



# **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 m<sup>2</sup>)**

*Rapport Étude de Faisabilité « Boutique »*

*Scénario 1*

*04-06-2026*

*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: Boutique

Adresse: 100, Boulevard de l'Europe

Localité: 1300 Wavre

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 . . . . .                                                                                  | 6  |
| 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 |
| 10. Annexes . . . . .                                                                                    | 17 |

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

Carlos Vermeiren

Agrément: AEF-00270

Rue des Bruyères 47A

B-5140 Sombrefe

**Identité et coordonnées du déclarant PEB :**

BELPARK sa

Représenté par Monsieur Parent Jean-Christophe

Boulevard de l'Europe, 100

1300 - Wavre

**Identité et coordonnées de l'architecte :**

ABR Architecture Urbanisme srl

Quentin Defalque

Avenue des Combattants, 92 - 1470 Bousval

Tel. +32 (0) 67 77 37 47

info@abr-architects.be - <http://www.abr-architects.be>

**Identité et coordonnées du responsable PEB :**

BEnergic srl

Carlos Vermeiren

Rue des Bruyères 47A

B5140 Sombrefe

## 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

Le projet consiste au remplacement d'une attraction sur le site de Walibi. La nouvelle attraction sera équipée d'une boutique et d'une zone WC. Une estimation de la consommation électrique consommée par l'attraction est utilisée afin de dimensionner une installation PV éventuelle. Cette consommation électrique est reprise dans cette étude mais absente de l'EF concernant les sanitaires.

### 2. Présentation du bâtiment

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

#### Caractéristiques du bâtiment

|                                                   |               |
|---------------------------------------------------|---------------|
| Type de toiture                                   | toiture plate |
| Surface brute de toiture (m <sup>2</sup> )        | 650           |
| Surface d'utilisation                             | 252           |
| Volume protégé total* (m <sup>3</sup> )           | 1376          |
| Surface totale de déperditions* (m <sup>2</sup> ) | 1039          |

#### Indicateurs PEB

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| Niveau E spec** (kWh/m <sup>2</sup> .an) | 128 |
| Niveau K                                 | 30  |

\*\* La surface considérée pour définir le Espec est la surface utile totale du bâtiment.

|                                   |                                                                                                                                    | Entrée utilisateur        | Unité    |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------|
| <b>Paramètres financiers</b>      | Taux de TVA appliqué à l'investissement dans le système de production d'énergie                                                    | 0                         | %        |
|                                   | Subsides solaire thermique                                                                                                         | 0                         | €        |
|                                   | Subsides photovoltaïque                                                                                                            | 0                         | €        |
|                                   | Subsides pompe à chaleur                                                                                                           | 0                         | €        |
|                                   | Subsides biomasse                                                                                                                  | 0                         | €        |
| <b>Consommation d'électricité</b> | Consommation d'électricité extraite des données PEB + estimation de la consommation des électroménagers des bâtiments résidentiels | 267201                    | kWh      |
| <b>Bâtiment</b>                   | Affectation du bâtiment                                                                                                            | Non résidentielle         | -        |
|                                   | Toiture                                                                                                                            | toiture plate             | -        |
|                                   | Surface maximale brute de toiture                                                                                                  | 650                       | m²       |
|                                   | Estimation de l'ombrage sur la toiture                                                                                             | 0                         | %        |
|                                   | Surface du local technique                                                                                                         | 35                        | m²       |
|                                   | Y a-t-il un besoin d'ECS durant les mois de mai à septembre ?                                                                      | non                       | -        |
|                                   | 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                                                                                                     | 0                         | pers     |
|                                   | Niveau de consommation individuel                                                                                                  | 40                        | l/pers.j |

|                            |                                                                                                                              |                |                |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| <b>Terrain environnant</b> | Surface de terrain disponible                                                                                                | 50000.0        | m <sup>2</sup> |
|                            | Type de sol                                                                                                                  | Sablonneux 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                                                                            | 10             | m <sup>3</sup> |
|                            | Distance de transport entre le stockage de granulés et la chaudière                                                          | 10             | m              |
|                            | Distance entre le stockage et la zone de livraison                                                                           | 25             | 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                 | 26753        | PEB       |
| ECS                       | 0            | Calcul EF |
| <b><u>TOTAL CHAUD</u></b> | <b>26753</b> |           |

