



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 droite »

Scénario 1

23-10-2023

*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 droite

Adresse: 70, Rue sous les vignes

Localité: 4400 Flémalle

Numéro de dossier RWPEB: RWPEB-155590

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 | 10 |
| 8. Résultats | 15 |
| 8.1 Analyse énergétique | 15 |
| 8.2 Analyse environnementale | 17 |
| 8.3 Analyse économique | 18 |
| 9. Conclusions de l'auteur de l'étude quant au choix des technologies qu'il propose de retenir | 19 |
| 10. Annexes | 19 |

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

ENER'J Architecture

Rue Remikette 25 - 4317 LES WALEFFES

PEB-04640

Identité et coordonnées du déclarant PEB :

[REDACTED]

[REDACTED]

Identité et coordonnées de l'architecte :

Fabrice Torbol Architecte

Rue de la verrerie, 158 - 4100 SERAING

Identité et coordonnées du responsable PEB :

ENER'J Architecture

Rue Remikette 25 - 4317 LES WALEFFES

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;
- cogénération.
- combinaison solaire thermique et photovoltaïque.
- combinaison solaire thermique et pompes à chaleur.
- combinaison solaire thermique et biomasse.
- combinaison photovoltaïque et pompes à chaleur.
- combinaison photovoltaïque et biomasse.

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 deux maisons

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 (m²) | 70 |
| Ach* (m²) | 189 |
| Nombre d'occupants* | 4 |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| Volume protégé total* (m³) | 494 |
| Surface totale de déperditions* (m²) | 295 |

Indicateurs PEB

| | |
|-----------------------------|----|
| Niveau Ew** | 6 |
| Niveau E spec** (kWh/m².an) | 9 |
| Niveau K | 26 |

* 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 | 3055 | kWh |
| Bâtiment | Affectation du bâtiment | Résidentielle | - |
| | Toiture | toiture plate | - |
| | Surface maximale brute de toiture | 70 | m² |
| | Estimation de l'ombrage sur la toiture | 0 | % |
| | Surface du local technique | 6 | m² |
| | 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 | 0.0 | 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 | 9848 | PEB |
| ECS | 2377 | Calcul EF |
| <u>TOTAL CHAUD</u> | 12225 | |

Besoins nets de refroidissement (kWh/an)

| | | |
|---------------------------|------------|-----|
| Refroidissement | 100 | PEB |
| <u>TOTAL FROID</u> | 100 | |

Consommation électrique totale (kWh/an)

| | | |
|----------------|------|-----------|
| Eclairage | 153 | calcul EF |
| Electroménager | 2400 | calcul EF |
| Auxiliaires | 502 | PEB |

TOTAL ELECTRICITE pour 1 unité**3099**

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.

Cogénération

La cogénération est la production simultanée de chaleur et d'électricité.

L'installation est dimensionnée sur la base de la demande en chaleur. On parle de « cogénération de qualité » si une économie de 10 % de CO₂ est réalisée par rapport aux émissions de CO₂ d'une chaudière et d'une centrale électrique qui produiraient les mêmes quantités de chaleur et d'électricité.

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.

- 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,...).

Cogénération:

- Le besoin en chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) est à priori insuffisant pour justifier l'installation d'une cogénération dans le cadre du projet encodé dans l'outil. A titre indicatif, la cogénération est généralement intéressante à partir d'un besoin en chaleur supérieur à 20 000 kWh/an.

