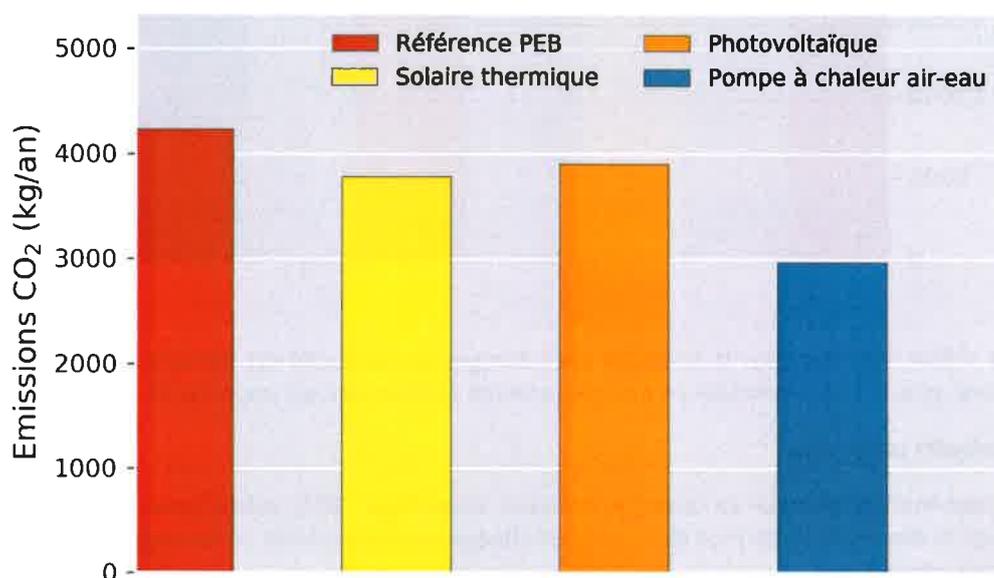


Plus la valeur obtenue pour la situation avec énergie renouvelable est inférieure à la valeur de référence, plus la consommation en énergie primaire économisée est importante.

8.23 Analyse environnementale

Technologies seules

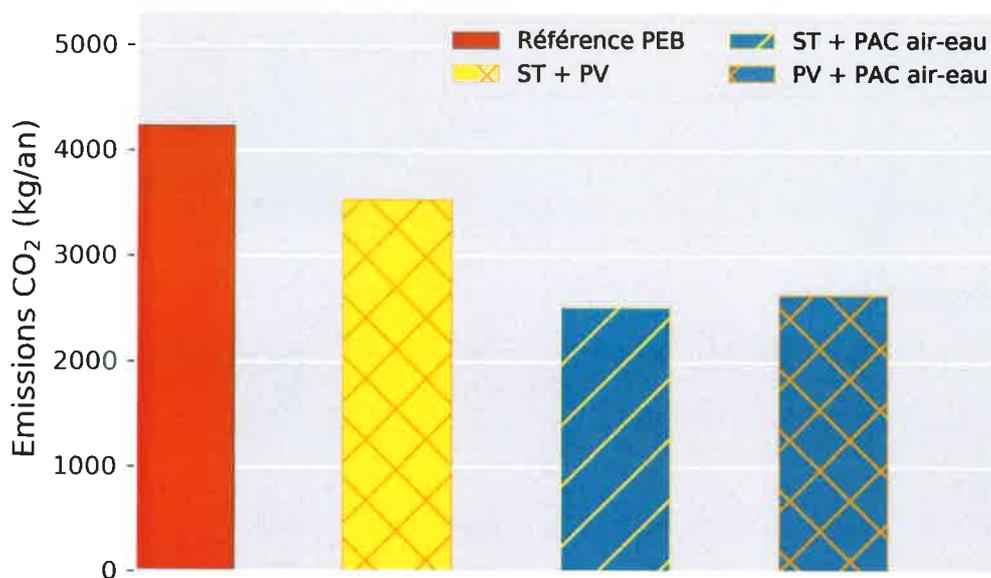
Les émissions annuelles de CO₂ pour le chauffage, l'ECS, le refroidissement, les auxiliaires, l'éclairage et l'électroménager sont illustrées pour chacune des technologies sur le graphique suivant.



