

Analyse énergétique de la Ferme de Bassenges

Partenaire externe:

David Germaud

Chef de projet Énergies EPFL VPO-SEEXPL
pour la Ferme de Bassenges

Design project

Nina 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 Eublens



Quoi ?

Bâts 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

HORIZON2030 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 $[kWh] = \text{Puissance thermique } [kW] \times \text{heures à pleine charge } [h] \times 80 \%$

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 $[L] \times$ 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. éner. [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
Totale	-	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 foin	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 :

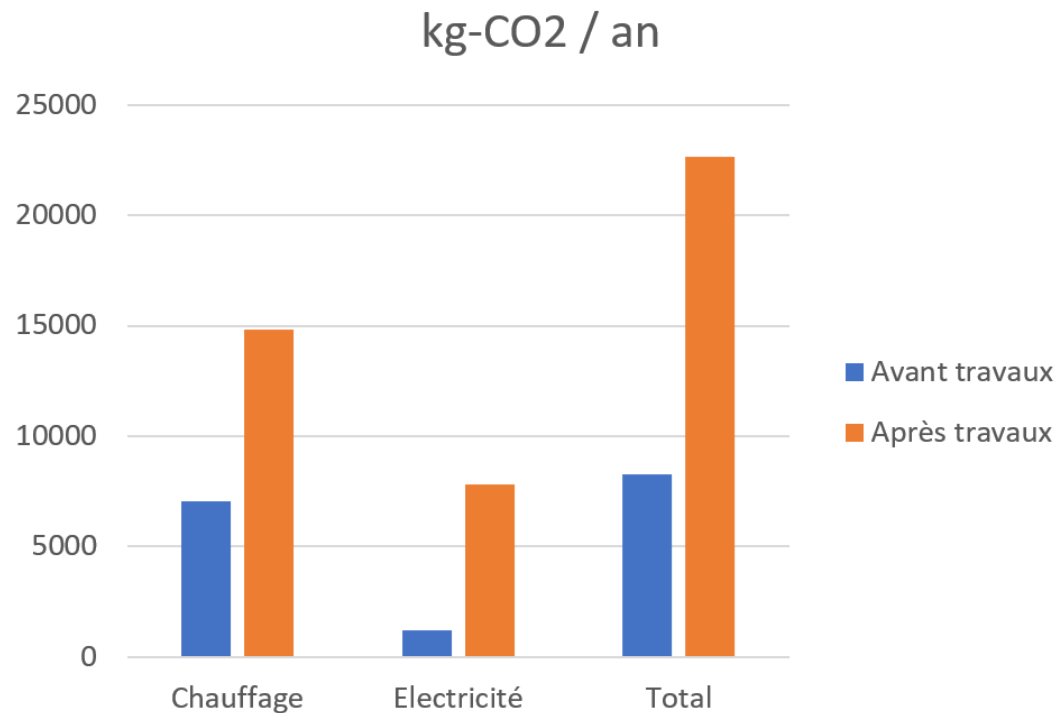
Rejet de CO₂ par combustion

(265 kg-CO₂/MWh¹)

- Électricité :

Production électrique émettrice de CO₂

(181,5 kg-CO₂/MWh²)



¹ CEE, Inventaire des gaz à effet de serre

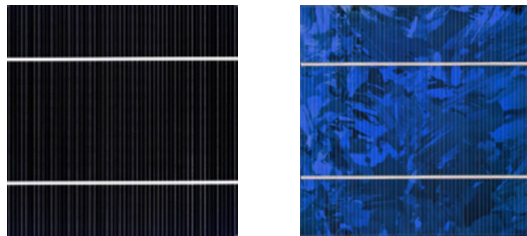
² CEE, Changements climatiques: Questions et réponses.