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 | 9 kW |
| Rendement (sur PCS) | 89 |
| 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 | 45 |
| Chauffe-eau solaire | |
| Surface optique de capteurs (m²) | 3.1 |
| Estimation du nombre de capteurs solaires thermiques correspondant (-) | 2 |
| Volume de stockage solaire (litres) | 187 |
| 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 | 6 |
| Panneaux photovoltaïques | |
| Puissance du système (kWc) | 3.7 |
| Surface estimée des panneaux (m²) | 23.5 |
| % de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV | 61 |
| Inclinaison des capteurs (°) | 15 |
| Orientation des capteurs | est |

| Pompe à chaleur air - eau | |
|--|--------------------------------|
| COP _{test} dans les conditions A2/W35 | 3.1 |
| Puissance de la pompe à chaleur air - eau (kW) | 9 (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) | 159 |
| | |
| Surface optique de capteurs ST (m²) | 3.1 |
| Estimation du nombre de capteurs solaires thermiques correspondant (-) | 2 |
| Volume de stockage solaire (litres) | 187 |
| 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 | 6 |
| Puissance du système (kWc) | 3.7 |
| Surface estimée des panneaux PV (m²) | 23.5 |
| % de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV | 61 |
| Inclinaison des capteurs PV (°) | 15 |
| Orientation des capteurs PV | est |
| Pompe à chaleur air - eau + ST | |
| COP _{test} dans les conditions A2/W35 | 3.1 |
| Puissance de la pompe à chaleur air - eau (kW) | 9 (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) | 159 |
| Surface optique de capteurs ST (m²) | 3.1 |
| Estimation du nombre de capteurs solaires thermiques correspondant (-) | 2 |
| Volume de stockage solaire (litres) | 187 |
| 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 | 6 |
| 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 9 (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) | 159 |
| Puissance du système PV (kWc) | 3.7 |
| Surface estimée des panneaux (m²) | 23.5 |
| % de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV | 61 |
| Inclinaison des capteurs (°) | 15 |
| Orientation des capteurs | est |

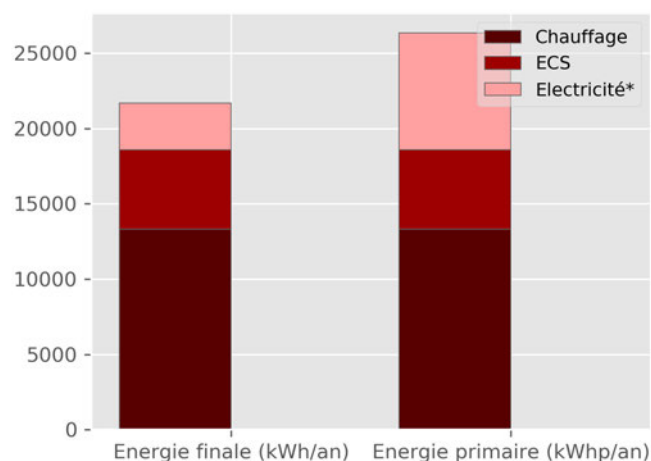
| Solaire thermique | | Photovoltaïque | | PAC air-eau | |
|---|--------------------|---|--------|---|--------------------|
| Bilan énergétique | | Bilan énergétique | | Bilan énergétique | |
| Production solaire annuelle nette (kWh/an) | 1426.0 | Production d'électricité verte (kWh/an) | 3055.0 | Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an) | -124.0 |
| Production spécifique (kWh/m².an) | 446.0 | Production spécifique (kWh/kWc) | 832.0 | | |
| Economie de gaz (kWh/an) | 1981.0 | Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an) | 7637.0 | | |
| Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an) | 1981.0 | | | | |
| Bilan économique | | Bilan économique | | Bilan économique | |
| Investissement (€, hors TVA, hors subsides) | 4764 | Investissement (€, hors TVA, hors subsides) | 5526.0 | Investissement (€, hors TVA, hors subsides) | 9481 |
| Taux de rentabilité interne (%) | 0.0 | Coût d'investissement spécifique (€/kWc, hors TVA, hors subsides) | 1505.0 | Taux de rentabilité interne (%) | 0 |
| Temps de retour simple (années) | supérieur à 20 ans | Taux de rentabilité interne (%) | 11.8 | Temps de retour simple (années) | supérieur à 20 ans |
| Valeur actualisée nette (€) | -4132 | Temps de retour simple (années) | 8.1 | Valeur actualisée nette (€) | -20138 |
| La période de calcul pour la valeur actualisée nette (années) | 20 | Valeur actualisée nette (€) | 4894.0 | 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) | 846.0 | CO2 économisé par rapport à la référence (kg/an) | 1195.0 |