#### Besoins nets de refroidissement (kWh/an)

|                           |             |     |
|---------------------------|-------------|-----|
| Refroidissement           | 8658        | PEB |
| <b><u>TOTAL FROID</u></b> | <b>8658</b> |     |

#### Consommation électrique totale (kWh/an)

|                                              |             |                  |
|----------------------------------------------|-------------|------------------|
| Eclairage                                    | 7114        | calcul EF ou PEB |
| Auxiliaires                                  | 1429        | PEB              |
| Froid                                        | 1732        | PEB              |
| <b><u>TOTAL ELECTRICITE pour 1 unité</u></b> | <b>3161</b> |                  |

La consommation liée à l'éclairage dépend de la méthodologie d'encodage choisie dans la PEB.

Si un éclairage par défaut est encodé dans la PEB mais qu'un éclairage performant est néanmoins prévu, la consommation liée à ce poste est recalculée dans le logiciel EF sur base d'une puissance surfacique de 12 W/m<sup>2</sup> et de la surface utile encodée dans le logiciel PEB. Dans les autres cas, la consommation issue de la PEB est utilisée.

### 4. Hypothèses

Les différentes hypothèses concernant les paramètres financiers, énergétiques, environnementaux, et techniques sont présentées 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) Pompe à chaleur pour le chauffage des locaux.

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, 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

- Une installation solaire thermique implique un besoin en ECS suffisant durant les mois de mai à septembre. Un système solaire thermique ne se justifie généralement pas si ceux-ci ce besoin n'est pas rencontré.

### 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 semble suffisante pour extraire assez 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**: Un emplacement extérieur est disponible pour permettre l'installation de l'unité extérieure de la pompe à chaleur comme générateur de chauffage.



- La puissance de chauffage est trop élevée pour utiliser une pompe à chaleur air-air en détente directe.

#### Chaudière à pellets:

- Le local prévu pour le stockage des pellets semble approprié, tant en termes de taille que de distance par rapport à la chaudière, de facilité d'accès pour la livraison ou de différence de hauteur entre la chaudière et le stockage. La surface du local technique semble suffisante pour accueillir une chaudière à pellets et son ballon de stockage ou d'eau morte.

#### Poêle à pellets:

- L'utilisation d'un poêle à pellets nécessite des besoins en chaleur du bâtiment suffisamment faibles ( $<10\text{W/m}^2$ ) pour garantir le confort dans toutes les pièces de vie.
- Un poêle à pellets (chauffage local) ne peut pas servir à la production combinée de chauffage et d'ECS.

#### 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                                                     | 17 kW                    |
| Rendement (sur PCS)                                           | 380                      |
| Rendement de distribution, émission et stockage               | 85                       |
| Panneaux photovoltaïques                                      |                          |
| Puissance du système (kWc)                                    | 56.0                     |
| Surface estimée des panneaux ( $\text{m}^2$ )                 | 358.6                    |
| % de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV | 100                      |
| Inclinaison des capteurs (°)                                  | 15                       |
| Orientation des capteurs                                      | est                      |
| Montant de l'aide à la production                             | 6059                     |
| Pompe à chaleur sol (eau glycolée) - eau                      |                          |