2^e d'énergie

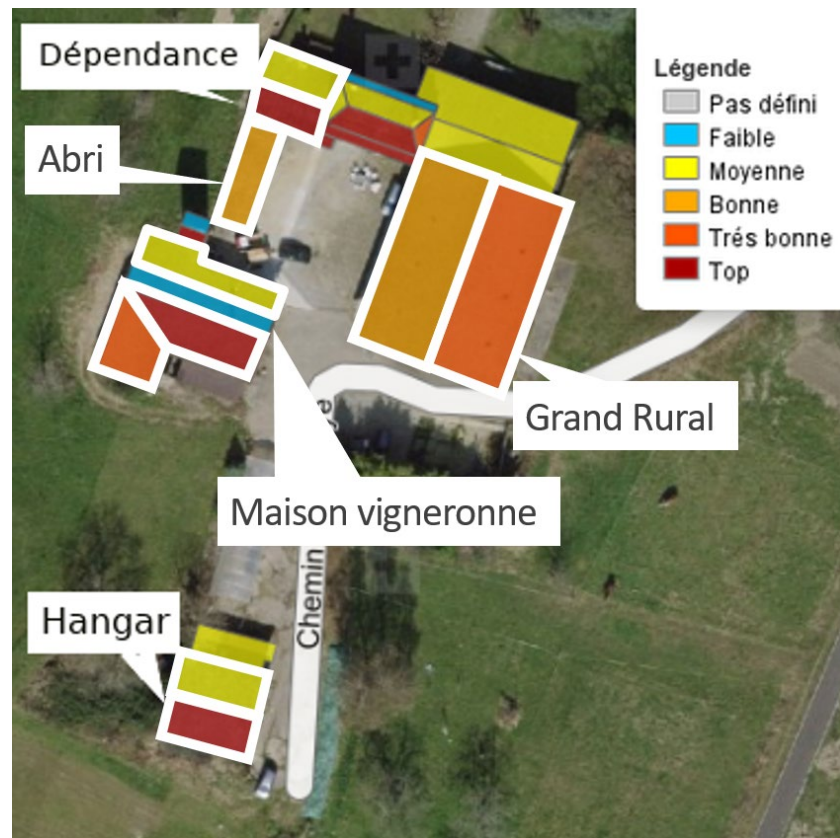
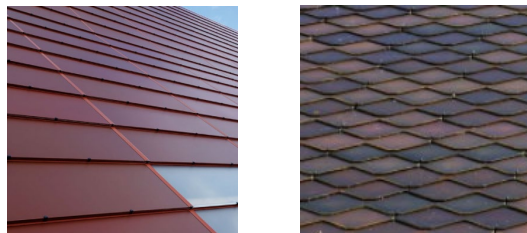
Propositions d'installations de production

Couvrir les besoins en électricité

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



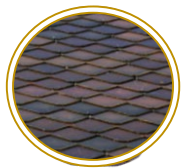
- Scénario 2 : Scénario 1 +tuiles solaires (PV)



2 d'énergie

Propositions d'installations de production

Couvrir les besoins en électricité - Aspect visuel



Tuiles photovoltaïques
Terracotta®



Panneaux
photovoltaïques
polycrystallins



2 d'énergie

Propositions d'installations de production

Couvrir les besoins en électricité

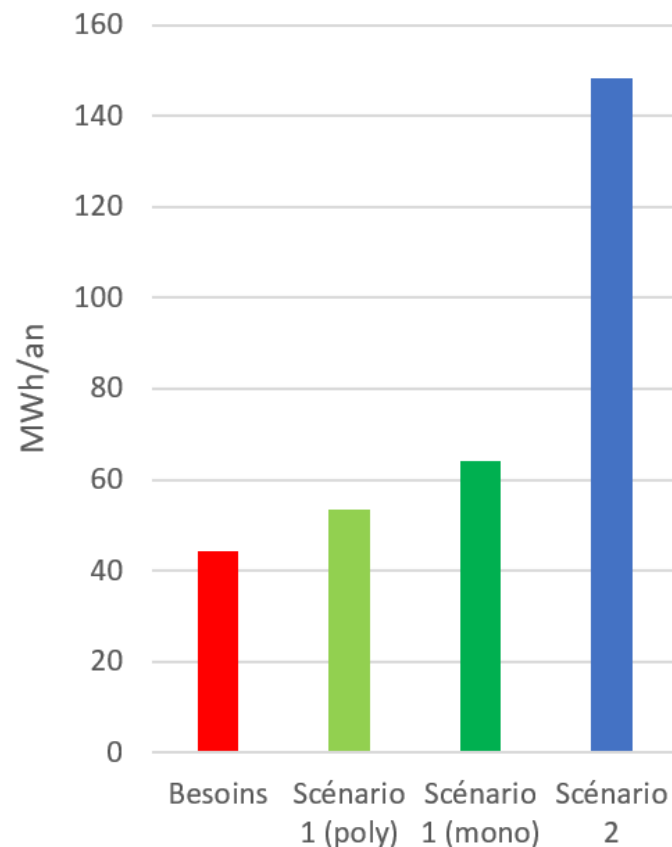
Surface totale :