| ST + PV | | ST + PAC air-eau | | PV + PAC air-eau | |
|---|---------|--|--------------------|--|--------------------|
| Bilan énergétique | | Bilan énergétique | | Bilan énergétique | |
| Production solaire annuelle nette (kWh/an) | 1426.0 | Production solaire annuelle nette (kWh/an) | 1426.0 | Production d'électricité verte (kWh/an) | 5020.0 |
| Production spécifique (kWh/m².an) | 446.0 | Production spécifique (kWh/m².an) | 446.0 | Production spécifique (kWh/kWc) | 832.0 |
| Economie de gaz (kWh/an) | 1981.0 | Energie primaire économisée (ST+PAC) par rapport à la référence (kWh/an) | 1857.0 | Energie primaire économisée (PV+PAC) par rapport à la référence (kWh/an) | 12426.0 |
| Production d'électricité verte (kWh/an) | 3055.0 | | | | |
| Production spécifique (kWh/kWc) | 832.0 | | | | |
| Energie primaire économisée (ST+PV) par rapport à la référence (kWh/an) | 9617.0 | | | | |
| Bilan économique | | Bilan économique | | Bilan économique | |
| Investissement brut (ST+PV) (€, hors subsides) | 10289.0 | Investissement brut (ST+PAC) (€, hors subsides) | 14244 | Investissement brut (PV+PAC) (€, hors subsides) | 18355 |
| Taux de rentabilité interne (%) | 5.6 | Taux de rentabilité interne (%) | 0 | Taux de rentabilité interne (%) | 0.0 |
| Temps de retour simple (années) | 12.5 | Temps de retour simple (années) | supérieur à 20 ans | Temps de retour simple (années) | supérieur à 20 ans |
| Valeur actualisée nette (€) | 762.0 | Valeur actualisée nette (€) | -24270 | Valeur actualisée nette (€) | -11819 |
| La période de calcul pour la valeur actualisée nette (années) | 20.0 | 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) | 1207.0 | CO2 économisé (ST+PAC) par rapport à la référence (kg/an) | 1556.0 | CO2 économisé (PV+PAC) par rapport à la référence (kg/an) | 2586.0 |

8. Résultats

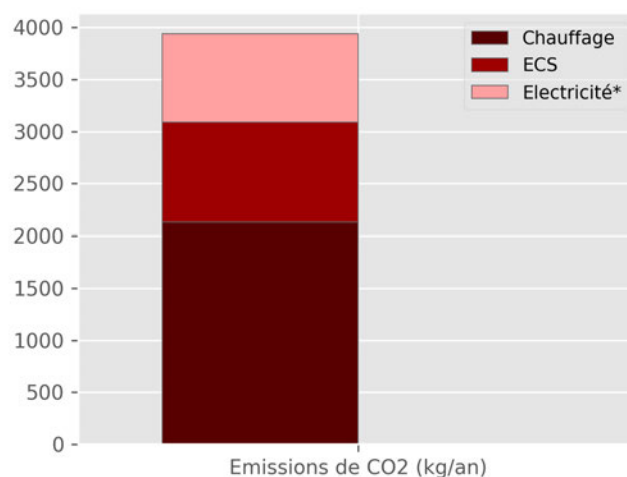
Les **consommations d'énergie primaire** nécessaires peuvent être estimées ainsi que les **émissions globales de CO₂** associées.

