

**Rapport final Juin 2002**

# **Pieux énergétiques avec distribution de chaleur et de froid intégrée dans la structure**

**Centre Scolaire Vers l'Eglise / Fully**

élaboré par

Michel Bonvin, Patrice Cordonier  
Haute école valaisanne (HEVs)  
Route du Rawyl 47, 1950 Sion

# Tables des matières et des figures

<b>TABLES DES MATIÈRES ET DES FIGURES .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>2</b>
<b>2. SITUATION ET DESCRIPTION.....</b>	<b>2</b>
a) Bâtiment.....	2
b) Pieux énergétiques .....	3
<b>3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ET MESURES.....</b>	<b>4</b>
a) Grandeur mesurées .....	4
b) Grandeur calculées .....	5
<i>I. Situation hivernale.....</i>	6
<i>II. Situation estivale.....</i>	7
<b>4. ANALYSE DE MESURES .....</b>	<b>7</b>
a) Les températures .....	7
b) Energies .....	8
<i>I. Source froide.....</i>	8
<i>II. Répartition des diverses énergies, diagramme des flux .....</i>	9
• Saison hivernale 2001 .....	9
• Saison estivale 2001 .....	10
• Saison hivernale 2001-2002.....	10
<i>III. Coefficient de performance des pompes à chaleur.....</i>	11
c) Heures de fonctionnement, nombre d'enclenchements des compresseurs.....	12
<b>5. CALCUL DES DEGRES-JOURS POUR L'HIVER 2001-2002 .....</b>	<b>13</b>
<b>6. CONCLUSIONS.....</b>	<b>14</b>
<b>7. ANNEXES.....</b>	<b>14</b>
Résultats de janvier 2001 à mai 2002 .....	14

## Liste des figures, graphiques et tables

<b>Figure 1:</b> Vue du bâtiment (vue Nord-Est)	<b>2</b>
<b>Figure 2:</b> Détail raccordement des pieux énergétiques: extrait plan TECNOSERVICE ENGINEERING SA à Martigny	<b>3</b>
<b>Figure 3:</b> Schéma simplifié de l'installation et des points de mesure	<b>4</b>
<b>Graphique 1 :</b> Diagramme des flux, situation hivernale	<b>6</b>
<b>Graphique 2:</b> Diagramme des flux, situation estivale	<b>7</b>
<b>Graphique 3:</b> Evolution des températures intérieures et extérieures	<b>7</b>
<b>Graphique 4:</b> Charge / décharge du terrain	<b>8</b>
<b>Graphique 5:</b> Diagramme de Sankey saison d'hiver 2001 (janvier 2001 – mai 2001)	<b>9</b>
<b>Graphique 6:</b> Diagramme de Sankey saison d'été 2001 (juin 2001 – septembre 2001)	<b>10</b>
<b>Graphique 7:</b> Diagramme de Sankey saison d'hiver 2001-2002 (octobre 2001 – mai 2001)	<b>10</b>
<b>Graphique 8:</b> COP, COP A moyen sur 1 semaine pour le mois de décembre 2001	<b>11</b>
<b>Graphique 9:</b> Nombre d'heures de fonctionnement par jour des compresseurs	<b>12</b>
<b>Graphique 10 :</b> Nombre d'enclenchements moyens par jour des compresseurs	<b>12</b>
<b>Graphique 11 :</b> Comparaison des degrés-jours selon Météonorm avec la saison 2001-2002	<b>13</b>

<b>Table 1:</b> Table de comparaison des degrés-jours et des besoins thermiques des mois de décembre 2001 et janvier 2002	<b>13</b>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

# 1. Introduction

L'école primaire « Vers l'église » de Fully, construite au courant de l'année 2000 et maintenue chauffée depuis janvier 2001, a accueilli ses premiers élèves en septembre 2001. Ce rapport présente les tendances observées durant cette première année d'exploitation.

# 2. Situation et description

## a) Bâtiment

En raison de la nature du terrain, le bâtiment repose sur 118 pieux battus dont 41 ont été équipés de sondes géothermiques double U.

Ces pieux, **agissant comme échangeurs thermiques avec le sous-sol**, sont du type «évidés centrifugés» et équipés de sondes géothermiques avec remplissage de sable humide.

Les données du bâtiment sont les suivantes :

- Surface de référence énergétique	: 2'635 m <sup>2</sup>
- Volume chauffé net	: 7'018 m <sup>3</sup>
- Demande d'énergie de chauffage	: 126 MJ / m <sup>2</sup> .an (92'225 kWh/an)
- Puissance de chauffe	: 60 kW
- Energie de rafraîchissement (recharge pieux énergétiques)	: ~ 50'000 kWh/an
- Ventilation douce contrôlée avec récupérateur à plaques et puits canadien	: 4'000 m <sup>3</sup> /h

La volonté de construire un **bâtiment du type MINERGIE** a orienté la recherche du principe de production de chaleur vers un système de pompe à chaleur : en présence de façades largement vitrées, malgré une bonne isolation de l'enveloppe, le standard **MINERGIE** ne pouvait être atteint avec une production de chaleur à partir d'énergie fossile.