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

Puissance maximale (\propto rendement) :

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

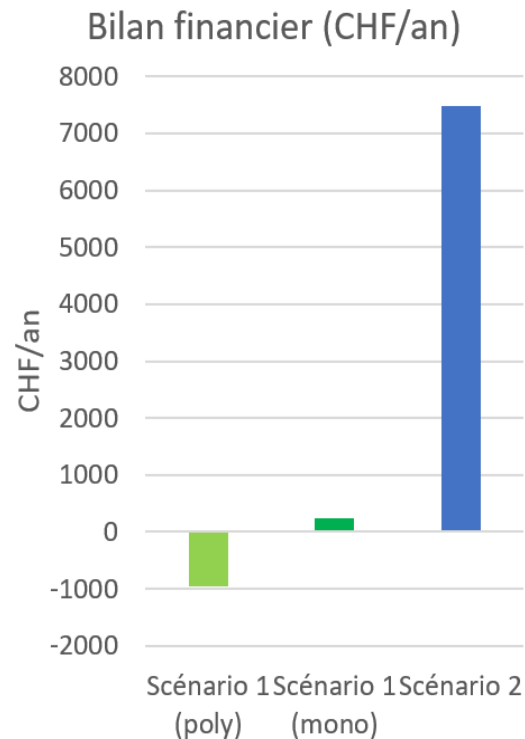
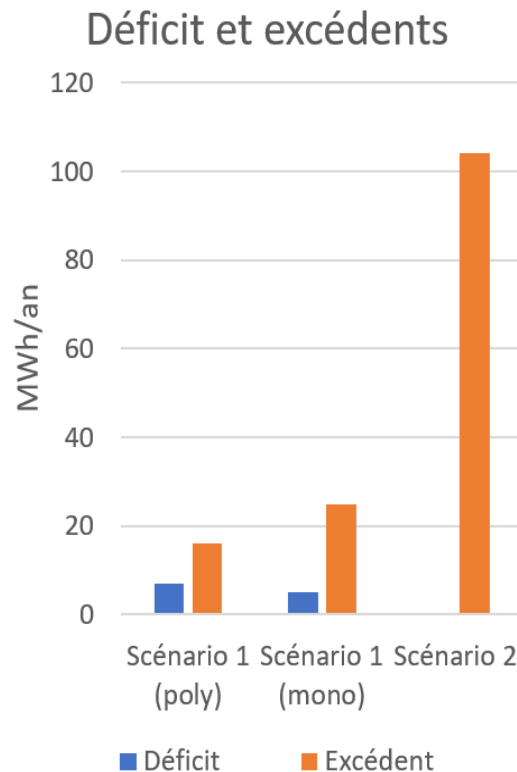
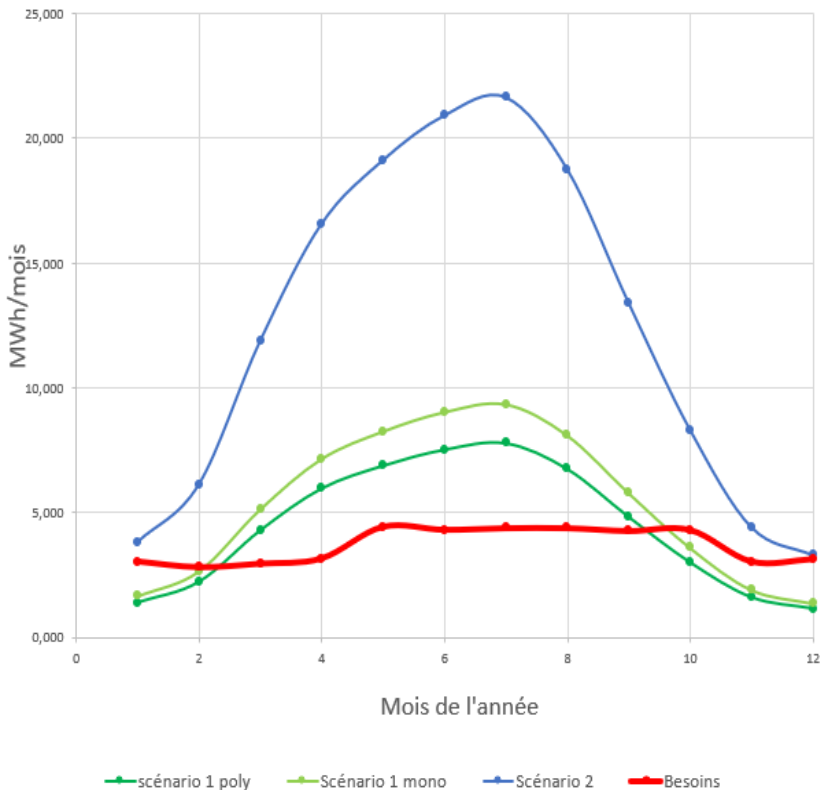
Production annuelle



