



**Enthalpie**

Samuel Champouillon  
Coudert de la Foire  
43160 LA CHAISE DIEU  
06 75 49 32 64  
[s.champouillon@enthalpie.org](mailto:s.champouillon@enthalpie.org)  
[www.enthalpie.org](http://www.enthalpie.org)

# Etude thermique

## Rénovation de maison

Oxalis SCOP  
Broissieux  
73340 Bellecombe en  
Bauges  
04 79 63 31 11  
SA à capital variable  
Siret : 410 829 477 00034  
Code APE : 8299Z  
Organisme de formation  
n° 827 300 657 73

Maître d'ouvrage : Patrick JABOT  
Le Cheix  
63 520 DOMAIZE

## PREAMBULE

Enthalpie propose une approche globale de l'habitat pour réduire au maximum son empreinte environnementale tout en garantissant une cohérence des solutions retenues. Cette approche globale s'appuie sur la définition, que j'ai donnée de l'habitat écologique :

"Un Bâtiment écologique<sup>1</sup> est un bâtiment pour lequel on a pris en compte l'impact qu'il aura sur l'environnement et ses habitants tout au long de son cycle de vie. Il intègre donc une conception bioclimatique<sup>(\*)</sup>, il consomme peu de ressources naturelles (énergies fossiles, eau, etc.), est peu polluant, sain et confortable."

C'est grâce à des choix de conception, de techniques de construction, et à l'utilisation d'énergies renouvelables et de matériaux écologiques qu'il atteint de bonnes performances environnementales.

Sur les aspects énergétiques, j'applique les principes du scénario "Négawatt" pour atteindre les objectifs français de réduction d'émissions de gaz à effet de serre, dont l'énergie est responsable à 85%. Ce scénario propose d'abord de réévaluer nos besoins énergétiques, et ensuite de chercher à les atteindre et voir dans quelle mesure les énergies renouvelables peuvent y répondre.

Ce document fait état des différents entretiens qui ont eu lieu entre le Maître d'Ouvrage et Samuel Champouillon. Il s'appuie sur les données contextuelles du projet (souhaits du maître d'ouvrage, climat, ressources locales...) qu'il analyse pour proposer une palette de solutions adaptées pour réduire l'empreinte environnementale du bâtiment.

C'est un outil d'aide à la décision qui doit faciliter les discussions avec les artisans qui interviendront sur le projet.

---

<sup>1</sup> Ecologique : qui se réfère à l'écologie, c'est à dire la science qui étudie les conditions d'existence d'un être vivant et les rapports qui s'établissent entre cet être et son environnement.

# SOMMAIRE

PREAMBULE .....	1
SOMMAIRE .....	2
DESCRIPTION DE LA MAISON .....	3
1- Murs .....	3
2- Toiture .....	3
3- Sol .....	3
4- Vitrages .....	4
5- Portes .....	4
6- Ponts Thermiques .....	4
7- Ventilation .....	5
8- Synthèse .....	5
CHAUFFAGE .....	6
1- Puissance installée .....	6
2- Puissance chaudière .....	6
3- Consommation annuelle .....	7
4- Distribution et régulation .....	7
EAU CHAUDE SOLAIRE .....	8
1- Besoin en Eau Chaude .....	8
2- Implantation des capteurs .....	8
3- Estimation de la production .....	9
CONCLUSION .....	10
ANNEXES .....	11

# DESCRIPTION DE LA MAISON

Cette partie décrit les différents complexes de paroi qu'il y a dans la maison

## 1- Murs

Description de paroi	Résistance Thermique
Mur principal : Mur en Pierre doublé d'un enduit Chaux-Chanvre banché de 30cm de moyenne	R = 2.70 m <sup>2</sup> .K/W Rappel RT2005 : R = 2,78m <sup>2</sup> .K/W  Surface : 141 m <sup>2</sup>
Mur RdC sur Garage : Mur en pierre doublé	R = 2.5 m <sup>2</sup> .K/W Rappel RT2005 : R = 2,78m <sup>2</sup> .K/W  Surface : 9.5 m <sup>2</sup>
Mur Nord RdC : Mur en pierre doublé d'un enduit fin Chaux-Chanvre	R = 0.33 m <sup>2</sup> .K/W Rappel RT2005 : R = 2,78m <sup>2</sup> .K/W  Surface : 9.5 m <sup>2</sup>
Mur Pignon Nord : Mur en Pierre doublé de 2 x 8cm de laine de chanvre croisés	R = 4 m <sup>2</sup> .K/W Rappel RT2005 : R = 2,78m <sup>2</sup> .K/W  Surface : 9 m <sup>2</sup>

