

Analyse énergétique de la Ferme de Bassenges

Partnaire externe:

David Gremaud

Chef de projet Energies EPFL VPO-SEEPL
pour la Ferme de Bassenges

Design project

Nna Burgdorfer et Pierre Fevre

Encadrant EPFL:

Jean-Louis Scartezzini

Directeur du Laboratoire d'Énergie Solaire et de Physique du
Bâtiment (LESO-PB)



Contexte

Où ?

Propriété de l'EPFL située à Ecublens



Quoi ?

Bâti anciens du 18^e siècle inscrits au recensement architectural du Canton de Vaud



Qui ?

Collectif qui applique les principes de l'agriculture bio



Source: actu.epfl.ch

HORIZON 2030 ÉMISSIONS CO₂ : -50% PAR RAPPORT À 2006



Source: 24heures.ch

Descriptif du projet

Objectif principal:

Explorer les possibilités pour couvrir l'ensemble des besoins énergétiques de la ferme avec des sources renouvelables et sans émissions de CO₂.

Marche à suivre:

1. Quantifier les besoins énergétiques pour les différentes utilisations (chauffage, éclairages,...)
2. Étudier les sources renouvelables possibles
3. Dimensionner les installations de production d'énergie
4. Quantifier les réductions d'émissions de CO₂ potentielles

1. Quantification des besoins énergétiques

Quel type de besoins?

Besoins en chaleur et en électricité

Quelle utilisation?

Période après les travaux (+Fromagerie, maison d'habitation, local de vente)

Quelle temporalité?

Annuelle et mensuelle

1. Quantification des besoins énergétiques

Besoins thermiques Méthode A

Méthode A: Avec la puissance thermique de la chaudière à mazout actuellement installée

Consommation d'énergie [kWh] = Puissance thermique [kW] x heures à pleine charge [h] x 80 %

Variables	Valeurs
Puissance thermique	27 [kW]
Heures à pleine charge ¹	2'236 [h]
Rendement ²	80 %
Consommation d'énergie	48'297 [kWh]

¹ Heures pendant lesquelles la chaudière fonctionne à pleine charge

² Rendement annuel d'une ancienne chaudière à mazout sans condensation

1. Quantification des besoins énergétiques

Besoins thermiques Méthode B

Méthode B Avec la consommation annuelle de mazout

Consommation d'énergie [kWh] = Consommation annuelle de mazout [L] x Pouvoir calorifique inférieur [kWh/L]

Variables	Valeurs
Consommation de mazout de février 2020 à décembre 2020	2'000 [L]
Consommation annuelle de mazout extrapolée	2'697 [L]
Pouvoir calorifique inférieur du mazout	9.86 [kWh/L]
Consommation d'énergie année 2020	26'592 [kWh]
Consommation d'énergie par unité de surface	137.05 [kWh/m^2]
Surface de référence énergétique totale	442.73 [m^2]
Consommation d'énergie	60'676 [kWh]

1. Quantification des besoins énergétiques

Besoins thermiques Méthode C

Méthode C Besoins pour le chauffage selon la norme SIA380/1 :2009

Besoins de chaleur = Déperditions totales - Apports de chaleur totaux

Déperditions totales : Somme des déperditions par transmissions et par renouvellement de l'air

Apports de chaleur totaux : Somme des apports de chaleur interne et solaires

Locaux	Surface de réf. énér. [m ²]	Besoins thermiques [kWh/an]
Maison carrée	194.04	27'266
Maison vigneronne	180.48	11'234
Locaux annexes	68.21	11'551
Total	442.73	50'051
Eau chaude sanitaire	9 habitants	8'580
Total	-	58'631

Après estimation A, B et C BESOINS THERMIQUES MOYENS : 55'868 kWh/an

1. Quantification des besoins énergétiques

Besoins en électricité

Avant travaux : Factures de la maison carrée et vigneronne = 6,6 MWh/an

Après travaux :

Source	Puissance (kW)	h/j	kWh/jour	j/an	MWh/an
Éclairage	-	-	1,42	356	0,5
Groupe froid (fin avril-fin octobre)	3,5	8	28	183	5,2
Groupe froid (début novembre-début avril)	3,5	2,75	9,6	182	1,8
Séchage à foins	15,2	6	91,2	40	3,2
Piano cuisson	10,3	3	30,9	365	11,3
Braisière	11	2	22	365	8,0
Lave vaisselle	15	1	15	365	5,5
Étuve à yaourts	5	0,5	2,5	365	0,9
Fer à souder	3,5	0,1	0,35	365	0,1
Maison carrée et maison vigneronne	-	-	-	-	6,6
TOTAL	-	-	-	-	43,0