2^e d'énergie

Propositions d'installations de production

Couvrir les besoins en électricité



2^e d'énergie

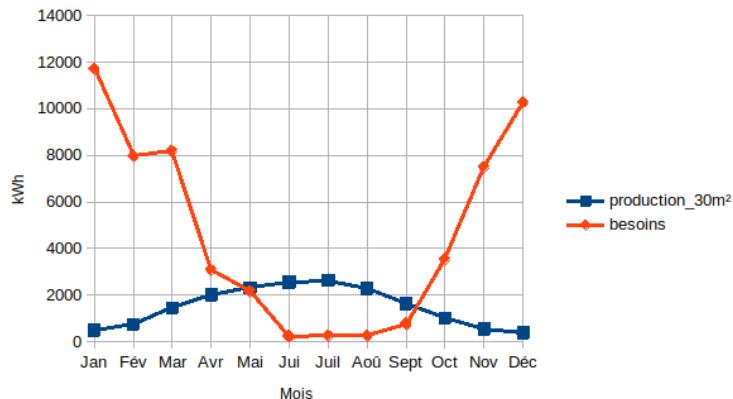
Propositions d'installations de production

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 pour le chauffage d'appoint:



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

Une surface de **30m²**



2^e d'énergie

Propositions d'installations de production

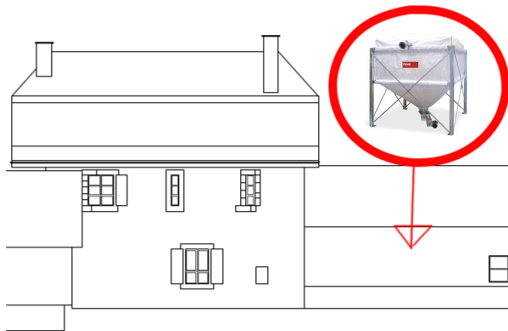
Couvrir les besoins thermiques Scénario 1

