Phase 1 : Analyse théorique

Logements sociaux individuels groupés

Aurillac Polygone SA

**Objectif :**

1) Etablir le rendement théorique global de l’installation (Energétique et Economique)

2) Acquérir du vocabulaire technique

3) Comprendre la valeur ajoutée de chaque solution technique tout le long de l’année

**Contexte :**

L'opération est un ensemble de 10 maisons individuelles groupées de géométrie identique, situées sur une parcelle localisée à Aurillac présentant un cadre dégagé. L'ensemble est constitué de deux bandes de 5 maisons en R+1. Les 10 pavillons présentent la même orientation Nord/Sud. Les pavillons 3 et 4 sont accolés de même que 5 et 6. Les pavillons 9 et 10 sont accolés en quinconce.

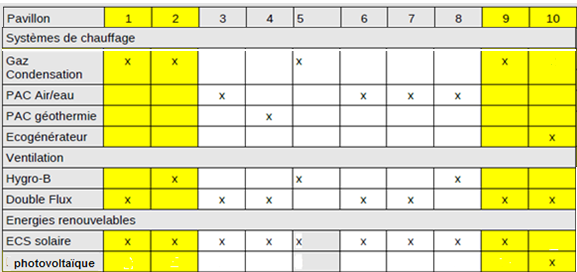
Les autres sont joints par les garages.

L'architecture de tous les pavillons est sensiblement identique (différence entre les pavillons au Sud de la Parcelle et au nord). Seules les natures des matériaux constitutifs de l’enveloppe et celle des systèmes de chauffage et de production d’eau chaude sanitaire, (PAC Air/eau, PAC géothermique, chaudière à condensation, micro-cogénération (écogénérateur)), varient.

Un des pavillons est équipé de capteurs photovoltaïques.

Les pavillons 1,2, 9 et 10 sont instrumentés.

Résumé des caractéristiques des différents pavillons



**Caractéristiques techniques :**

Les quatre pavillons ont en commun les caractéristiques suivantes :

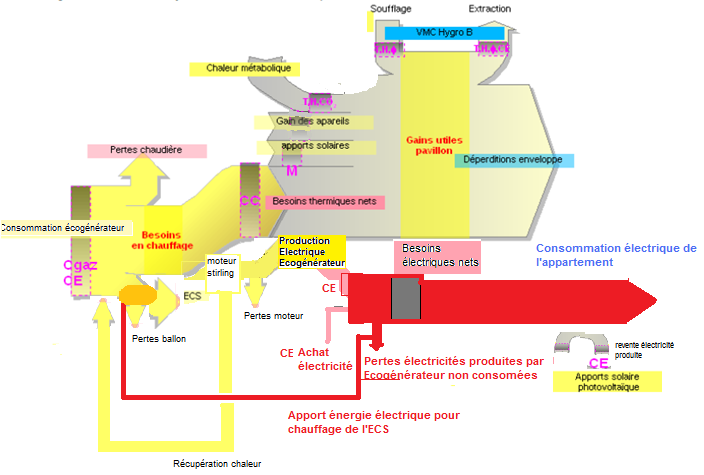
Logements individuels traversant en RdC et R+1 avec ouvertures principales en façade sud, avec murs porteurs à inertie, isolés par l'extérieur. Chaque pavillon a un garage attenant constituant un volume tampon. Les systèmes de production de chaleur et d'eau chaude sanitaire sont individuels.

Les pavillons 1,2 et 9 sont équipés d'une chaudière Gaz à condensation utilisée pour le chauffage, et couplée à des panneaux solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire.

Le pavillon 10 est équipé d'un éco-générateur : il s'agit d'un système de micro-cogénération produisant à la fois l'énergie nécessaire au chauffage et à l'Eau chaude sanitaire, et l'électricité nécessaire aux auxiliaires de chauffage et d'ECS.