## 2- Toiture

Description de paroi	Résistance Thermique
Isolation sous rampant, 3 couches de laine de Chanvre croisées	R = 5.43 m <sup>2</sup> .K/W Rappel RT2005 : R = 5m <sup>2</sup> .K/W  Surface : 85 m <sup>2</sup>

## 3- Sol

Description de paroi	Résistance Thermique
Plancher sur cave ou chaufferie Isolation entre solive 10cm Chaux- Chanvre	R <sub>éq</sub> <sup>(1)</sup> = 1.25 m <sup>2</sup> .K/W Rappel RT2005 : R = 3.70 m <sup>2</sup> .K/W  Surface : 56 m <sup>2</sup>
Plancher sur terre plein 30cm de Pouzzolane Dalle Chaux-Chanvre	R <sub>éq</sub> <sup>(1)</sup> = 4 m <sup>2</sup> .K/W Rappel RT2005 : R = 3.70 m <sup>2</sup> .K/W  Surface : 22 m <sup>2</sup>

(1) Résistance équivalente à un mur extérieur tenant compte des murs de refend qui descendent jusqu'aux fondations, aux liaisons périphériques avec le sol, etc.

## 4- Vitrages

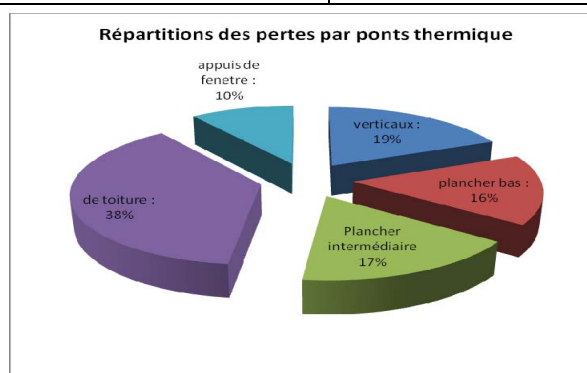
Description de paroi	Résistance Thermique
Fenêtres et porte fenêtres Huisseries bois 56mm + double vitrage 4/12/4 peu émission	R = 2.2 m <sup>2</sup> .K/W Rappel RT2005 : R = 1,8 m <sup>2</sup> .K/W  Surface : 16.8 m <sup>2</sup>

## 5- Portes

Description de paroi	Résistance Thermique
Porte d'entrée Porte en bois	R = 2.4 m <sup>2</sup> .K/W Rappel RT2005 : R = 1,5 m <sup>2</sup> .K/W  Surface : 2 m <sup>2</sup>
Autres Portes	R = 2.4 m <sup>2</sup> .K/W Rappel RT2005 : R = 1,5 m <sup>2</sup> .K/W  Surface : 3.6 m <sup>2</sup>

## 6- Ponts Thermiques

Description de Pont thermiques	Résistance Thermique
Verticaux : Liaison d'Angle Mur de refend-Mur de Façade	$\Psi = 1 \text{ W/m.K}$ Rappel RT2005 : $\Psi = - \text{W/m.K}$  Longueur : 16.4 m
Plancher bas : Plancher RdC (bois) encastré dans le mur Essentiellement plancher terre plein	$\Psi = 1 \text{ W/m.K}$ Rappel RT2005 : $\Psi = 0,40\text{W/m.K}$  Longueur : 14 m
Plancher intermédiaire : Plancher R+1 (bois) encastré dans le mur	$\Psi = 0.30 \text{ W/m.K}$ Rappel RT2005 : $\Psi = 0,55\text{W/m.K}$  Longueur : 50 m
Mur / Toiture : Jonction entre le mur et la toiture	$\Psi = 0.60 \text{ W/m.K}$ Rappel RT2005 : $\Psi = 0,55\text{W/m.K}$  Longueur : 55 m
Fenêtres : Ponts thermiques créés par l'encadrement de fenêtre moins bien isolé que le mur	$\Psi = 0.60 \text{ W/m.K}$ Rappel RT2005 : $\Psi = - \text{W/m.K}$  Longueur : 15 m



## 7- Ventilation

Eléments de ventilation	Caractéristique
Naturelle : non VMC : WC + SdB Hotte de cuisine : oui	Débit : 0.4 Vol/h Vitesse : 1 Efficacité de l'échangeur : 0%
Prises d'air Murale : non Huisserie : non	Section (murale) : 0 Section (huisserie) : 0

Remarque : en cas d'humidité trop important (> 70% HR) ce qui serait surprenant connaissant la respirabilité des murs, il y aura toujours la possibilité de créer des ouvertures dans les huisseries pour faciliter le renouvellement d'air des pièces.