|                                                                                                    |                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| COP <sub>test</sub> dans les conditions B0/W35                                                     | 4.3                               |
| Puissance de la pompe à chaleur sol (eau glycolée) - eau (kW)                                      | 16.6 (dans les conditions B0/W45) |
| Coefficient de performance saisonnier - SPF (sans la résistance électrique éventuelle)             | 3.64                              |
| Pourcentage de couverture (besoins) de la résistance électrique                                    | 20                                |
| Volume tampon (litres)                                                                             | 287                               |
| Surface de capteur géothermique (m²)                                                               | 1623                              |
| <b>Pompe à chaleur air - eau</b>                                                                   |                                   |
| COP <sub>test</sub> dans les conditions A2/W35                                                     | 3.1                               |
| Puissance de la pompe à chaleur air - eau (kW)                                                     | 17 (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)                                                                             | 287                               |
| <b>Pompe à chaleur air - air</b>                                                                   |                                   |
| COP <sub>test</sub> dans les conditions A2/A20                                                     | 3.2                               |
| Puissance de la pompe à chaleur air - air (kW)                                                     | 17 (dans les conditions A2/A20)   |
| Coefficient de performance saisonnier - SPF (sans la résistance électrique éventuelle)             | 3.20                              |
| Pourcentage de couverture (besoins) de la résistance électrique                                    | 20                                |
| <b>Chaudière biomasse</b>                                                                          |                                   |
| Puissance de la chaudière à pellets (kW)                                                           | 17                                |
| Rendement (sur PCS, en %)                                                                          | 92                                |
| Volume tampon (litres)                                                                             | 717                               |
| Stockage de combustible (m³)                                                                       | 10.1 (pour 1 remplissage annuel)  |
| <b>Pompe à chaleur sol (eau glycolée) - eau + PV</b>                                               |                                   |
| COP <sub>test</sub> dans les conditions B0/W35                                                     | 4.3                               |
| Puissance de la pompe à chaleur sol (eau glycolée) - eau (kW)                                      | 16.6 (dans les conditions B0/W45) |
| Coefficient de performance saisonnier - SPF (sans l'impact de la résistance électrique éventuelle) | 3.64                              |
| Pourcentage de couverture (besoins) de la résistance électrique                                    | 20                                |
| Volume tampon (litres)                                                                             | 287                               |
| Surface de capteur géothermique (m²)                                                               | 1623                              |
| Puissance du système PV (kWc)                                                                      | 56.0                              |
| Surface estimée des panneaux (m²)                                                                  | 358.6                             |
| % de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV                                      | 100                               |
| Inclinaison des capteurs (°)                                                                       | 15                                |

|                                                                                                    |                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Orientation des capteurs                                                                           | est                                       |
| Montant de l'aide à la production                                                                  | 6059                                      |
| <b>Pompe à chaleur air - eau + PV</b>                                                              |                                           |
| COP <sub>test</sub> dans les conditions A2/W35                                                     | 3.1                                       |
| Puissance de la pompe à chaleur air - eau (kW)                                                     | Puissance 17 (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)                                                                             | 287                                       |
| Puissance du système PV (kWc)                                                                      | 56.0                                      |
| Surface estimée des panneaux (m²)                                                                  | 358.6                                     |
| % de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV                                      | 100                                       |
| Inclinaison des capteurs (°)                                                                       | 15                                        |
| Orientation des capteurs                                                                           | est                                       |
| Montant de l'aide à la production                                                                  | 6059                                      |
| <b>Pompe à chaleur air - air + PV</b>                                                              |                                           |
| COP <sub>test</sub> dans les conditions A2/A20                                                     | 3.2                                       |
| Puissance de la pompe à chaleur air - air (kW)                                                     | Puissance 17 (dans les conditions A2/A20) |
| Coefficient de performance saisonnier - SPF                                                        | 3.20                                      |
| Puissance du système PV (kWc)                                                                      | 56.0                                      |
| Surface estimée des panneaux (m²)                                                                  | 358.6                                     |
| % de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV                                      | 100                                       |
| Inclinaison des capteurs (°)                                                                       | 15                                        |
| Orientation des capteurs                                                                           | est                                       |
| Montant de l'aide à la production                                                                  | 6059                                      |
| <b>Chaudière biomasse + PV</b>                                                                     |                                           |
| Puissance de la chaudière à pellets (kW)                                                           | 17                                        |
| Rendement (sur PCS, en %)                                                                          | 92                                        |
| Volume tampon (litres)                                                                             | 717                                       |
| Stockage de combustible (m³)                                                                       | 10.1 (pour 1 remplissage annuel)          |
| Puissance du système PV (kWc)                                                                      | 56.0                                      |
| Surface estimée des panneaux (m²)                                                                  | 358.6                                     |
| % de surface utile de la toiture couverte par les panneaux PV                                      | 100                                       |
| Inclinaison des capteurs (°)                                                                       | 15                                        |
| Orientation des capteurs                                                                           | est                                       |
| Montant de l'aide à la production                                                                  | 6059                                      |