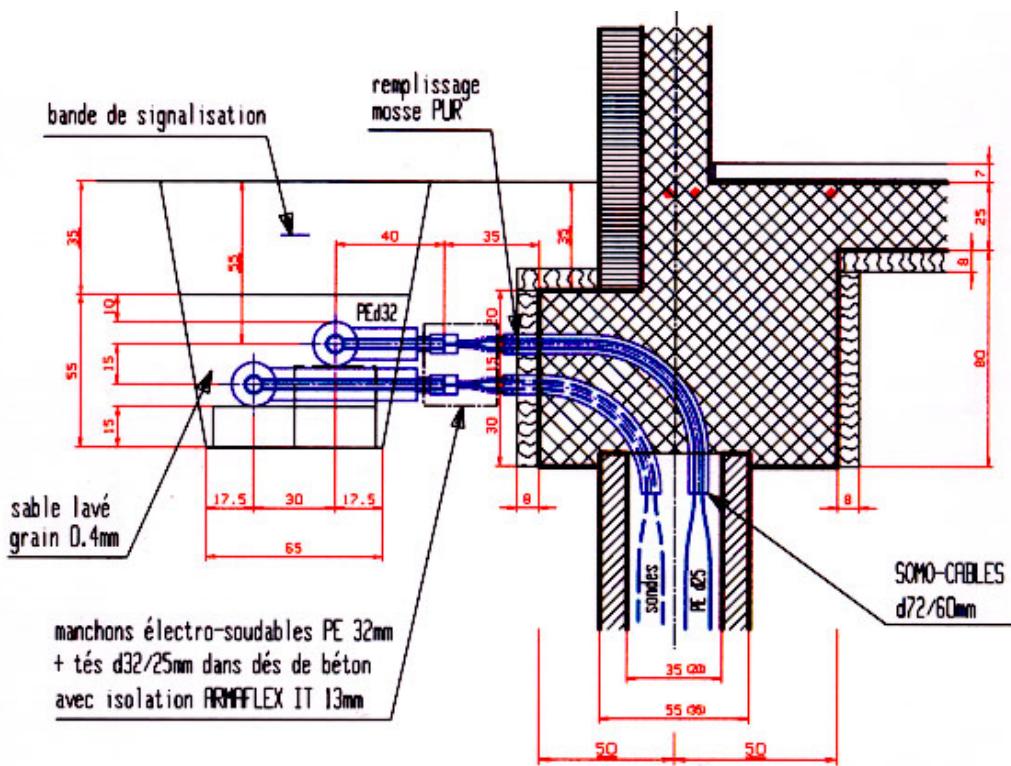
**Figure 1:** Vue du bâtiment (vue Nord-Est)

Architectes : BONNARD & WOEFFRAY, Architectes FAS/SIA à Monthey  
Concept MINERGIE : TECNOSERVICE Engineering S.A. à Martigny, Michel Anstett, Ingénieur EPFZ/SIA

### **b) Pieux énergétiques**

L'aspect novateur du projet réside dans le raccordement des pieux situés en périphérie du bâtiment par des conduites de distribution isolées intégrées en fouille; les pieux centraux sont raccordés par un caniveau technique accessible, situé dans l'axe du corridor. Ainsi, les conduites de raccordement et les têtes de sondes sont accessibles. Les échanges thermiques avec le bâtiment sont minimaux et les sondes sont auto-équilibrées hydrauliquement (raccordements en système Tichelmann, sans organe de réglage).

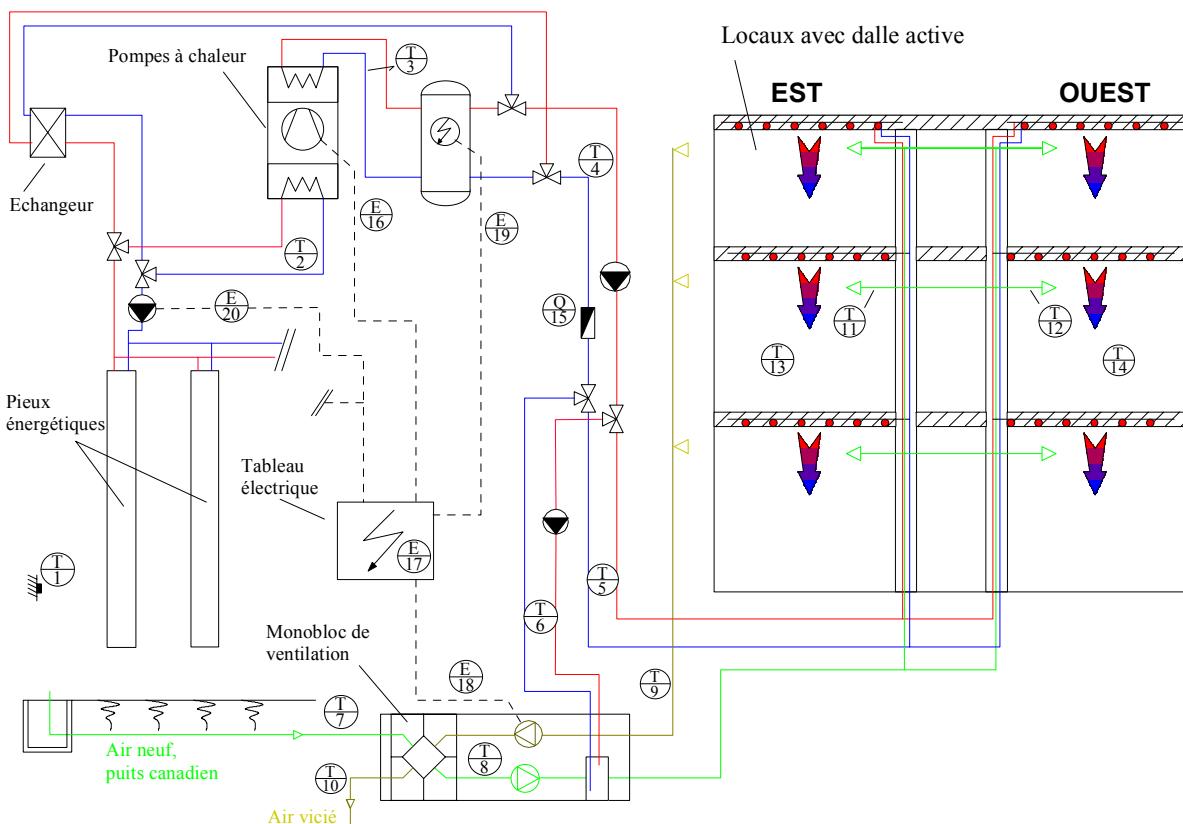
Les pieux énergétiques présentent les caractéristiques suivantes :