Consommation pour la technologie de référence



*éclairage, électroménager, auxiliaires, froid éventuel

Emissions de CO₂ annuelles pour la technologie de référence



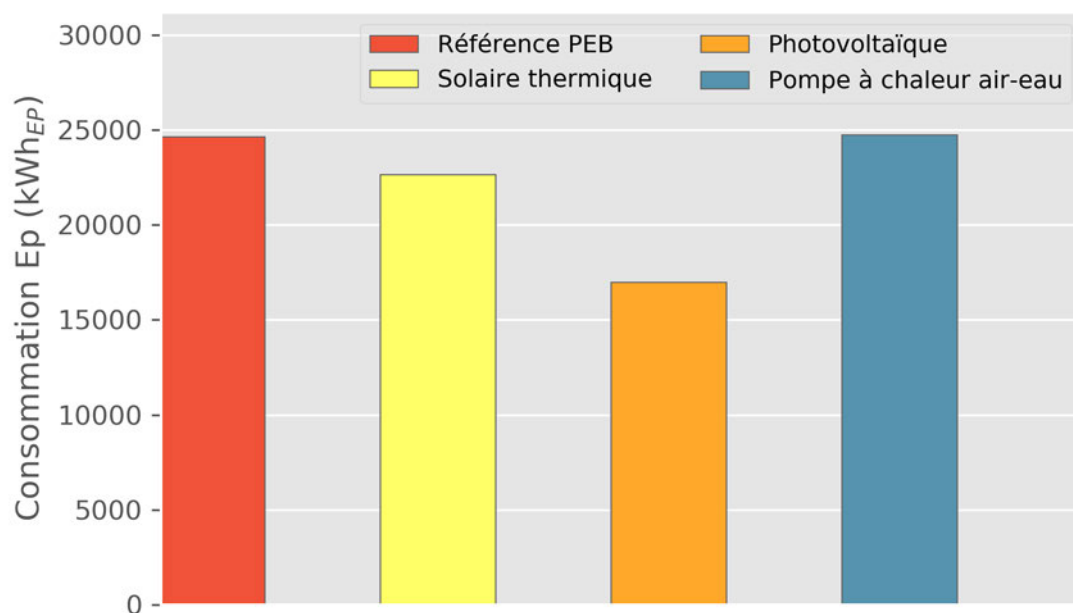
*éclairage, électroménager, auxiliaires, froid éventuel

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

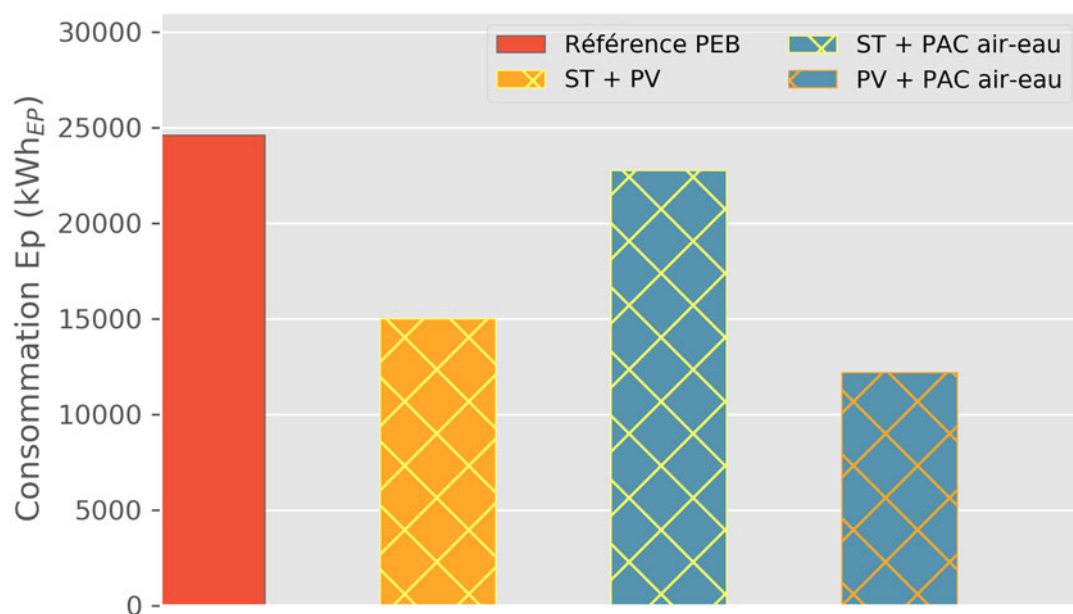
La consommation globale en énergie primaire (chauffage, ECS, refroidissement, auxiliaires, éclairage et électroménager) est illustrée pour chacune des technologies sur le graphique suivant.