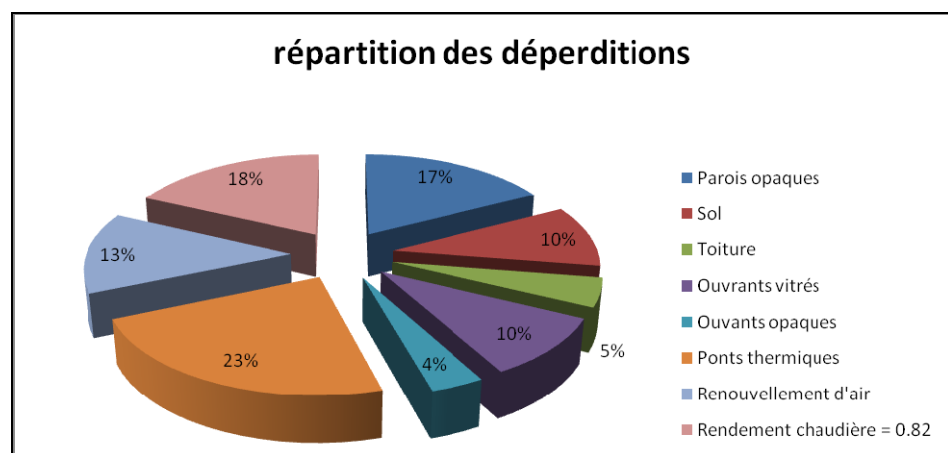
## 8- Synthèse

Les performances de l'enveloppe sont assez conformes à la réglementation RT2005, les 30cm d'enduit chaux chanvre sont nécessaires. La rénovation est un exercice difficile, ici on voit bien qu'une isolation par l'extérieur aurait traité de la même façon l'efficacité des murs avec l'avantage de réduire considérablement les ponts thermiques.

Les fenêtres ne créent pas beaucoup de déperditions malgré leur efficacité moyenne, cela est dû à la faible surface vitrée.

Quelques améliorations pourraient être apportées :

- 1- Isolation du mur Nord du RdC : soit 30 cm chaux-chanvre banché ou isolation comme à l'étage avec 2 x 8cm de laine de chanvre croisés.
- 2- Pose de volet bois aux fenêtres => + 15 à 20% d'efficacité des fenêtres dans notre cas
- 3- Isolation par le dessous du plancher de RdC pour la cuisine. Cette pièce est au dessus de la cave et pour l'intérêt des 2 pièces une bonne barrière isolante est préférable, surtout que c'est facile à faire depuis la cave.



# CHAUFFAGE

## 1- Puissance installée

La puissance à installer se calcule à partir du recensement précédent des différentes sources de déperdition que l'on soumet à une "température de base" représentative des températures moyenne les plus froides du mois de janvier à 0m Alt. Cette valeur est ensuite corrigée de l'altitude du site (tableau en annexes).

Météo de référence	Site
Département : 63 $T_{base}$ : -11°C DJU : 2679 (Ambert)	Altitude : 580m $T_{base}$ corrigée : -14,5°C DJU corrigés : 2690

Besoin net de chauffage : 10 428 W

A ce besoin net on ajoute 20 à 30% :

- 4- En cas de grand froid : Température ext. plus basse que la  $T_{base}$
- 5- En fonction de l'inertie du bâtiment : il faut une certaine surpuissance pour remonter la maison en température. Plus l'inertie est importante plus il faudra de surpuissance.