**Figure 2:** Détail raccordement des pieux énergétiques: extrait plan TECNOSERVICE ENGINEERING SA à Martigny

### 3. Principe de fonctionnement et mesures

Le chauffage est assuré par 4 pompes à chaleur en cascade avec commande et régulation intégrée. Ces modules s'enclenchent et se déclenchent en fonction d'une consigne dépendant de la température extérieure et de la température de retour du circuit primaire. Dans les salles de classe, le chauffage et le rafraîchissement s'effectuent par rayonnement du plafond (dalles actives). Ils sont complétés par une ventilation douce avec récupération de chaleur. La source froide des pompes à chaleur est composée de 41 pieux énergétiques dont la mission première est d'assurer le soutien du bâtiment. La production de froid est réalisée par simple échange sur la source froide et remplit presque gratuitement les fonctions de rafraîchissement et de recharge des pieux (à l'exception de l'énergie de pompage). La figure suivante présente le fonctionnement de l'installation.



**Figure 3:** Schéma simplifié de l'installation et des points de mesure

#### a) Grandeurs mesurées

Le tableau suivant présente les différentes grandeurs mesurées selon la figure 3 :

N°	Description	Abréviation
1	Température extérieure	$T_{ext}$
2	Températures aller et retour source froide (plongeur)	$T_{sf}$
3	Températures aller et retour primaire bac tampon (plongeur)	$T_{pch}$

4	Températures aller et retour secondaire bac tampon (plongeur)	T <sub>chf</sub>
5	Températures aller et retour groupe très basse temp. (plongeur)	T <sub>sta</sub>
6	Températures aller et retour groupe ventilation (plongeur)	T <sub>ven</sub>
7	Température air frais avant récupération (sonde de gaine)	T <sub>av.rec</sub>
8	Température air frais après récupération (sonde de gaine)	T <sub>ap.rec</sub>
9	Température air extrait (sonde de gaine)	T <sub>air.extr</sub>
10	Température air évacué (sonde de gaine)	T <sub>air.evac</sub>
11	Température de pulsion aile EST (sonde de gaine)	T <sub>puls.est</sub>
12	Température de pulsion aile OUEST (sonde de gaine)	T <sub>puls.ouest</sub>
13	Température ambiante aile EST (sonde sans réglage)	T <sub>amb.est</sub>
14	Température ambiante aile OUEST (sonde sans réglage)	T <sub>amb.ouest</sub>
15	Energie de chauffage ou de rafraîchissement (compteur de chaleur avec sondes de températures)	Q <sub>chauffage / rafraîchissement</sub>
16	Energie de compression (compteur d'énergie électrique)	E <sub>compr</sub>
17	Energie totale tableau électrique (compteur d'énergie électrique)	E <sub>tot</sub>
18	Energie des ventilateurs (compteur d'énergie électrique)	E <sub>ventil</sub>
19	Energie des corps de chauffe (compteur d'énergie électrique)	E <sub>corps</sub>
20	Energie auxiliaire PAC (compteur d'énergie électrique)	E <sub>aux.pac</sub>

**Tableau 1:** Liste des mesures effectuées sur l'installation

L'installation est munie d'un interrupteur hiver/été pour permettre l'enclenchement et le déclenchement de la production de chaleur. De plus, le nombre d'heures de fonctionnement et le nombre d'enclenchements des compresseurs sont relevés séparément. Si besoin est, afin de compléter la demande d'énergie de chauffage, un appoint électrique est monté sur un vase tampon d'une contenance de 700 litres. (compteur électrique séparé n° 19). L'énergie auxiliaire PAC (n° 20) représente principalement l'énergie nécessaire au pompage du circuit primaire.