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

Technologies combinées

Les émissions annuelles de CO₂ pour le chauffage, l'ECS, le refroidissement, les auxiliaires, l'éclairage et l'électroménager sont illustrées pour chacune des combinaisons de technologies choisies 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

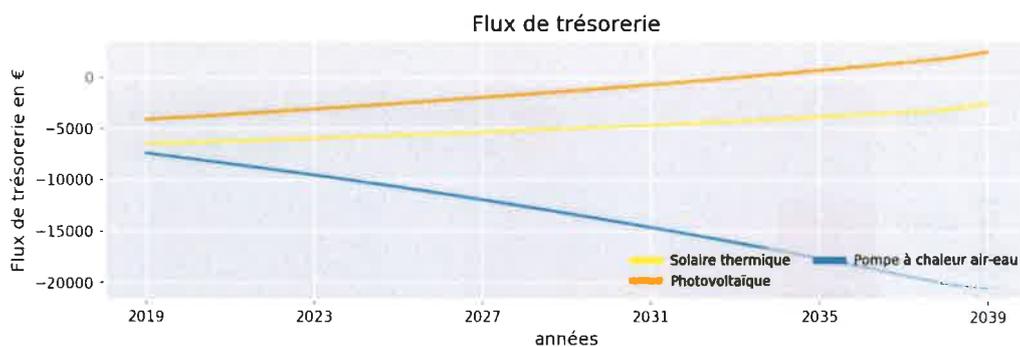
8.24 Analyse économique

Technologies seules

	Investissement (€ TVAC, subsides déduits)	Frais opérationnels (€ TVAC)	TRS (ans)	VAN (€) sur 20 ans	TRI (%)
Référence	3465	52	-	-	-
Solaire thermique	6466	32	supérieur à 20 ans	-4225	0.0
Solaire photovoltaïque	4101	31	14.0	-204	4.5
Pompe à chaleur air-eau	10834	108	supérieur à 20 ans	-15291	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



Technologies combinées

	Investissement (€ TVAC, subsides déduits)	Frais opérationnels (€ TVAC)	TRS (ans)	VAN (€) sur 20 ans	TRI (%)
Référence	3465	52	-	-	-
ST + PV	10064	-59	nan	-4867	0.0
Pompe à chaleur air-eau + ST	17300	-141	supérieur à 20 ans	-19516	0.0
Pompe à chaleur air-eau + PV	14934	-139	supérieur à 20 ans	-15495	0.0

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:

Etant donné les résultats obtenus et les temps de retour constatés, l'installation de panneaux solaires thermiques, d'une chaudière biomasse et d'une pompe à chaleur ne sont pas envisageables. Par contre, il pourrait éventuellement être envisagé d'installer des pompes à chaleur couplées avec des panneaux solaires photovoltaïques.

Signature de l'auteur de l'Etude de Faisabilité

Signature du déclarant PEB

10. Annexes

Hypothèses propres au bâtiment	Valeurs de la base de données	Valeurs utilisateur	Justification
Besoin net en chauffage (kWh)	9657		
Rendement d'émission du système de chauffage individuel	0.89		
Rendement d'émission du système de chauffage collectif	0.85		
Estimation du coût du système d'émission (hydraulique) (€)	0.00		
Estimation du coût du système de distribution hydraulique (€)	0.00		
Rendement de distribution du système de chauffage (dans le volume protégé)	1.00		
Rendement de distribution du système de chauffage (hors volume protégé)	0.95		
Rendement de stockage du chauffage (dans le volume protégé)	1.00		
Rendement de stockage du chauffage (hors volume protégé)	0.97		
Paramètres financiers généraux			
Période d'évaluation pour le résidentiel (années)	20		
Période d'évaluation pour le non-résidentiel (années)	20		
Taux d'actualisation pour le résidentiel (-)	5.0		
Taux d'actualisation pour le non-résidentiel (-)	6.5		
Taux d'inflation applicable à tous les coûts hors énergie (-)	2.0		
Evolution du prix de l'électricité (-)	3.0		
Evolution du prix de l'électricité injectée sur le réseau (-)	3.0		

Evolution du prix du gaz (-)	3.0		
Evolution du prix du propane (-)	3.0		
Evolution du prix du pellet (-)	3.0		
Evolution du prix du mazout (-)	3.0		
Prix de l'énergie			
Prix de l'électricité (€ HTVA/kWh)	0.2181		
Prix de l'électricité injectée sur le réseau (€ HTVA/kWh)	0.0450		
Prix du gaz (€ HTVA/kWh)	0.0537		
Prix du propane (€ HTVA/kWh)	0.0570		
Prix du pellet (€ HTVA/kWh)	0.0421		
Prix du mazout (€ HTVA/l)	0.6109		
Facteurs de conversion en kWh			
Facteur de conversion en kWh pour le mazout (kWh/l)	10.78		
Coefficients d'émission de CO₂			
Emissions de CO ₂ liée à la production d'électricité (kg CO ₂ /kWh _p)	0.111		
Emissions de CO ₂ liée à la combustion du gaz naturel (kg CO ₂ /kWh _p)	0.182		
Emissions de CO ₂ liée à la combustion du propane (kg CO ₂ /kWh _p)	0.221		
Emissions de CO ₂ liées à la combustion du mazout (kg CO ₂ /kWh _p)	0.252		
Emissions de CO ₂ liées à la combustion de pellets (kg CO ₂ /kWh _p)	0.011		
Facteurs de conversion en énergie primaire			
Facteur de conversion en énergie primaire pour l'électricité (-)	2.5		