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.

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.

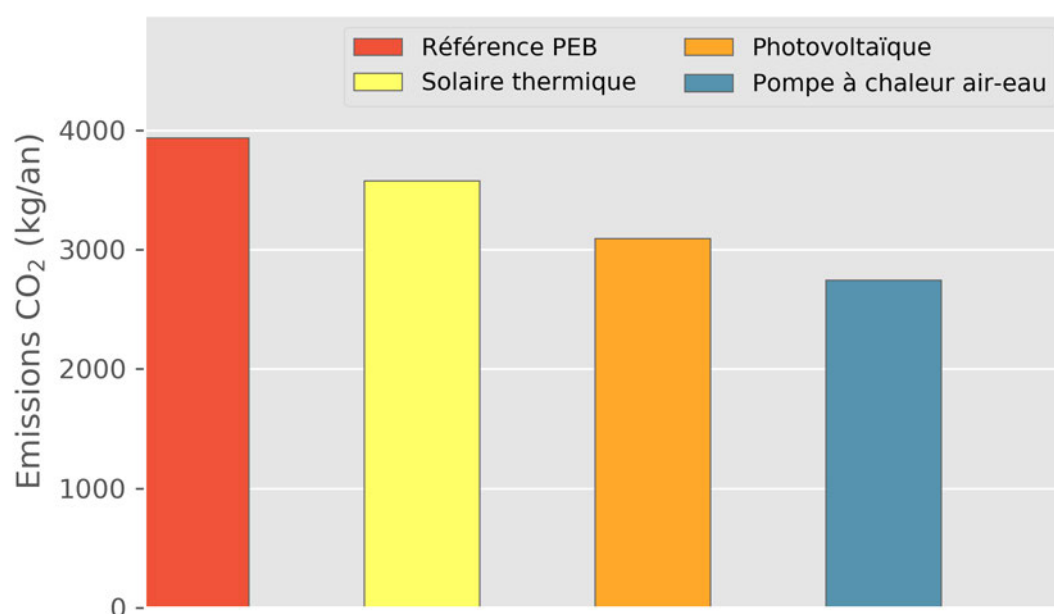


Plus la valeur obtenue pour la situation avec énergie renouvelable est inférieure à la valeur de référence, plus la consommation en énergie primaire économisée est importante.