### b) Grandeurs calculées

D'autres valeurs ont été déterminées à partir des mesures existantes selon les relations suivantes :

L'énergie auxiliaire totale (pompes chauffage, régulations, ...) :

$$E_{aux.tot} = E_{tot} - E_{ventil} - E_{corps} - E_{compr} - E_{aux.pac} \quad (\text{a})$$

L'énergie extraite du sol (hiver) :

$$Q_{sol-} = Q_{chauffage} - E_{compr} - E_{corps} - E_{aux.pac} \quad (\text{b}_1)$$

L'énergie fournie au sol (été) :

$$Q_{sol+} = Q_{rafraîchissement} + E_{aux.pac} \quad (\text{b}_2)$$

L'indice de performance ponctuel des pompes à chaleur :

$$COP = \frac{Q_{chauffage} - E_{corps}}{E_{compr}} \quad (\text{C})$$

L'indice de performance des pompes à chaleur tenant compte de l'énergie auxiliaire des PAC :

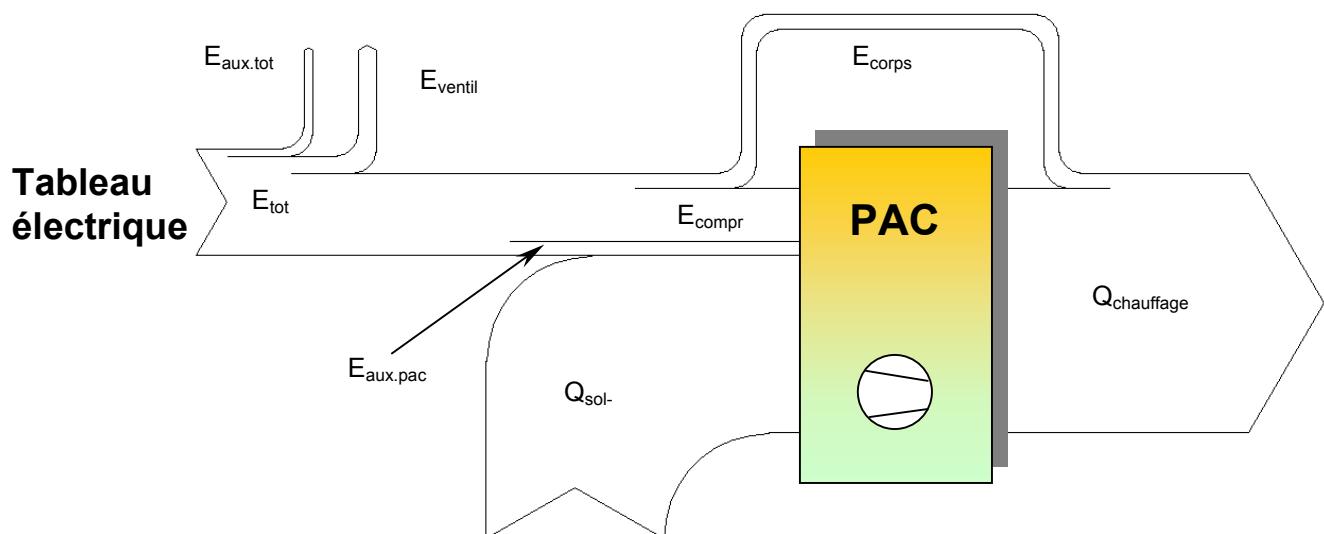
$$COP\ A = \frac{Q_{chauffage} - E_{corps}}{E_{compr} + E_{aux.pac}} \quad (d)$$

L'indice de performance de l'installation de production de chaleur (pompes à chaleur avec auxiliaires et corps de chauffe) :

$$\eta_{IPC} = \frac{Q_{chauffage}}{E_{compr} + E_{aux.pac} + E_{corps}} \quad (e)$$

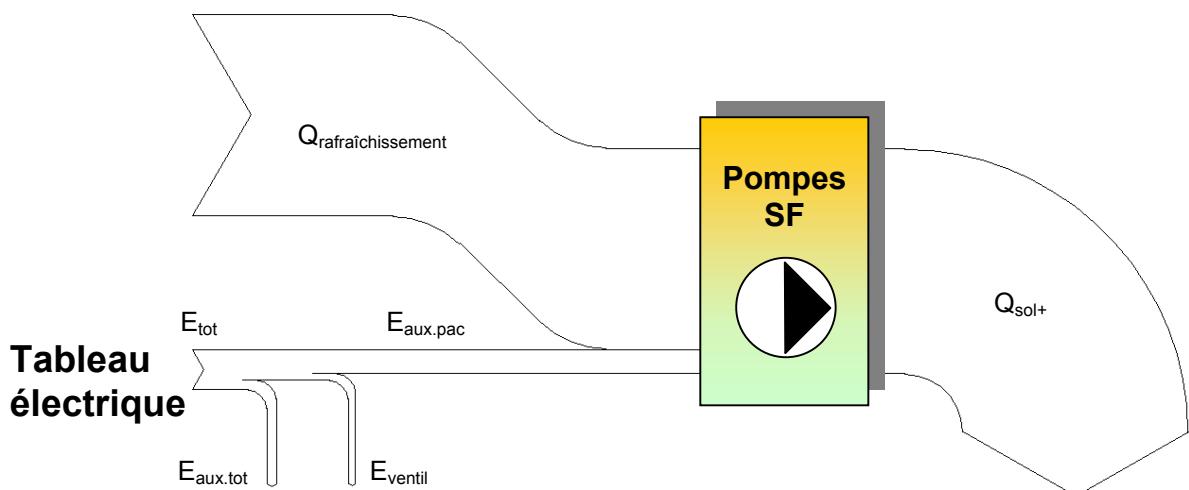
Le diagramme de flux ci dessous récapitule la situation :