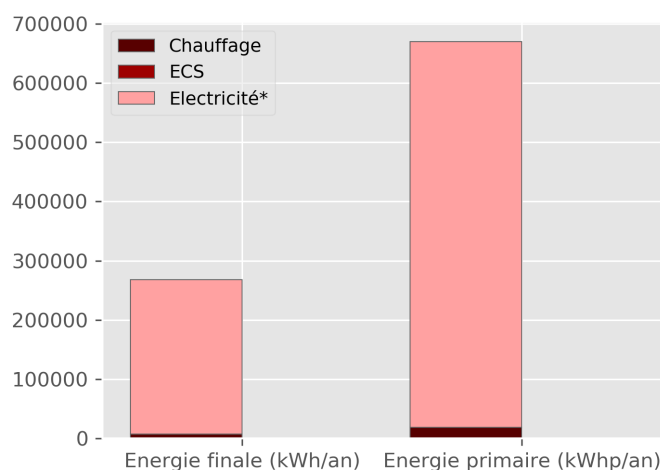
| Photovoltaïque                                                    |          | PAC sol-eau                                                     |                    | PAC air-air                                                     |                    | PAC air-eau                                                     |                    | Chaudière à pellets                                             |                    |
|-------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|
| Bilan énergétique                                                 |          | Bilan énergétique                                               |                    | Bilan énergétique                                               |                    | Bilan énergétique                                               |                    | Bilan énergétique                                               |                    |
| Production d'électricité verte (kWh/an)                           | 46611.0  | Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an) | -595.0             | Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an) | -2887.0            | Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an) | -5379.0            | Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an) | -1744.0            |
| Production spécifique (kWh/kWc)                                   | 832.0    |                                                                 |                    |                                                                 |                    |                                                                 |                    |                                                                 |                    |
| Energie primaire économisée par rapport à la référence (kWh/an)   | 116528.0 |                                                                 |                    |                                                                 |                    |                                                                 |                    |                                                                 |                    |
| Bilan économique                                                  |          | Bilan économique                                                |                    | Bilan économique                                                |                    | Bilan économique                                                |                    | Bilan économique                                                |                    |
| Investissement (€, hors TVA, hors subsides)                       | 75775.0  | Investissement (€, hors TVA, hors subsides)                     | 18160              | Investissement (€, hors TVA, hors subsides)                     | 12841              | Investissement (€, hors TVA, hors subsides)                     | 11337              | Investissement (€, hors TVA, hors subsides)                     | 13585              |
| Coût d'investissement spécifique (€/kWc, hors TVA, hors subsides) | 1352.0   | Taux de rentabilité interne (%)                                 | 0                  | Taux de rentabilité interne (%)                                 | 0                  | Taux de rentabilité interne (%)                                 | 0                  | Taux de rentabilité interne (%)                                 | 0.0                |
| Taux de rentabilité interne (%)                                   | 5.4      | 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 | Temps de retour simple (années)                                 | supérieur à 20 ans |
| Temps de retour simple (années)                                   | 9.9      | Valeur actualisée nette (€)                                     | -30532             | Valeur actualisée nette (€)                                     | -28482             | Valeur actualisée nette (€)                                     | -29812             | Valeur actualisée nette (€)                                     | -7142              |
| Valeur actualisée nette (€)                                       | -6091.0  | 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                 | 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                                           |                    | Bilan environnemental                                           |                    | Bilan environnemental                                           |                    |
| CO2 économisé par rapport à la référence (kg/an)                  | 12911.0  | CO2 économisé par rapport à la référence (kg/an)                | 2136.0             | CO2 économisé par rapport à la référence (kg/an)                | 1882.0             | CO2 économisé par rapport à la référence (kg/an)                | 1606.0             | CO2 économisé par rapport à la référence (kg/an)                | 5276.0             |