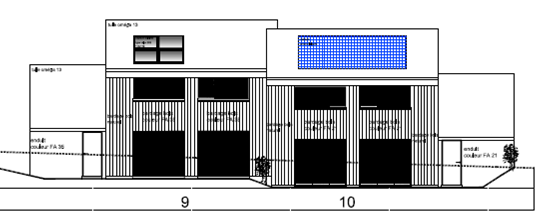
***Dans ces travaux pratiques nous étudierons plus particulièrement le pavillon 10.***

**Diagramme de Sankey du pavillon 10 :**



 VMC

Plan du pavillon étudié



Façade sud

SudNord

ETAGE

REZ DE CHAUSSE

**Données techniques sur le pavillon 10**

**Lieux**

Département sélectionné : CANTAL

Numéro de département : 15

Altitude : 687 m

Zone Climatique : Zone H1c

Exposition aux bruits générale : BR1

DJU 2935

**Bâtiment**

Ubât = 0.349 W/m2 K

Surface habitable 93,74 m²

Surface (Shon) 112,49 m²

Hauteur du bâtiment 7,40 m

Hauteur de la zone 2,50 m

**Emetteur**

Type d'émetteur chaud : Radiateur basse température

Robinet thermostatique certifié

**Générateur : DE DIETRICH**

Mode de production Chauffage et fourniture de l’ecs par accumulation

Type de générateur chaudière micro-cogénération

Type d'énergie pour la production de chaud Gaz

Puissance nominale chauffage 23,70 kW

Rend. PCI 100% de charge temp.70°C (Rpn) 95,30 %

Rend. PCI charge partielle (Rpint) 92,50 %

Pertes à Ch. nulle pour dT=30°C 0,09 kW

Type de ballon de la chaudière Ballon séparé

Puissance thermique produite du moteur Stirling 5,88 kW

Puissance électrique produite du moteur Stirling 1,00 kW

**Caractéristiques du ballon d'eau chaude**

Volume de stockage 130,00 litres

Constante de refroidissement 0,369

**VENTILATION**

Type de ventilation mécanique Double Flux

Efficacité de l'échangeur 92,00 %

Puissance du ventilateur 57,00 W

Débit Extrait de pointe 180 m3/h

Débit Extrait de base 105 m3/h

**PHOTOVOLTAIQUES**

Puissance crête 2,10 kWc

Orientation du module photovoltaïque Sud

**BILAN ENERGETIQUE**

**1) Evaluation de la production du photovoltaïque**

Cout d’investissement 16800 €

Cout de la revente 0.55€/kWh

Bilan de production à Aurillac (Logiciel Calsol de l’INES, gratuit)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| - | jan | fév | mars | avr | mai | juin | juil | août | sep | oct | nov | déc | année |
| [Prod (kWh)](http://ines.solaire.free.fr/pvreseau_1.php) | 83 | 107 | 176 | 211 | 223 | 253 | 285 | 251 | 209 | 144 | 95 | 71 | 2108 |

Donc 2108\*0.55= 1159.4€/an

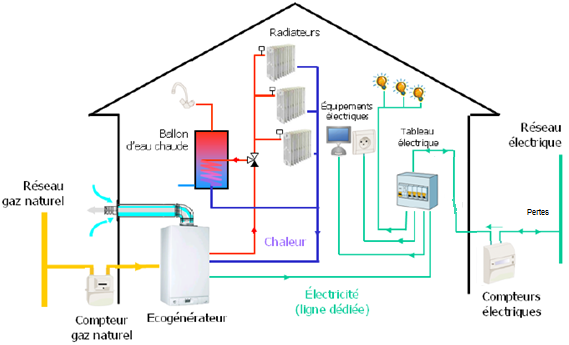
Donc on amorti en 14.5 ans (sans compter le cout du prêt)

**2) Evaluation de la production VMC double flux**

(Exploitation possible si vous voulez mais pas nécessaire, document Helios ventilation fournie)

**3) Evaluation de l’éco-générateur**

Schéma de principe de l’installation de l’éco-générateur:



Zoom sur l’écogénérateur



Le pavillon est équipé des appareils électroménagers suivant

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Type d’appareil** | **Puissance en service en W** | **Puissance en veille en W** | **Fréquence d’utilisation en h/j** |
| **Cuisine** | Micro onde | 1000 | 26 | 0.5 |
|  | Four | 2000 |  | 1 |
|  | Plaque de cuisson | 2500 |  | 1 |
|  | Cafetière | 500 |  | 0.16 |
|  | Lave vaisselle | 1900 |  | 2 |
|  | Réfrigérateur | 180 | 10 | 1.5 |
|  | Hotte | 300 |  | 0.5 |
|  | VMC | 57 |  | 24 |
|  |  |  |  |  |
|  | Fluorescente | 4\*36 |  | 3 |
| **Buanderie** | Congélateur | 200 | 30 | 1 |
|  | Lave linge | 1500 |  | 1.2 |
|  | Sèche linge | 3000 |  | 1 |
|  | Eclairage |  |  | 0.5 |
|  | Fluorescente | 36 |  |  |
| **Salon** |  |  |  |  |
|  | TV Plasma | 344 | 3 | 3 |
|  | Ordinateur avec écran plat | 70 à 80 | 3 | 6 |
|  | Téléphones sans fil |  | 18 | 24 en veille |
|  | Chaine hifi |  | 18 | 24 en veille |
|  | Démodulateur d’antenne satellite |  | 15 | 24 en veille |
|  | Décodeur canal + |  | 14 | 24 en veille |
|  | Eclairage |  |  |  |
|  | Halogène | 6\*40 |  | 3 |
| **Par chambre** | Radio réveil |  | 2 | 24 en veille |
|  | TV LCD | 250 | 8 | 1 |
|  | Eclairage |  |  |  |
|  | Fluorescente | 36 |  | 3 |
| **Par salle de bain** | Eclairage |  |  |  |
|  | Fluorescente | 3\*36 |  | 1 |
|  | Aspirateur | 1600 |  |  |
|  | Ordinateur | 340 | 210 |  |
|  | Fer à repasser | 2000 |  |  |
|  | Machine à coudre | 100 |  |  |

La consommation d'électricité à la maison (hors chauffage) se répartit entre les usages suivants : les réfrigérateurs/congélateurs 32%, l'éclairage 14%, le lave-vaisselle 14%, le sèche-linge 14%, les modes de communication (TV, ordinateur, téléphone..) 12%; le lave-linge 7% et les autres usages 7%. (Source ADEME).

Scénario de vie le 08/01/2010

Le pavillon est occupé par une famille de 4 personnes

Madame fait télétravail à mit temps

La famille se lève à 6h30

Ils se préparent dans leur chambre pendant 20 minutes

Ils occupent les salles de bain 10 minutes chacun

Le premier prêt fait le café (4 minutes) dans la cuisine, et chauffe de lait au micro-onde pendant 2 minutes, (2 minutes après le début du café)

Le petit déjeuné dure en tout 1h minutes

En dehors de madame, tous quittent le pavillon à la même heure.

Madame commence son ménage.

1h d’aspirateur.

1h de repassage.

De 10h à 12h madame coud.

A 12h madame mange à la maison elle réchauffe un plat au micro-onde pendant 15 minutes.

A 13h elle envoie une machine à laver qui sèche le linge également, les deux cycles se succèdent.

A 13h30 Elle commence sont activité à la maison sur ordinateur jusqu’à 18h30.

A 17h30 les enfants reviennent de l’école et vont directement dans leurs chambres il allume l’éclairage et commence avec 1h de devoirs et 1h de télé.

A 18h30 monsieur rentre, allume le salon et la télé, et commence à préparer le repas le four, le plaque de cuisson et la hotte sont allumés pendant une heure, pendant ce temps là madame est assise dans le salon.

A 19h30 la famille dîne dans la cuisine pendant 45 minutes.

Les enfants vont se doucher (10 minutes) l’un après l’autre dans la salle de bain de l’étage et vont lire 1h dans leur chambre avant de ce coucher.

L’un des parents range le linge dans la buanderie (1/4 heure) pendant que l’autre range la table et lance le lave vaisselle.

Ils se douchent l’un après l’autre dans la salle de bain d’en bas (15 minutes en tous)

Ils s’installent à 20h45 devant un film dans le salon éclairage éteins.

A 23h ils vont dans leur chambre et se couche.

On peut donc en utilisant ce scénario définir l’appelle de puissance du pavillon sur 24 heures