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

2. Pompe à chaleur + panneaux solaires thermiques

Face sud



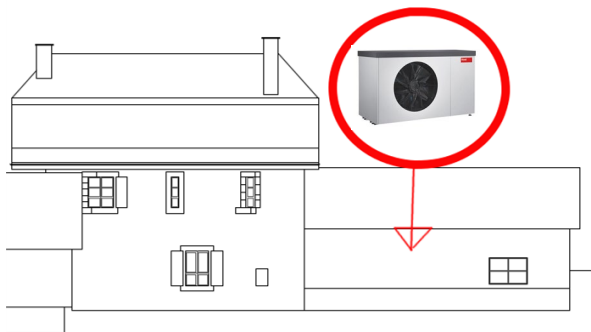
Forces 👍

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

Faiblesses 👎

Besoin d'électricité
Impact écologique
du fluide caloporteur

Face nord
Pompe à chaleur



Dimensions

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

2 d'énergie

Propositions d'installations de production

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 👎

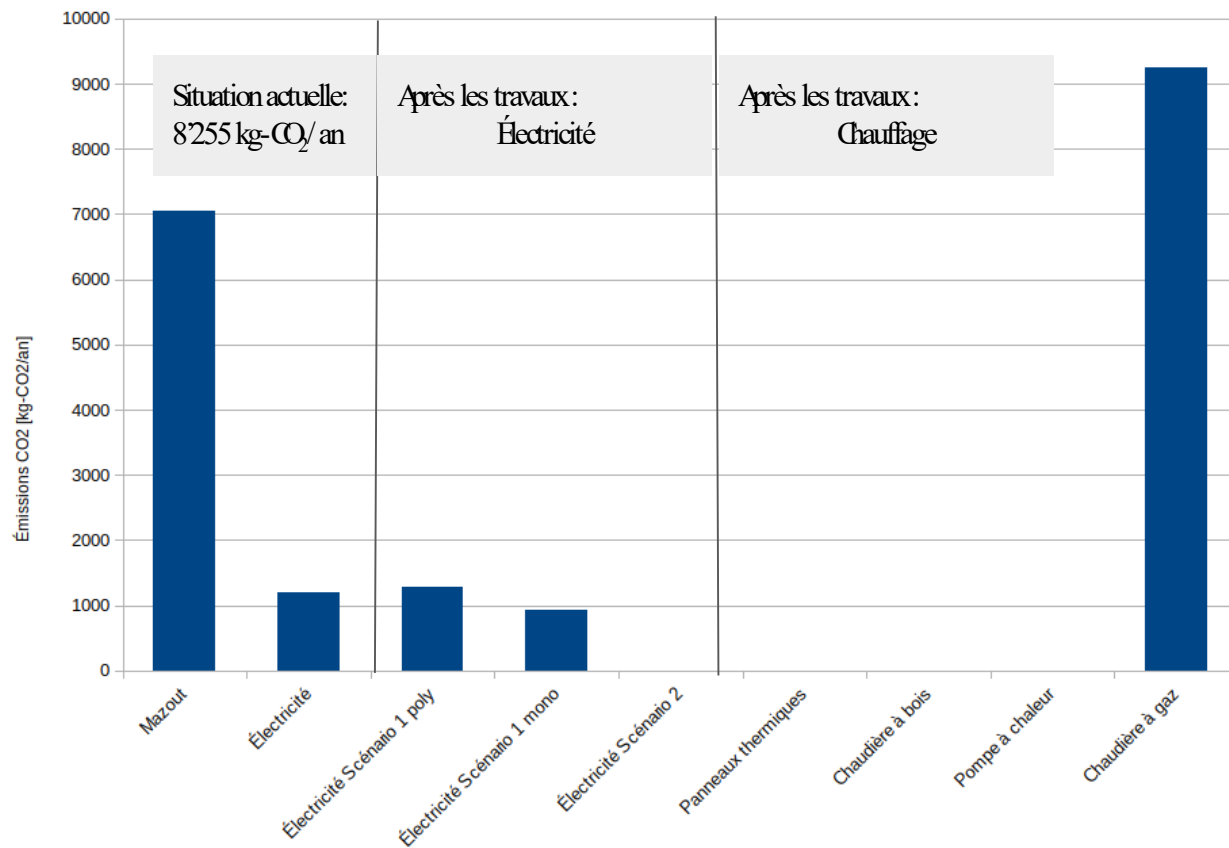
Émettrice de CO₂
Combustible non-renouvelable

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.