## 8. Résultats

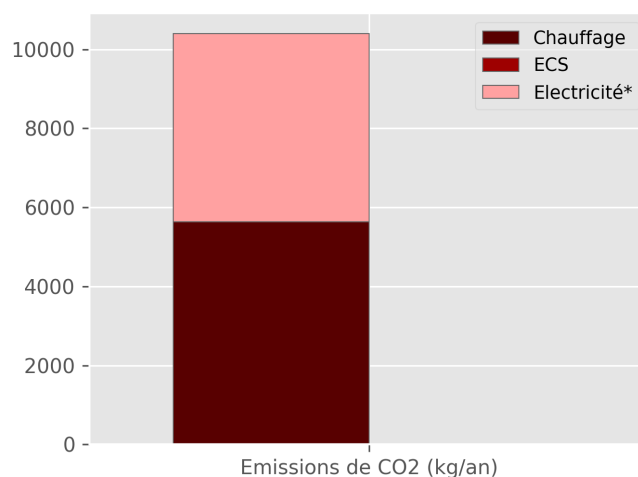
Les **consommations d'énergie primaire** nécessaires peuvent être estimées ainsi que les **émissions globales de CO<sub>2</sub>** associées.

### Consommation pour la technologie de référence



\*éclairage, auxiliaires, froid éventuel

### Emissions de CO<sub>2</sub> annuelles pour la technologie de référence



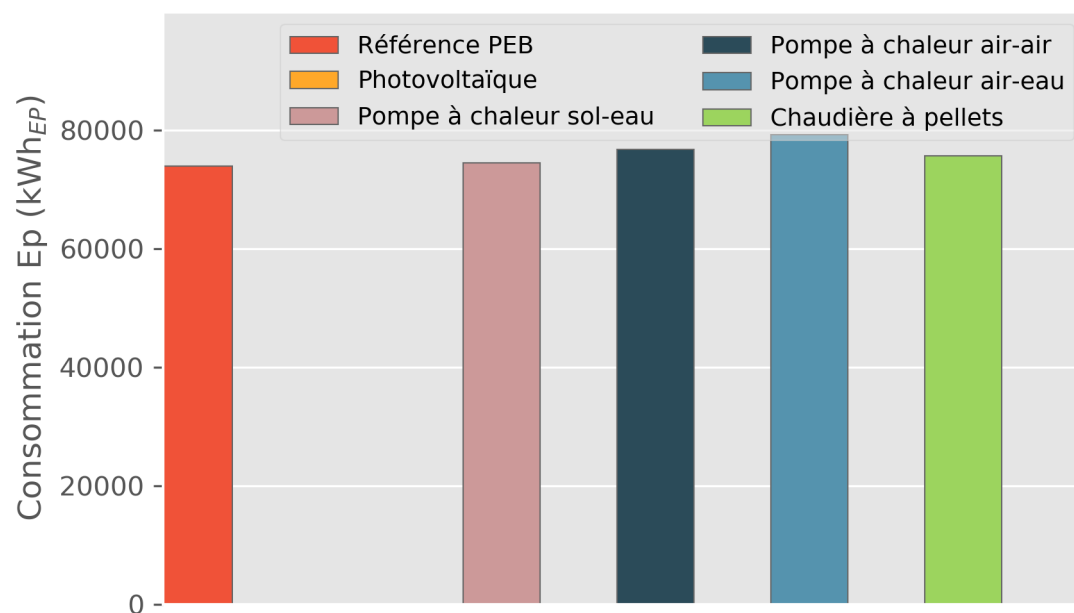
\*éclairage, auxiliaires, froid éventuel