1. Quantification des besoins énergétiques

Émissions actuelles de CO₂

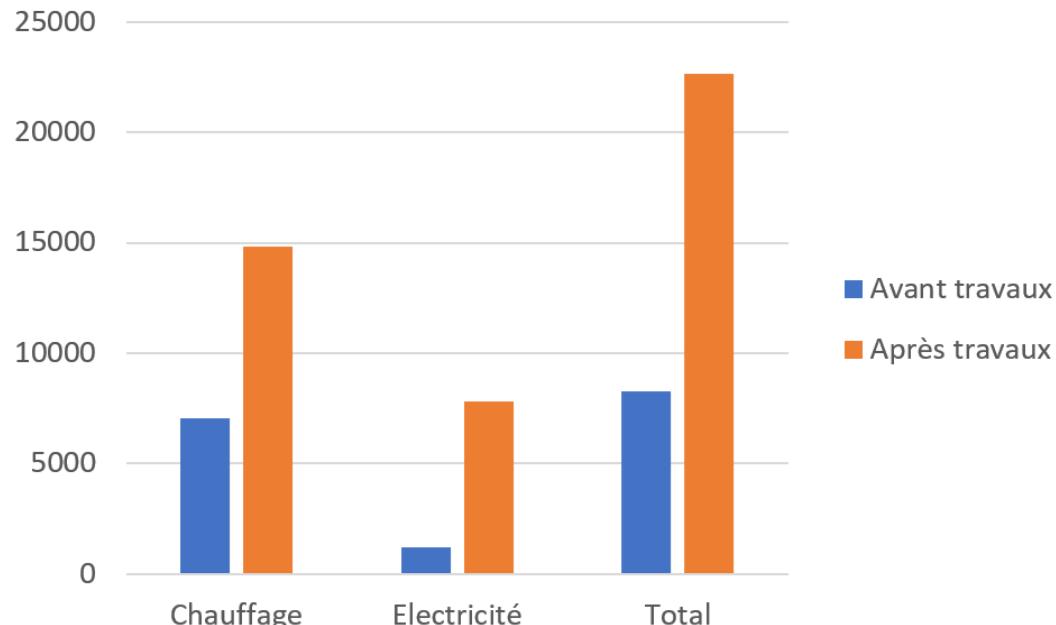
- Mazout :

Rejet de CO₂ par combustion
(265 kg-CO₂/MWh¹)

- Électricité :

Production électrique émettrice de CO₂
(181,5 kg-CO₂/MWh²)

kg-CO₂ / an



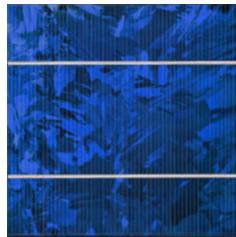
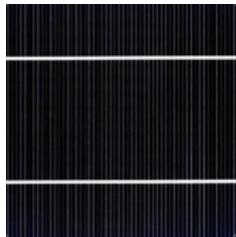
¹ CFEV, Inventaire des gaz à effet de serre

² CFEV, Changements climatiques: Questions et réponses.

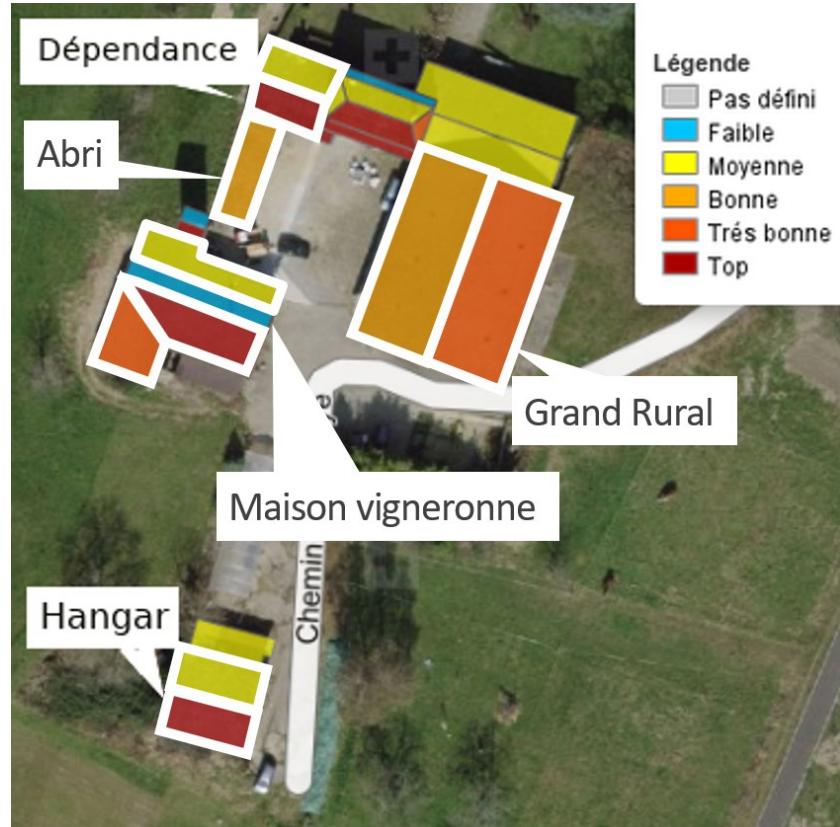
2^e d'énergie Propositions d'installations de production