Puissance mini à Installer : 13 556 W

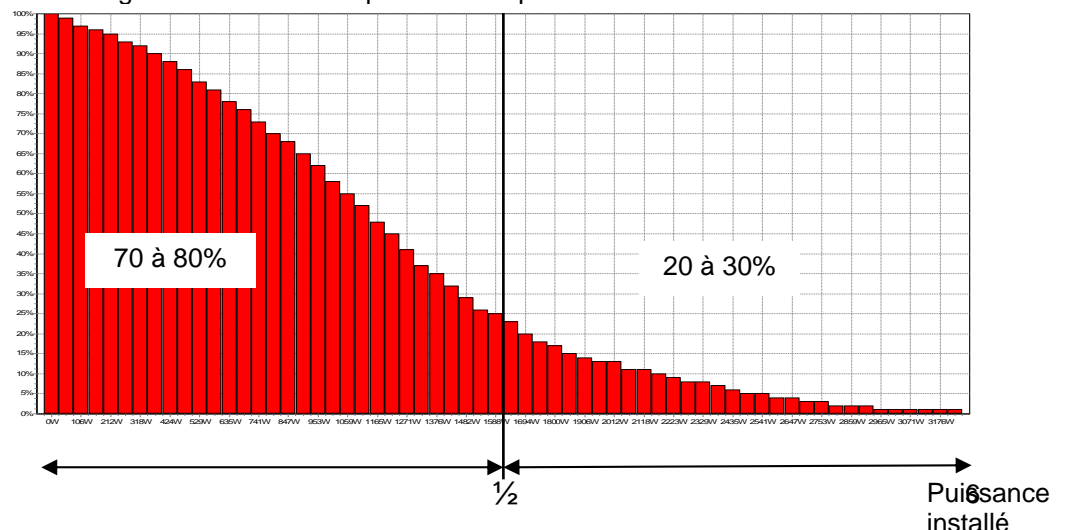
## 2- Puissance chaudière

Choisir une chaudière de 15 kW. Dans cette plage de puissance on trouve encore peu de chaudière au bois déchiqueté et surtout la configuration actuelle de la chaufferie ne permet pas une livraison aisée de bois déchiqueté, il faut donc s'orienter vers une chaudière aux granulés de bois (pellets).

Remarque : lorsqu'il n'y a qu'un seul système de production du chauffage, il est dimensionné pour pouvoir répondre aux quelques cas extrêmes de besoin de puissance : grand froid et/ou remonté en température de la maison...

Par conséquent la chaudière va rarement fonctionner à la puissance pour laquelle elle a été dimensionnée.

Ce diagramme montre la répartition des puissances à fournir sur une année :



Cela veut dire que la chaudière fonctionne 75% de son temps à moins de la moitié de sa puissance, c'est-à-dire en sous régime donc avec un mauvais rendement. Les chaudières bois granulé acceptent plus facilement ce fonctionnement que les chaudières à bûches, leur rendement chute moins. Idéalement lorsque des personnes font installer un insert ou un poêle à bois en plus, il peut être judicieux, si le poêle est bien situé (central), de sous dimensionner la chaudière à 2/3 de la puissance prévue et de se servir du poêle comme complément. Cela demande un certain effort des occupants qui s'avère très pertinent d'un point de vue de l'efficacité énergétique et du bon fonctionnement de la chaudière.

### **3- Consommation annuelle**

Nous utilisons aussi le calcul des déperditions que nous confrontons au nombre de DJU (Degrés Jour Unifiés). Les DJU représentent la rudeur du climat d'un site, il cumule l'intensité du froid et sa durée par rapport à une température intérieure.

Exemple :

Tint : 19°C => DJU calculés par rapport à 18°C (DJU<sub>18</sub>)

1 journée à 3°C de moyenne cela donne  $18 - 3 = 15$  DJU

Ainsi de suite on somme les DJU de chaque journée de la période de chauffe, c'est-à-dire du 15 septembre au 1<sup>er</sup> juin.

Sur Ambert, les DJU<sub>18</sub> des dernières années sont autour de 2680

Estimation des consommations (rendement de chaudière compris) :

**Env. 24 500kWh/an**

En pellets cela représente environ : 5,8 t/an pour le chauffage

### **4- Distribution et régulation**

La chaleur doit être distribuée le plus froid possible, cela peut paraître paradoxale mais plus la température des émetteurs est faible plus ils fonctionnent par rayonnement et non plus par convection. Le corps est plus sensible à une chaleur rayonnée (50%) qu'à une température d'ambiance (25%), en d'autre terme il se réchauffe plus facilement et plus efficacement.