*I. Situation hivernale*



Graphique 1 : Diagramme des flux, situation hivernale

## II. Situation estivale

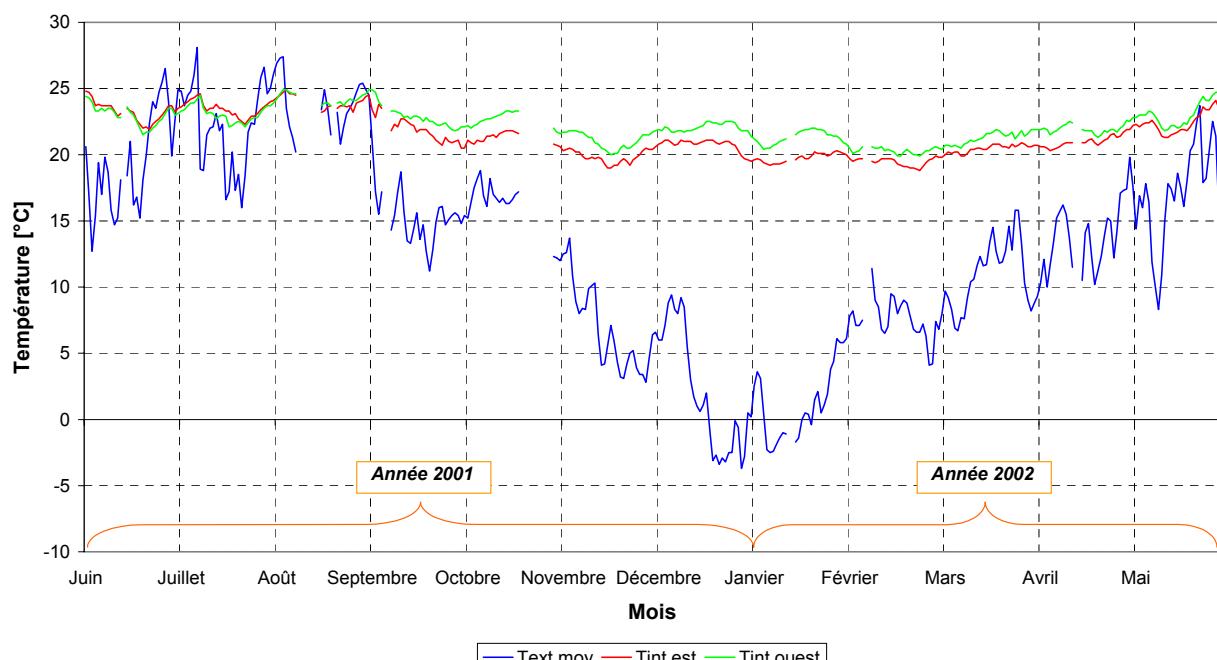


Graphique 2: Diagramme des flux, situation estivale

## 4. Analyse de mesures

### a) Les températures

Le graphique 3 montre l'évolution des températures intérieures (est & ouest) et extérieure de début juin 2001 à fin mai 2002, soit sur une année d'exploitation du bâtiment. On peut remarquer que les températures intérieures oscillent entre 18 et 25°C.



Graphique 3: Evolution des températures intérieures et extérieures

Pour la période d'été (juin à septembre), le scénario de refroidissement mis en place a donc suffi à maintenir un confort acceptable tout en rechargeant la source froide pour l'hiver. ( $T_{int} < 25^{\circ}\text{C}$ )

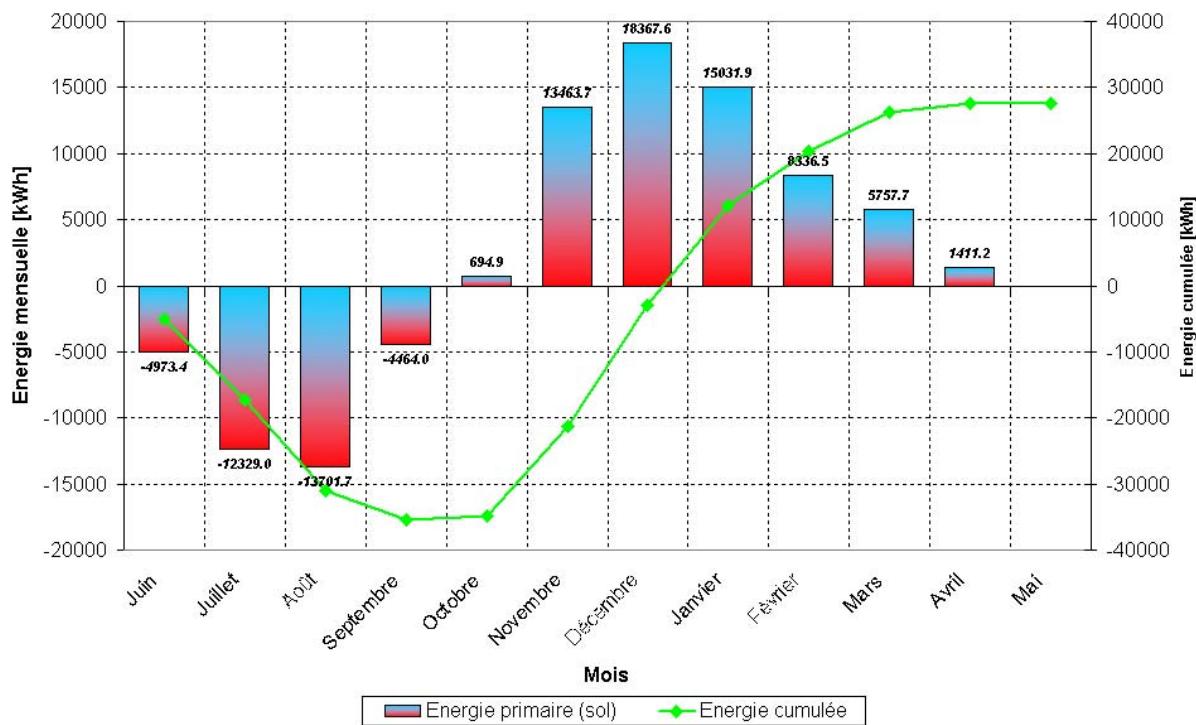
En ce qui concerne la saison de chauffage 2001-2002, la consigne température intérieure est respectée ( $20^{\circ}\text{C}$ ). Durant cette période également, seulement trois modules PAC sur quatre ont fonctionné simultanément. En effet, jusqu'en décembre 2001, le système de ventilation (clapet de réglage, récupération de chaleur) a été déficient, si bien que la demande de chaleur a été supérieure à ce qui aurait été nécessaire (cet élément sera discuté sous le point 6).