Couvrir les besoins en électricité

- Scénario 1 : panneaux solaires (PV)
(monocristallins ou polycristallins)



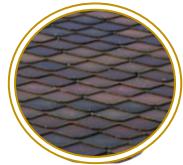
- Scénario 2 : Scénario 1 + tuiles solaires (PV)



2^e d'énergie

Propositions d'installations de production

Couvrir les besoins en électricité - Aspect visuel



Tuiles photovoltaïques
Terracotta®



Panneaux
photovoltaïques
polycristallins



Couvrir les besoins en électricité

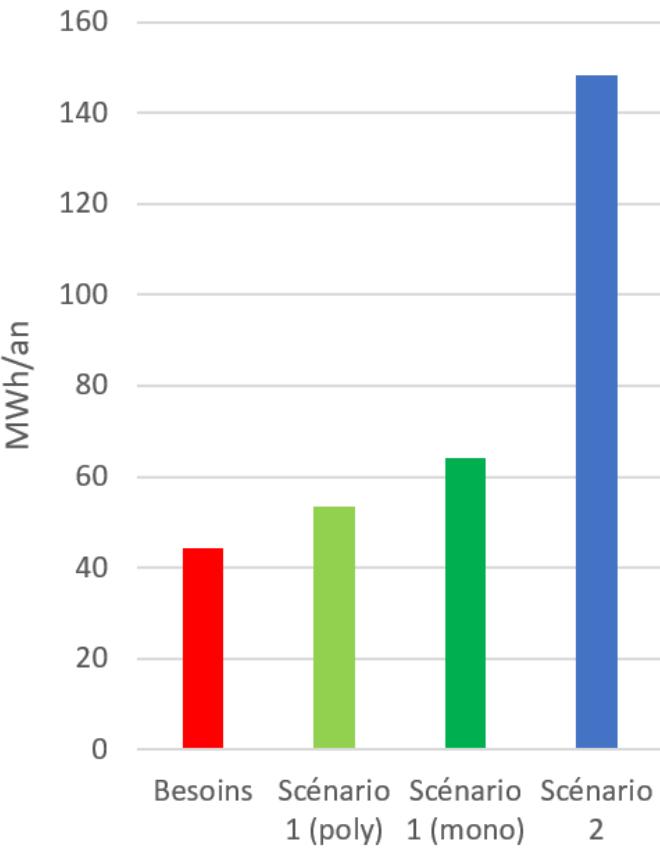
Surface totale :