Il faut donc privilégier, dans l'ordre d'efficacité thermique, les planchers, mur chauffants, les radiateurs basse température.

Les tuyaux de distribution de la chaleur seront de préférence gainés même s'il passe dans une zone chauffée pour que la chaleur soit distribuée par ces émetteurs : 1 mètre de tuyau ou circule de l'eau à 60°C = 12 Watt (puissance parasite).

Le circulateur (ou pompe) doit être arrêtée lorsque le brûleur l'est aussi. Cela peu paraître évident mais c'est très rarement le cas, en général mettre la chaudière en mode hiver revient à faire tourner en permanence le circulateur.

La régulation générale doit se faire avec 2 sondes : une extérieure et l'autre intérieur (sonde d'ambiance). Ne pas hésiter à demander au chauffagiste de repasser après 1 saison de chauffe pour recalibrer le programme de régulation ou déplacer la sonde d'ambiance (facile si c'est une sonde par radio fréquence).

Des robinets thermostatiques doivent être placés sur les radiateurs pour régler chaque température de pièce indépendamment.

# EAU CHAUDE SOLAIRE

Lorsque l'on choisit d'installer un chauffe-eau solaire il faut pouvoir prendre en compte l'ensemble de l'installation : chauffage d'appoint, orientation, couverture annuelle, couverture estivale, etc.

## **1- Besoin en Eau Chaude**

Besoins : annuels

Nombre d'occupants : 4 personnes (aujourd'hui 3)

Comportement : économe en eau (douches plutôt que bain et pas tous les jours)

Besoin quotidien estimé : 150L/jour à 50°C (=> 2 530 kWh/an)

## **2- Implantation des capteurs**

Inclinaison de pente de toit : environ 15°

Orientation de pente de toit : Est et Ouest voir Ouest-Nord-Ouest

Positionnement de la chaufferie : extrémité Nord

Masques : Chêne en bout de maison (plein Sud) mais ne générant pas d'ombre portée même en hiver sur la moitié Nord de la maison.

Commentaires :

- 6- La position de la chaudière, et le masque généré par le chêne sont 2 éléments concordants qui nous poussent à placer les capteurs sur la moitié nord de la maison.
- 7- La faible pente de la toiture nous permet de mettre des capteurs solaires même si leur orientation est perpendiculaire au Sud, cela signifie qu'ils fonctionneront essentiellement de juin à septembre et pas en hiver. Ce fonctionnement correspond à la fois à la répartition de l'ensoleillement sur l'année (voir en annexe : 55% dans cette période), et au fonctionnement d'une chaudière bois qui préfère éviter les remises en chauffe quotidiennes pour produire 150L d'eau chaude.

Au vue des simulations faites sur le logiciel SOLO 2000 (agréé par le CSTB), les capteurs seront légèrement surdimensionnés (4 à 5m<sup>2</sup> en fonction des modèles) et placés sur le est de la maison orientation Ouest-Nord-Ouest.

Nous favorisons une orientation Ouest plutôt que Est :

- 8- Ensoleillement meilleur l'après midi que le matin : risque de voile brumeux
- 9- Température extérieure plus chaude au moment ou le soleil frappe les capteurs => meilleur efficacité

Au vue des besoins en eau chaude un ballon de 200L sera suffisant.

### 3- Estimation de la production

E:\Affaires\Jabot\ECES.s2k

#### METEO

<b>Station</b>		<b>Site</b>	
Pays	France	Altitude [m]	580
Départ.	63-Puy-de-Dôme	Distance mer [km]	< 1
Station	(63-aucune)	Millions d'hab.	< 0.5

#### BESOINS

Consommation/jours [l/j]  
moy.: 150

Temp. eau chaude [°C]  
moy.: 50

---

#### Capteurs

Catégorie: **Capteurs vitrés**

Type: **Capteur 03\***

Kc [W/(m².K)] **4.00** Bc **0.70** Ac [m²] **1.00**

---

Inclinaison [°] **15** Nombre **4**

Orientation [°] **105** Surf.totale [m²] **4.00**

**Sans masque**

#### Boucle de captage

Déperdition thermique [W/(m².K)] **4.06**

Calorifugeage **Avec**

Efficacité **0.70**

#### Ballon

Type **200I\_Vertical**

Lieu **Local (non contrôl)**

Vn [l] **200** Vs [l] **170**

Ds [W/K] **1.70**

**Sans appoint**

---

#### RESULTATS

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel
Couverture [%]	12	23	45	68	83	90	88	80	61	34	17	10	49
Besoins [kWh]	234	210	225	210	209	195	196	196	195	213	217	231	2530
Productivité [kWh]	27	49	101	144	174	176	173	157	118	73	36	22	1251
Productivité /m²	7	12	25	36	44	44	43	39	29	18	9	6	313

L'installation devrait couvrir près de 50% des besoins. Il faut donc ajouter 1250kWh à produire par la chaudière soit 360kg de granulé supplémentaire.