Le graphique 3 ne présente pas les résultats des premiers mois d'exploitation (janvier 2001 à mai 2001). En effet, à cette période, le bâtiment était encore en phase de construction. Les manques de données dans ce même graphique sont dus à des pannes du modem.

## b) Energies

### I. Source froide

Le graphique 4 met en évidence la charge et la décharge du terrain par l'intermédiaire des pieux. Les barres avec des valeurs positives représentent l'énergie mensuelle extraite du sol ; celles avec des valeurs négatives représentent l'énergie fournie au terrain (recharge). La courbe (échelle de droite) en représente les valeurs cumulées.



**Graphique 4:** Charge / décharge du terrain

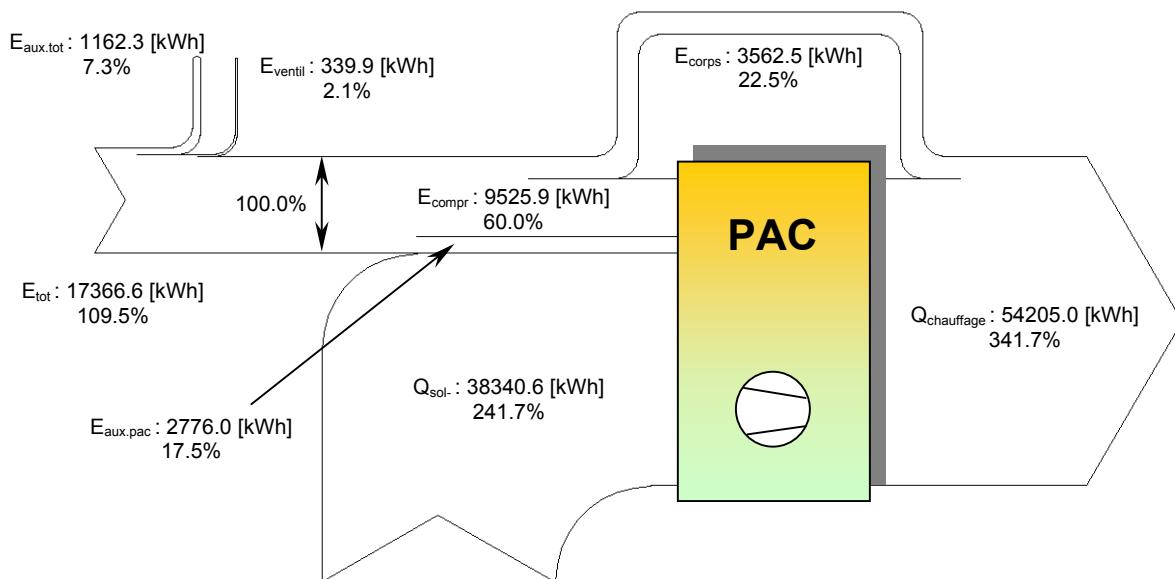
Il en ressort que le stockage estival couvre une partie appréciable de la demande hivernale.

## II. Répartition des diverses énergies, diagramme des flux

Afin de mettre en évidence les divers flux d'énergie, les trois saisons mesurées ont été distinguées.

- SAISON HIVERNALE 2001

Le diagramme ci-dessous (graphique 5) présente le bilan énergétique de la première (1/2) saison hivernale d'exploitation (janvier à mai 2001).



**Graphique 5:** Diagramme de Sankey saison d'hiver 2001 (janvier 2001 – mai 2001)

Nous pouvons remarquer que la ventilation n'a quasiment pas fonctionnée de tout l'hiver. L'énergie servant à actionner la ventilation ( $E_{ventil}$ ) ne représente que le 2% de l'énergie totale fournie par le tableau électrique ( $E_{tot}$ ).

De plus, afin de ne pas épuiser la source froide pendant la construction (en phase d'assèchement du bâtiment), les corps de chauffe ont été activés, représentant ainsi le 20% de l'énergie électrique totale.