Scénario 1	Scénario 2
356 m ²	1'194 m ²

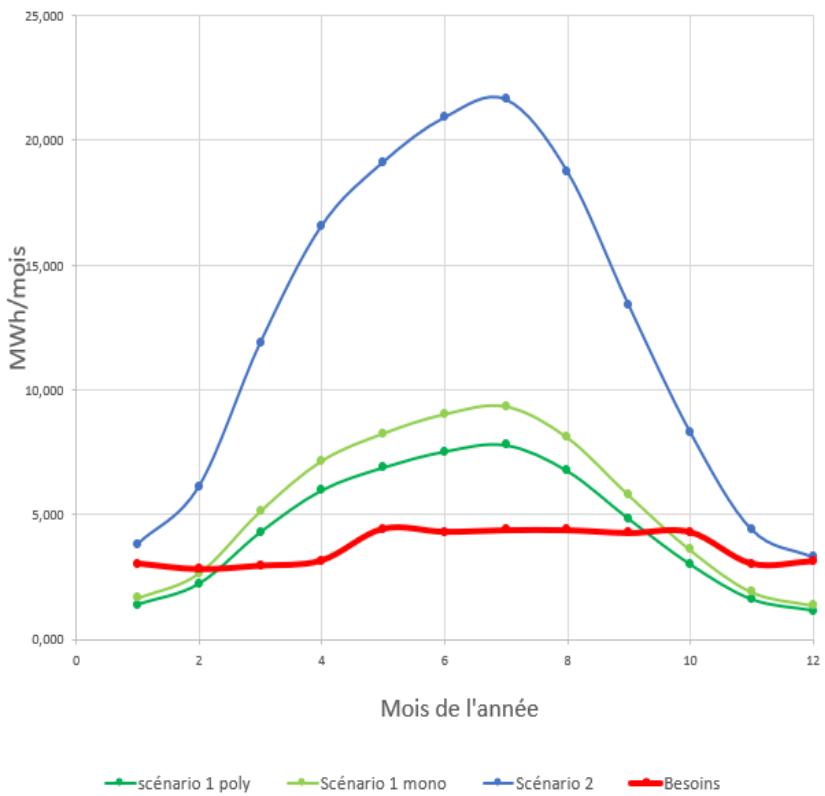
Puissance maximale (\propto rendement) :

Panneaux polycristallins	Panneaux monocristallins	Tuiles PV
170 kW/m ²	204 kW/m ²	111 kW/m ²

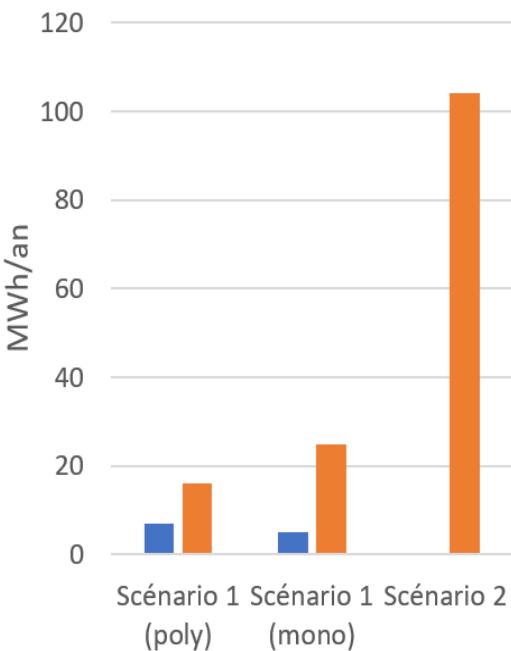
Production annuelle



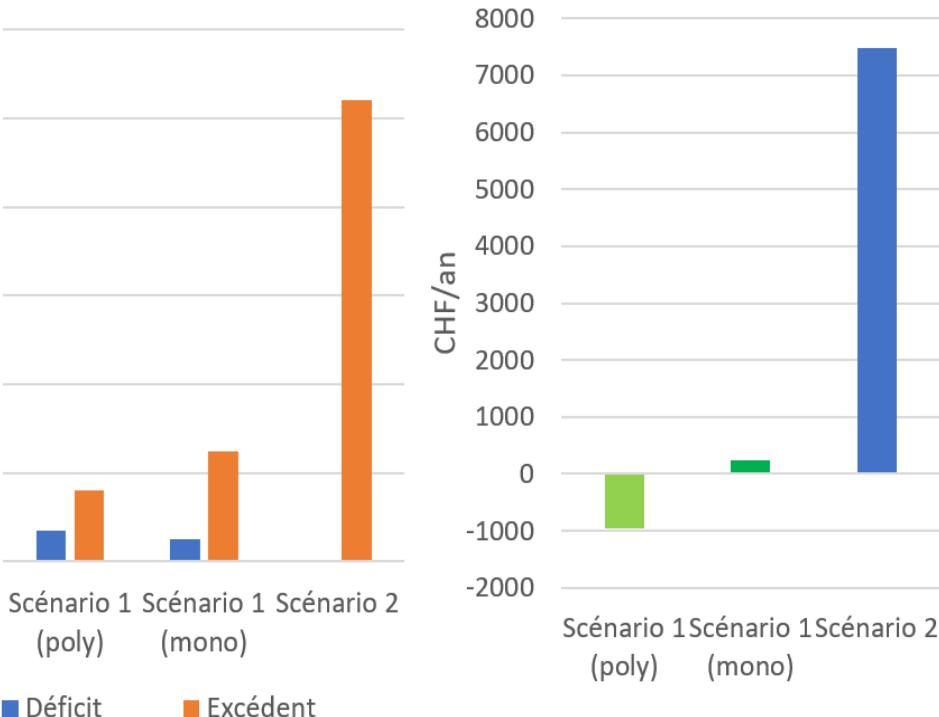
Couvrir les besoins en électricité



Déficit et excédents



Bilan financier (CHF/an)