Sa productivité est assez moyenne (313kWh/m².an), mais ceci est du à l'orientation, cela veut dire que le système est moins rentable financièrement

La couverture pendant la période estivale est entre 80 et 90% ce qui limitera les allumages de la chaudière.

## CONCLUSION

Le couple chaudière granulé bois et chauffe-eau solaire est un couple qui fonctionne bien : leurs compétences sont complémentaires et le rendement de ces installations est bon.

Dans notre cas, malgré l'orientation de toiture ce tandem est possible et donnera de bons résultats.

15kW, 4m<sup>2</sup>, 200L, 6 tonnes de granulés (9m<sup>3</sup> de silo) et ZERO tonne de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère !

---

## **ANNEXES**

## Estimations des Déperditions

### Parois opaques

surface :	155 m <sup>2</sup>
résistance thermique :	2.007 m <sup>2</sup> .°K/W
<b>Puissance perdue :</b>	<b>2205 W</b> 17%

=> 30cm de banchage chaux/chanvre

T°C de base départementale :	-11.0 °C	station de ref. :	Ambert
Altitude du projet :	580 m	altitude de ref. :	555 m
T°C de base corrigée :	-14.5 °C	DJU 18 de réf. :	2679
Température intérieure :	19.0 °C	DJU du projet :	2690
T°C sous-sol :	12.0 °C		

### Sol

surface :	77 m <sup>2</sup>
résistance thermique :	2.000 m <sup>2</sup> .°K/W
<b>Puissance perdue :</b>	<b>1289 W</b> 10%

=> 10cm béton de chanvre + hérisson puzzolane

Parois opaques	2205 W
Sol	1289 W
Toiture	602 W
Ouvrants vitrés	1238 W
Ouvants opaques	466 W
Ponts thermiques	2926 W
Renouvellement d'air	1701 W
Rendement chaudière = 0.82	2289 W
<b>Total</b>	<b>17177 W</b>

### Toiture

surface :	85 m <sup>2</sup>
résistance thermique :	5.432 m <sup>2</sup> .°K/W
<b>Puissance perdue :</b>	<b>602 W</b> 5%

=> 24 cm de laine de chanvre croisés

### Ouvrants vitrés

Surface :	17 m <sup>2</sup>
Résistance thermique :	0.455 m <sup>2</sup> .°K/W
<b>puissance perdue :</b>	<b>1238 W</b> 10%

=> Uw = 2.4 W/m<sup>2</sup>.K

### Ouvants opaques

Surface :	6 m <sup>2</sup>
Résistance thermique :	0.417 m <sup>2</sup> .°K/W
<b>puissance perdue :</b>	<b>466 W</b> 4%

### Ponts thermiques

Longueur :	150 m
Psi moyen :	0.7
coffre de volets roulants :	0 W
<b>Puissance perdue :</b>	<b>2926 W</b> 23%