Facteur de conversion en énergie primaire pour le gaz naturel (-)	1.0		
Facteur de conversion en énergie primaire pour le propane (-)	1.0		
Facteur de conversion en énergie primaire pour le mazout (-)	1.0		
Facteur de conversion en énergie primaire pour la biomasse (pellets) (-)	1.0		
Solaire thermique			
Surface brute de capteur (m ²)	2.5		
Rendement de production du capteur solaire thermique plan vitré (-)	0.5		
Hauteur angulaire du soleil pour éviter l'ombrage entre deux rangées de capteurs (°)	20		
Coût de maintenance (% du coût d'investissement)	0.5		
Durée de vie du système solaire thermique dans le résidentiel (ans)	20		
Durée de vie du système solaire thermique dans le tertiaire (ans)			
Photovoltaïque			
Irradiation solaire moyenne sur une surface orientée sud et inclinée à 35° (kWh/m ² .an)	1166		
Seuil de puissance en-dessous duquel le principe de compensation s'applique (kWc)	10.0		
Taille d'un module PV standard (m ²)	1.60		
Ratio de performance du système PV (-)	82.0		
Hauteur angulaire du soleil pour éviter l'ombrage entre deux rangées de panneaux (°)	17.0		

Inclinaison par défaut considérée pour un toit plat (°)	15.0		
Coût de maintenance (% du coût d'investissement)	0.8		
Durée de vie du système solaire photovoltaïque dans le résidentiel (ans)	20		
Durée de vie du système solaire photovoltaïque dans le tertiaire (ans)	25		
Pompe à chaleur sol-eau			
Coût de maintenance d'une PAC sol (eau glycolée)-eau dans le résidentiel (% du coût d'investissement)	0.5		
Coût de maintenance d'une PAC sol (eau glycolée)-eau dans le tertiaire (% du coût d'investissement)	0.5		
Durée de vie d'une PAC sol (eau glycolée)-eau dans le résidentiel (ans)	20		
Durée de vie d'une PAC sol (eau glycolée)-eau dans le tertiaire (ans)	20		
COP _{test} dans les conditions B0/W35	4.30		
COP dans les conditions B0/W45	3.50		
COP dans les conditions B0/W55	2.80		
Pompe à chaleur air-eau			
Coût de maintenance d'une PAC air-eau dans le résidentiel (% du coût d'investissement)	1.0		
Coût de maintenance d'une PAC air-eau dans le tertiaire (% du coût d'investissement)	1.0		
Durée de vie d'une PAC air-eau dans le résidentiel (ans)	20		

Durée de vie d'une PAC air-eau dans le tertiaire (ans)	20		
COP _{est} dans les conditions A2/W35	3.10		
COP dans les conditions A2/W45	2.60		
COP dans les conditions A2/W55	1.68		
Pompe à chaleur air-air			
Coût de maintenance d'une PAC air-air dans le résidentiel (% du coût d'investissement)	1.0		
Coût de maintenance d'une PAC air-air dans le tertiaire (% du coût d'investissement)	1.0		
Durée de vie d'une PAC air-air dans le résidentiel (ans)	20		
Durée de vie d'une PAC air-air dans le tertiaire (ans)	20		
COP dans les conditions A2/A20	3.20		
Biomasse			
Coût de maintenance (% du coût d'investissement)	1.5		
Durée de vie d'une chaudière à pellets dans le résidentiel (ans)	20		
Durée de vie d'un poêle à pellets dans le résidentiel (ans)	20		
Durée de vie d'une chaudière à pellets dans le tertiaire (ans)	25		
Durée de vie d'un poêle à pellets dans le tertiaire (ans)	25		
Rendement de production (PCS) de la chaudière à pellets pour le chauffage (-)	0.92		
Rendement de production (PCS) du poêle à pellets pour le chauffage (-)	0.70		