Relevé de température et d’humidité le 08/01/2010 heure par heure

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Date - Heure | Température | Humidité | Puissance thermique | Temps min | Temps en h | Kwh produit |
| 09/01/2010 00:00 | -6,10 | 94,80% | 2,44 | 25,49 | 0,73 | 0,24 |
| 08/01/2010 23:00 | -6,10 | 96,20% | 2,44 | 25,49 | 0,73 | 0,24 |
| 08/01/2010 22:00 | -5,80 | 89,80% | 2,42 | 25,19 | 0,72 | 0,24 |
| 08/01/2010 21:00 | -5,80 | 89,80% | 2,42 | 25,19 | 0,72 | 0,24 |
| 08/01/2010 20:00 | -5,60 | 87,80% | 2,40 | 25,00 | 0,72 | 0,23 |
| 08/01/2010 19:00 | -5,40 | 85,80% | 2,38 | 24,80 | 0,71 | 0,23 |
| 08/01/2010 18:00 | -5,00 | 87,20% | 2,34 | 24,41 | 0,70 | 0,23 |
| 08/01/2010 17:00 | -4,70 | 87,20% | 2,31 | 24,12 | 0,69 | 0,23 |
| 08/01/2010 16:00 | -4,10 | 82,70% | 2,26 | 23,53 | 0,68 | 0,22 |
| 08/01/2010 15:00 | -3,50 | 79% | 2,20 | 22,95 | 0,66 | 0,21 |
| 08/01/2010 14:00 | -2,90 | 82,20% | 2,14 | 22,36 | 0,64 | 0,21 |
| 08/01/2010 13:00 | -2,40 | 79,20% | 2,10 | 21,87 | 0,63 | 0,20 |
| 08/01/2010 12:00 | -1,60 | 74,10% | 2,02 | 21,09 | 0,61 | 0,20 |
| 08/01/2010 11:00 | -1,80 | 78,10% | 2,04 | 21,29 | 0,61 | 0,20 |
| 08/01/2010 10:00 | -2,30 | 79,20% | 2,09 | 21,78 | 0,63 | 0,20 |
| 08/01/2010 09:00 | -1,30 | 61,70% | 1,99 | 20,80 | 0,60 | 0,19 |
| 08/01/2010 08:00 | -1,80 | 74,10% | 2,04 | 21,29 | 0,61 | 0,20 |
| 08/01/2010 07:00 | -1,70 | 70,80% | 2,03 | 21,19 | 0,61 | 0,20 |
| 08/01/2010 06:00 | -2,50 | 90,10% | 2,11 | 21,97 | 0,63 | 0,21 |
| 08/01/2010 05:00 | -2,60 | 92,80% | 2,12 | 22,07 | 0,63 | 0,21 |
| 08/01/2010 04:00 | -2,60 | 94,90% | 2,12 | 22,07 | 0,63 | 0,21 |
| 08/01/2010 03:00 | -2,70 | 96,30% | 2,13 | 22,17 | 0,64 | 0,21 |
| 08/01/2010 02:00 | -2,50 | 95,60% | 2,11 | 21,97 | 0,63 | 0,21 |
| 08/01/2010 01:00 | -2,30 | 97,10% | 2,09 | 21,78 | 0,63 | 0,20 |
| 08/01/2010 00:00 | -2,10 | 97,10% | 2,07 | 21,58 | 0,62 | 0,20 |

Pour calculer l’appel de puissance thermique il faut calculer heure par heure les pertes par l’enveloppe et par ventilation. Pour cela on prend le coefficient Ubât que représente l’enveloppe en W/m2K et les pertes par ventilation sachant que rendement est de 92%, sachant que le rendement de la chaudière est de 92%.

P= ((0,349 \*(20-Text)\*230,75)+(0,34\*(105+0,6\*169,05)\*(20-Text)\*(1-0,92)))/(1000\*0,92)

Voir fichier Excel Aurillac janvier.

On peut donc tracer la production électrique sur 24 heures

En superposant les deux courbes on peut calculer l’économie d’électricité réalisé en auto-consommant la production et la perte (vers le réseau, électricité produite non consommée)

On voit que la production totale dans cette journée est de 5kWh et l’énergie non consommée et donné à l’ECS de 1 kWh, soit une autoconsommation de 80% (Voit fichier Excel appel de puissance) une satisfaction de 14% du besoin en électricité. On estime la production d’énergie électrique à 1163,92 kWh/an, donc si on garde comme ratio une autoconsommation de 80% pour la consommation d’électricité, on aura une économie de 112€ par/an sur la facture électrique.

On remarque que la puissance ne dépasse jamais les 3 kW donc la production de chaud via le stirling suffit au chauffage. Le deuxième bruleur ne fonctionnera que lors de la production d’ECS.

Le stirling peut produire au minimum 3,3 kW de chaleur soit 561 W d’électricité et au maximum 5.88KW de chaleur soit 1kW d’électricité (ratio de 0.17).