Finalement, pour le COP A global de la saison ainsi que le rendement de l'installation de production de chaleur on a :  
(selon relations d et e)

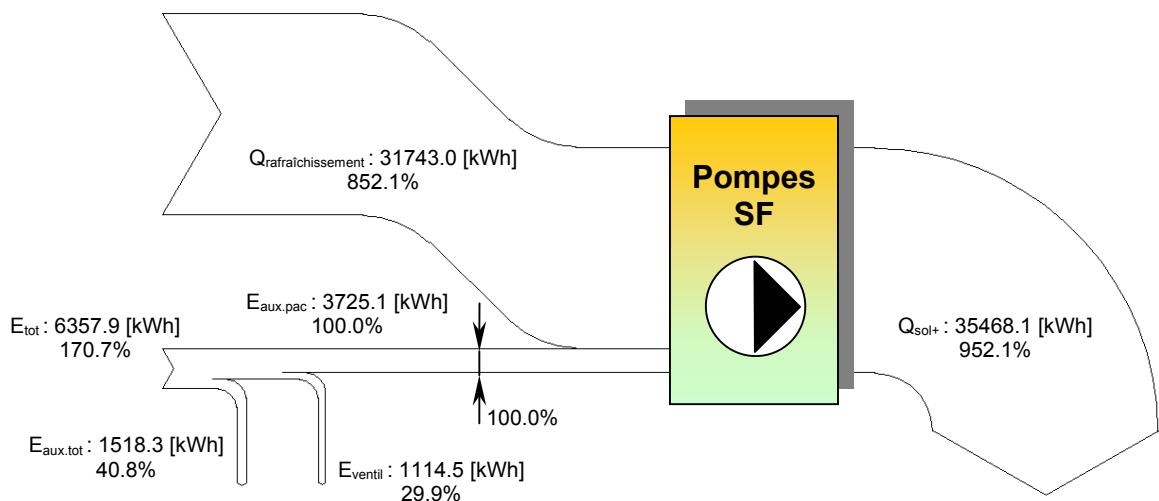
$$COP\ A = \frac{54205 - 3562.5}{9525.9 + 2776} = 4.1$$

$$\eta_{ipc} = \frac{54205}{9525.9 + 2776 + 3562.5} = 3.4$$

Le détail du COP A est présenté dans la partie III de ce chapitre.

- SAISON ESTIVALE 2001

Un diagramme de même nature que le précédent est présenté ci-dessous.



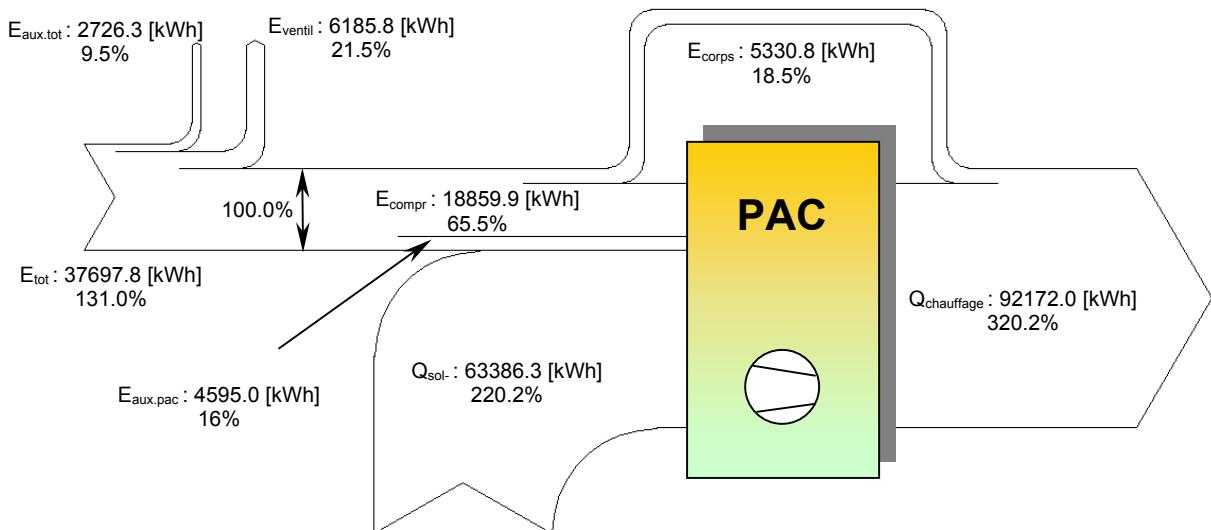
**Graphique 6:** Diagramme de Sankey saison d'été 2001 (juin 2001 – septembre 2001)

Nous pouvons ici remarquer que plus de la moitié de l'énergie totale (tableau électrique) est utilisée pour actionner la pompe du circuit primaire (sondes géothermique).

Finalement, l'énergie réinjectée dans le terrain représente 9 fois plus que celle consommée électriquement par les pompes de la source froide. On peut ainsi juger de l'efficacité du système de rafraîchissement proposé.

- SAISON HIVERNALE 2001-2002

Le graphique 7 ci dessous présente le bilan énergétique de la saison d'hiver 2001-2002. Il est à noter que le bâtiment est occupé normalement depuis septembre 2002.