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, refroidissement, auxiliaires et éclairage) est illustrée pour chacune des technologies sur le graphique suivant

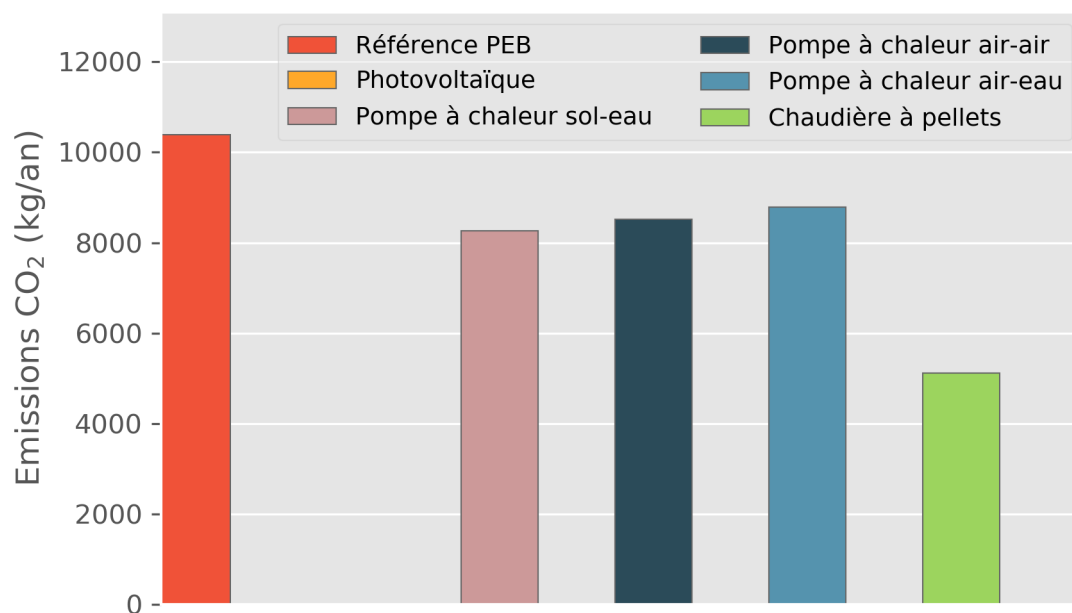


Plus la valeur obtenue pour la situation avec énergie renouvelable est inférieure à la valeur de référence, plus la consommation en énergie primaire économisée est importante.

## 8.2 Analyse environnementale

### *Technologies seules*

Les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> pour le chauffage, le refroidissement, les auxiliaires et l'éclairage 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 CO<sub>2</sub> évitées sont importantes