Dans notre cas le stirling sera toujours à sa production basse.

Le temps de fonctionnement du stirling ne doit pas être inferieur à 6 minutes pour ne pas l’user prématurément.

**Eau chaude sanitaire :**

Le ballon d’ECS est de 130l, on peut estimer que le ballon est vidé une fois par jour, (toute la famille se douchent les uns après les autres). Toute la puissance de la chaudière (5,88+23,70) est disponible pour le réchauffement du ballon. L’eau de ville est en moyenne à 8°C et l’eau chaude est stockée à 60°C. On peut donc estimer le temps pour le réchauffage du ballon.

T= (130\*4,18\*(60-8))/(29.58\*0.95)= 1005 secondes

Pendant ce temps on va produire 1kW de puissance électrique. (Voir cours fonctionnement du moteur stirling)

P = 1\*1005/3600= 0.28 kWH/jour, il y a 31 jours au mois de janvier donc 8,66 kWH d’électricité au mois de janvier lors de production d’ECS.

Evaluation de la production d’électricité pour le mois de janvier. (Voir fichier Excel) est d’environs 142 KWH (lors de la production de chauffage et d’ECS).

**Bilan global énergétique et structurel**

**Gain**

La production photovoltaïque et la production via la stirling vont être complémentaire, l’un produit surtout l’hiver l’autre l’été, avec une moyenne de 280kWh/mois pour une consommation de l’ordre de 800 kWh/mois. Donc une couverture d’environs 35%.

**Avantage de la production localisée : Solution pour la voiture électrique.**

La recharge d'énergie d'un véhicule à moteur thermique consiste à remplir son réservoir de combustible. Cette durée à laquelle sont habitués les utilisateurs est de l'ordre de quelques minutes au plus.

L'un des problèmes auxquels sont confrontés les concepteurs de véhicules électriques  réside dans le temps de charge électrique de la batterie. En effet, une prise de courant classique de 16A permet de délivrer 3 kW environs. Or une batterie de véhicule électrique aura au minimum une énergie embarquée de 20 kWh, ce qui correspond à une charge en 5h. Ce temps peut éventuellement être divisé par 2 avec une prise  32A, mais on reste loin des quelques minutes de charge...

Néanmoins, ce mode de charge pourra toutefois satisfaire un utilisateur habitant en périphérie urbaine possédant un garage. La charge pourra se faire en heures creuses la nuit. Cette utilisation posera à terme des problèmes de stabilité du réseau électrique.

Le même raisonnement peut être appliqué pour un utilisateur ayant la possibilité de recharger son véhicule sur son lieu de travail. La production localisé chez le particulier via la micro-cogénération et le photovoltaïque pourra à terme soulager le réseau de distribution électrique en fournissant de l’énergie à des moments de forte appel de puissance.

Pour allez plus loin : Bientôt en ligne en cours de développement

Phase 2 : Travaux pratique

Logements sociaux individuels groupés

Aurillac Polygone SA

**Support** : Supervision Delta2i de l’installation réelle

Mesures instantanées ou historiées

Analyse des gains et des pertes de l’installation

Possibilité de tracer des courbes de charge et de production simultanée

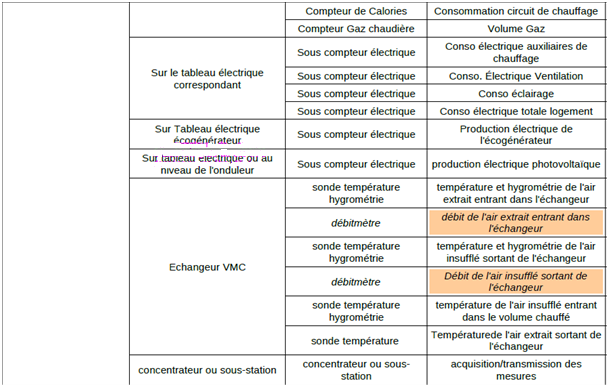
**Objectif :**

1) Vérifier la valeur ajoutée de chaque solution technique tout le long de l’année.

2) Etablir le rendement réel global de l’installation (Energétique et Economique)

Afin de faire un bilan des vraies performances de cette installation voici les paramêtres mesurés.





On pourra donc établir dans les conditions réelles le rendement de chaque système (gains/pertes)