### Renouvellement d'air

taux de renouvellement :	0.4
<b>Puissance perdue :</b>	<b>1701 W</b> 13%

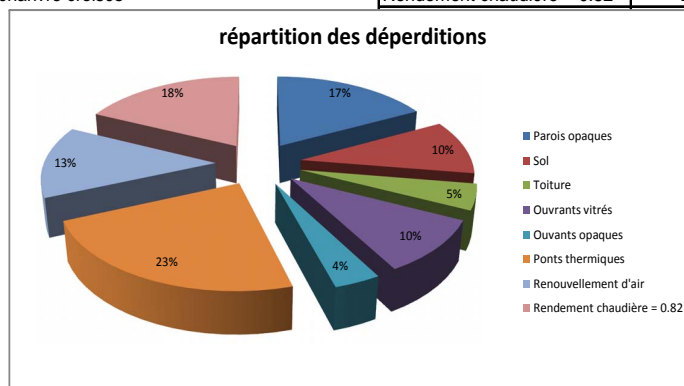
=> infiltrations

<b>Total</b>	<b>10428 W</b>
<b>Rendement chaudière = 0.82</b>	<b>12717 W</b> 18%

=> chaudière granulé bois

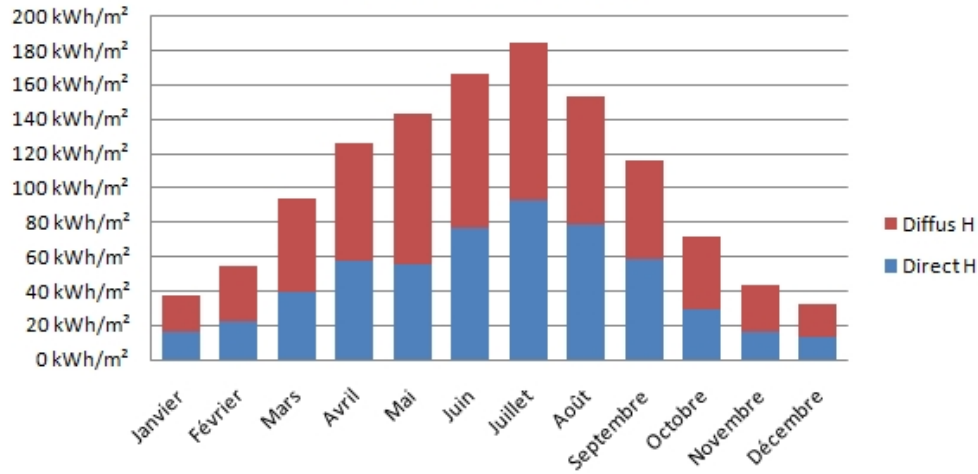
majoration de 30%	<b>13556 W</b>
-------------------	----------------

=> majoration de sécurité pour assurer la relance et pics de gd froid

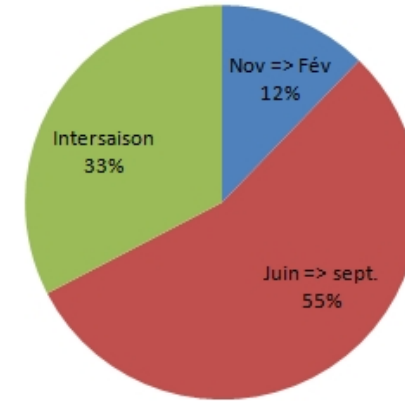


Gv	380 W/°K	1.017
besoin Eau chaude	1250 kWh/an	
Besoins annuels approximatifs	25772 kWh/an	
équivalent en tonne de granulés *	6.14	* 1 tonne = 4200kWh
Facture annuelle	1 319.26 €	à 215€/la tonne
(chauffage + Eau chaude)		

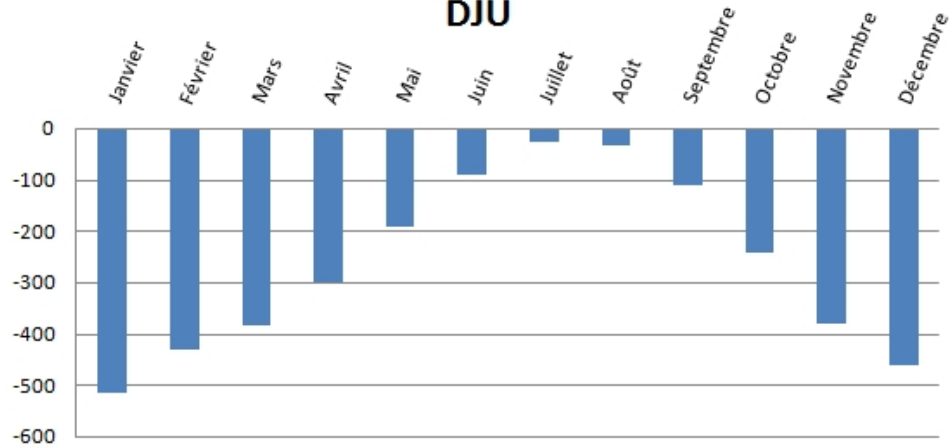
**Ensoleillement du site**



**répartition annuelle de l'ensoleillement direct**



**DJU**



**Plage des Températures par mois**