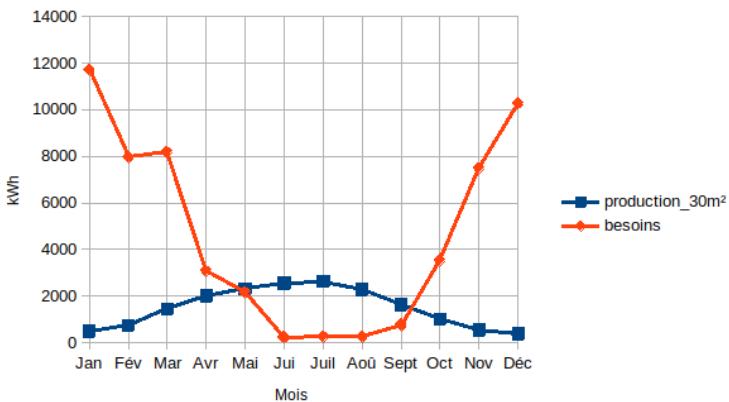


Couvrir les besoins thermiques

Comparaison de 3 scénarios:

1. Chaudière à bois +panneaux solaires thermiques
2. Pompe à chaleur +panneaux solaires thermiques
3. Chaudière à gaz +panneaux solaires thermiques

Les panneaux solaires thermiques couvrent le chauffage d'appoint:



10'245 kWh des 55'560 kWh, soit 18%
des besoins thermiques annuels.



2^e d'énergie Propositions d'installations de production

Couvrir les besoins thermiques Scénario 1

1. Chaudière à pellets de bois + panneaux solaires thermiques

Face sud:
Chaudière



Face nord:
Silo à pellets



Forces

Bilan neutre de CO₂
Combustible local
Combustible issu récupération

Faiblesses

Stockage des granulés
Émissions de PM₁₀ et NO_x
Besoin d'entretien et contrôle

Dimensions

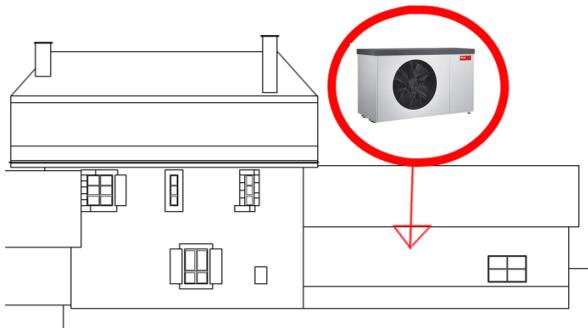
Besoins thermiques à couvrir	45'615 kWh/an
Puissance thermique requise	19.4 kWh/an
Quantité de pellets	9 t ou 14 m ³

Couvrir les besoins thermiques Scénario 2

2.

Pompe à chaleur +panneaux solaires thermiques

Face sud

Face nord:
Pompe à chaleur

Forces

- Non-émettrice de CO₂
- Peu volumineuse
- Pas de stockage de combustible
- Faible entretien

Faiblesses

- Besoin d'électricité
- Impact écologique du fluide caloporteur

Dimensions

Besoins thermiques à couvrir	45'615 kWh/an
Puissance thermique requise	19.4 kWh/an

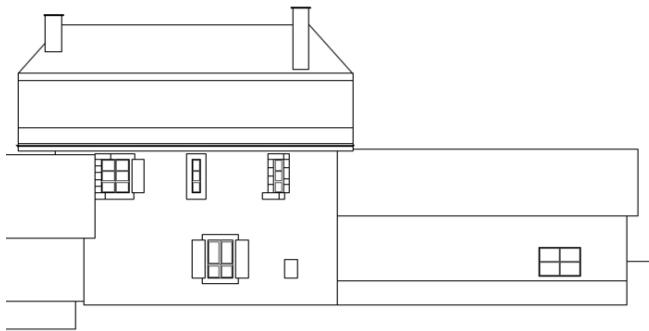
Couvrir les besoins thermiques Scénario 3

3.