### 8.3 Analyse économique

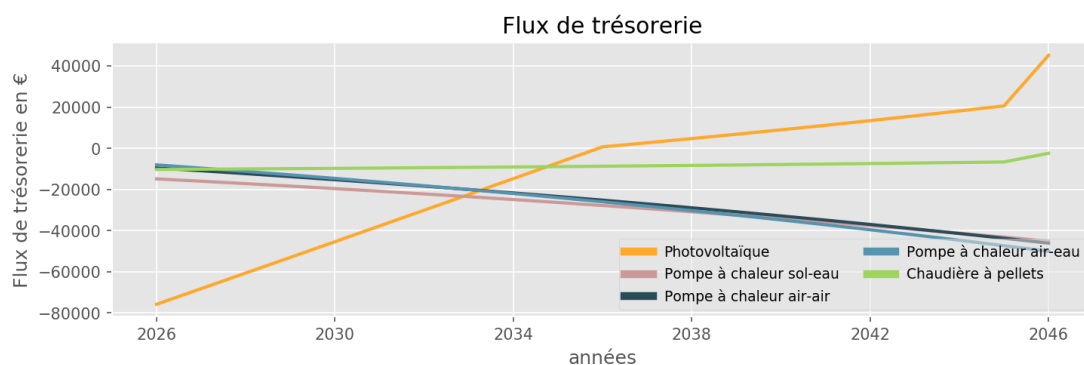
#### Technologies seules

|                            | Investissement<br>(€ TVAC, hors<br>subsidies*) | Frais<br>opérationnels (€<br>TVAC) | TRS (ans)             | VAN (€) sur 20<br>ans | TRI (%) |
|----------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| Référence                  | 3324                                           | 50                                 | -                     | -                     | -       |
| Solaire<br>photovoltaïque  | 75775                                          | 568                                | supérieur à 20<br>ans | -6091                 | 0       |
| Pompe à<br>chaleur sol-eau | 18160                                          | 91                                 | supérieur à 20<br>ans | -30532                | 0       |
| Pompe à<br>chaleur air-eau | 11337                                          | 113                                | supérieur à 20<br>ans | -29812                | 0       |
| Pompe à<br>chaleur air-air | 12841                                          | 128                                | supérieur à 20<br>ans | -28482                | 0       |
| Chaudière à<br>pellets     | 13585                                          | 204                                | supérieur à 20<br>ans | -7142                 | 0.0     |

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:

Les besoins en chauffage étant minime vu l'occupation principalement estivale du bâtiment, il est recommandé l'utilisation de pompe à chaleur air-air ou air-eau. Concernant les besoins en électricité, une installation PV couplée à une batterie de stockage et un système d'électronique de puissance permettrait de réduire la consommation en électricité et en puissance réseau.

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)                              | 26753                         |                     |               |
| 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   |  |  |
| <b>Paramètres financiers généraux</b>                                      |        |  |  |
| 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    |  |  |
| <b>Prix de l'énergie</b>                                                   |        |  |  |
| 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 |  |  |
| <b>Facteurs de conversion en kWh</b>                                                                     |        |  |  |
| Facteur de conversion en kWh pour le mazout (kWh/l)                                                      | 10.78  |  |  |
| <b>Coefficients d'émission de CO<sub>2</sub></b>                                                         |        |  |  |
| Emissions de CO <sub>2</sub> liée à la production d'électricité (kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>p</sub> )  | 0.111  |  |  |
| Emissions de CO <sub>2</sub> liée à la combustion du gaz naturel (kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>p</sub> ) | 0.182  |  |  |
| Emissions de CO <sub>2</sub> liée à la combustion du propane (kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>p</sub> )     | 0.221  |  |  |
| Emissions de CO <sub>2</sub> liées à la combustion du mazout (kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>p</sub> )     | 0.252  |  |  |
| Emissions de CO <sub>2</sub> liées à la combustion de pellets (kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>p</sub> )    | 0.011  |  |  |
| <b>Facteurs de conversion en énergie primaire</b>                                                        |        |  |  |
| 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  |  |  |
| <b>Solaire thermique</b>                                                               |      |  |  |
| 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)                      |      |  |  |
| <b>Photovoltaïque</b>                                                                  |      |  |  |
| 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   |  |  |
| <b>Pompe à chaleur sol-eau</b>                                                                        |      |  |  |
| 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 <sub>test</sub> dans les conditions B0/W35                                                        | 4.30 |  |  |
| COP dans les conditions B0/W45                                                                        | 3.50 |  |  |
| COP dans les conditions B0/W55                                                                        | 2.80 |  |  |
| <b>Pompe à chaleur air-eau</b>                                                                        |      |  |  |
| 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 <sub>test</sub> dans les conditions A2/W35                                                        | 3.10 |  |  |
| COP dans les conditions A2/W45                                                                        | 2.60 |  |  |
| COP dans les conditions A2/W55                                                                        | 1.68 |  |  |
| <b>Pompe à chaleur air-air</b>                                                                        |      |  |  |

|                                                                                        |      |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------|--|--|
| 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 |  |  |
| <b>Biomasse</b>                                                                        |      |  |  |
| 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 |  |  |