8.2 Analyse environnementale

Technologies seules

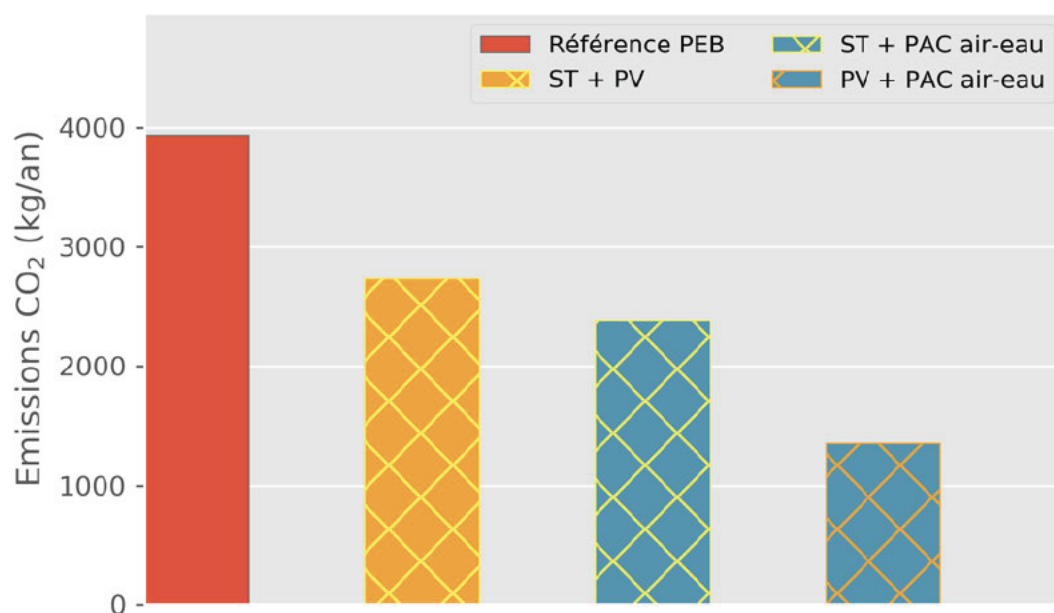
Les émissions annuelles de CO₂ pour le chauffage, l'ECS, le refroidissement, les auxiliaires, l'éclairage et l'électroménager sont illustrées pour chacune des technologies sur le graphique suivant.



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

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

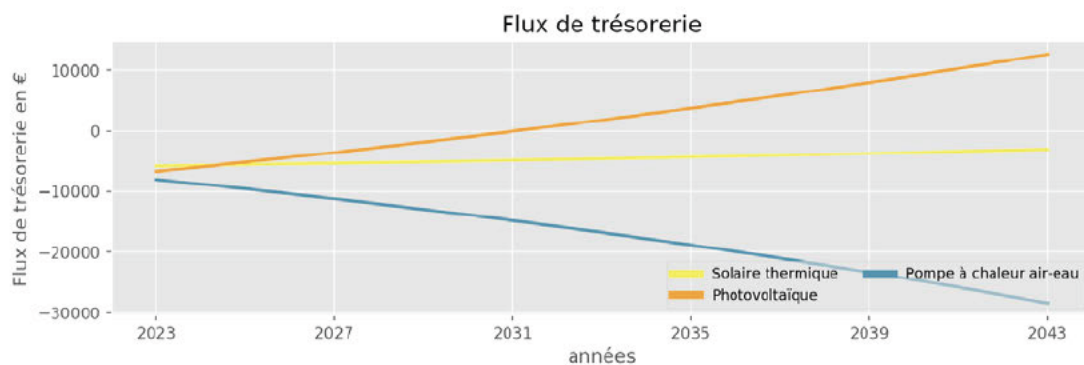
8.3 Analyse économique

Technologies seules

| | Investissement (€ TVAC, subsidés déduits) | Frais opérationnels (€ TVAC) | TRS (ans) | VAN (€) sur 20 ans | TRI (%) |
|----------------------------|--|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| Référence | 3465 | 52 | - | - | - |
| Solaire thermique | 5764 | 29 | supérieur à 20 ans | -4132 | 0.0 |
| Solaire photovoltaïque | 6686 | 50 | 8.1 | 4894 | 11.8 |
| Pompe à chaleur air-eau | 11472 | 115 | supérieur à 20 ans | -20138 | 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 | 12450 | -79 | 12.5 | 762 | 5.6 |
| Pompe à chaleur air-eau + ST | 17236 | -144 | supérieur à 20 ans | -24270 | 0 |
| Pompe à chaleur air-eau + PV | 22210 | -195 | supérieur à 20 ans | -11819 | 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:

Pas de réseau de chaleur à proximité Possibilité de placer une pompe à chaleur combinée aux panneaux photovoltaïques pour une probable autonomie. Pas de place pour le stockage de pellets

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) | 9848 | | |
| 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 (m²) | 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/m².an) | 1166 | | |
| Seuil de puissance en-dessous duquel le principe de compensation s'applique (kWc) | 10.0 | | |
| Taille d'un module PV standard (m²) | 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 _{test} 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 | | |