Chaudière à gaz + panneaux solaires thermiques

Face sud:
Chaudière

Face nord:



Forces

Peu volumineuse
Pas de stockage de combustible
Faible entretien
Financièrement intéressante

Faiblesses

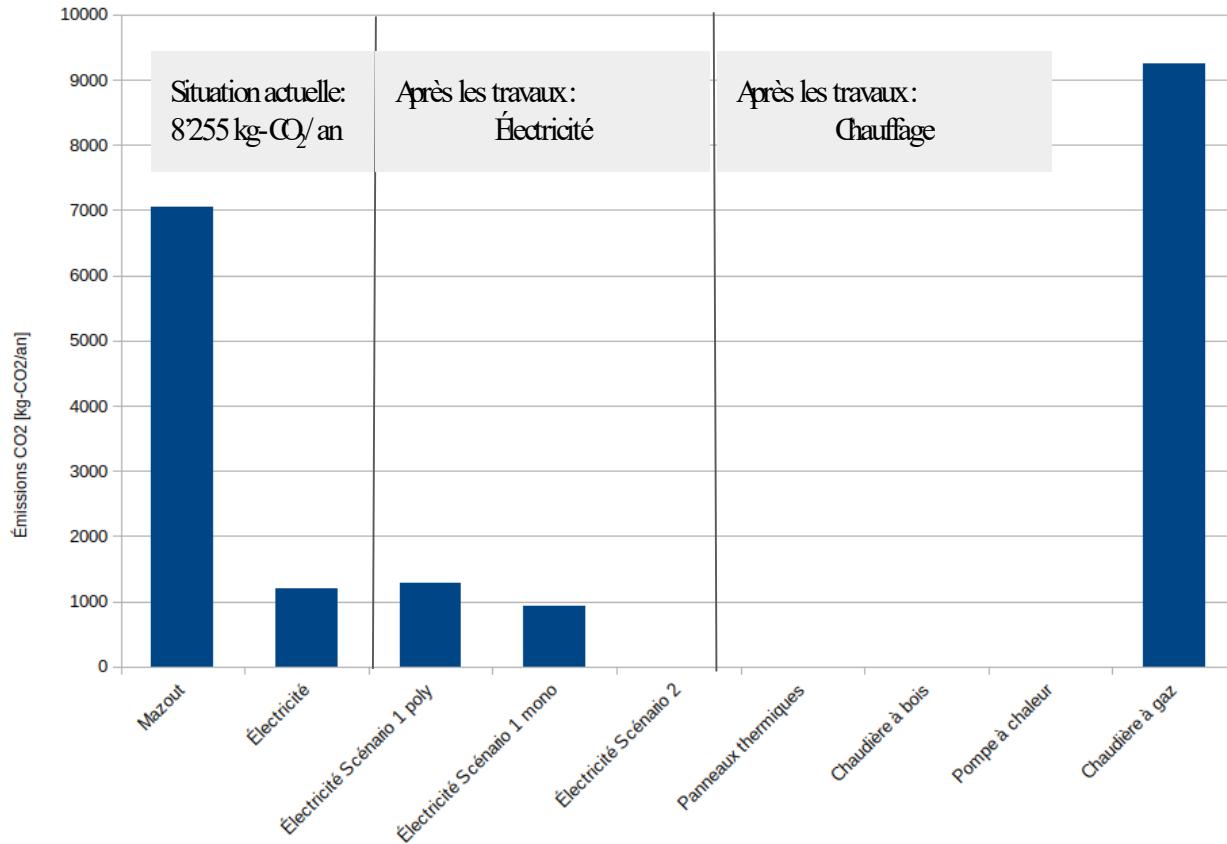
Émettrice de CO₂
Combustible non-renouvelable

Dimensions

Besoins thermiques à couvrir	45'615 kWh/an
Puissance thermique requise	19.4 kWh/an

3.

Émissions de CO₂



Conclusion

- Réduction des émissions de CO_2 atteinte
- Solution retenue: scénario avec la pompe à chaleur est recommandée pour les avantages suivants ( chaudière à bois)
 - faible volume et sans stockage de combustible
 - sans émission de CO_2 ou autres polluants (PM_{10} , NO_x)
- Suggestion d'amélioration: Obtenir des données de consommation des bâtiments après les travaux. L'incertitude du calcul des besoins interroge la pertinence des solutions proposées.