**Graphique 7:** Diagramme de Sankey saison d'hiver 2001-2002 (octobre 2001 – mai 2001)

Nous pouvons remarquer qu'une part non négligeable d'électricité a servi à alimenter les corps de chauffe électriques. Le réglage de l'installation n'a pu être optimisé qu'en décembre 2001, ce qui explique, jusqu'à cette date, une consommation légèrement supérieure à celle qui était prévue. De plus, le mois de décembre s'est révélé plus rigoureux que les moyennes statistiques suisse (cf. chapitre 6). Seulement trois modules sur quatre (PAC) ont fonctionné afin de ne pas geler la source froide (terrain).

Pour le COP A global et le rendement de l'installation de production de chaleur de la saison d'hiver 2001-2002 on a :

(selon relation d et e)

$$COP\ A = \frac{92172.0 - 5330.8}{18859.9 + 4595.0} = 3.7 \quad \eta_{ipc} = \frac{92172.0}{18859.9 + 4595.0 + 5330.8} = 3.2$$

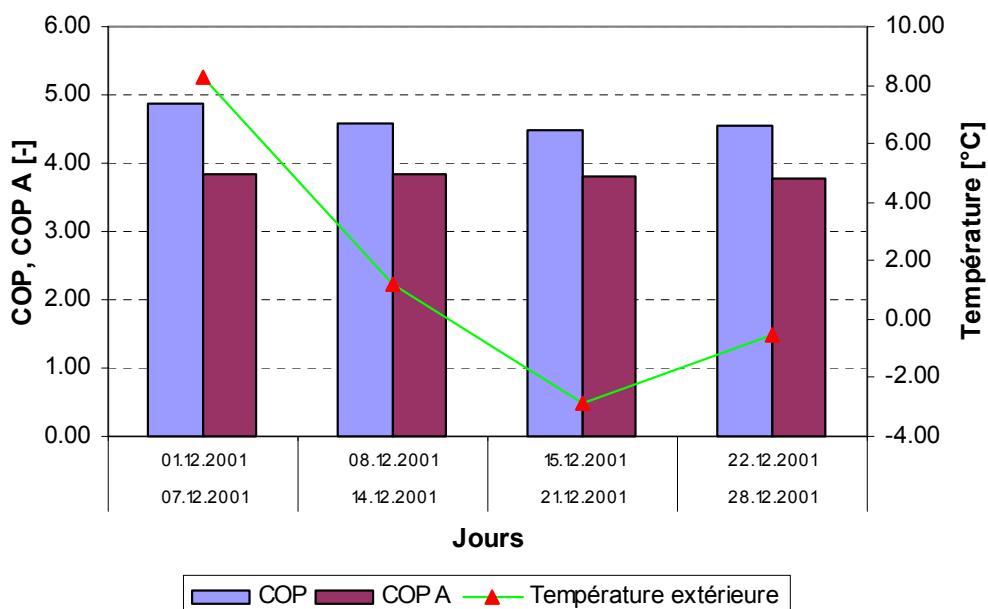
Le détail du COP A est présenté dans la partie III de ce chapitre.

### III. Coefficient de performance des pompes à chaleur

Les valeurs hebdomadaires représentatives des COP et COP A sont présentées sur le graphique 8 (décembre 2001). Les valeurs correspondant aux autres mois d'hiver se trouvent en annexe.

Le graphique 8 met clairement en évidence la constance des deux coefficients de performances. Sans prendre en considération les dépenses auxiliaires d'énergie (pompage), le COP est supérieur à 4.5. Compte tenu de ces consommations (COP A), il se situe aux alentours de 3.8.

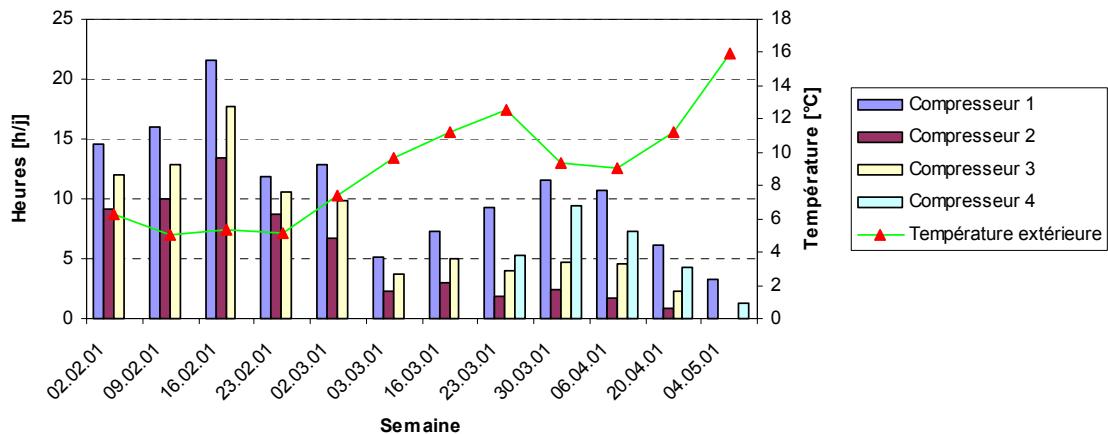
On notera que les valeurs correspondant au mois de janvier 2001 sont insignifiantes en ce sens que le bâtiment était encore en construction. De même, les valeurs des mois d'entre saison (octobre, mai) n'ont que peu de sens de par le fait que la demande d'énergie de chauffage est très faible (cf. annexes).



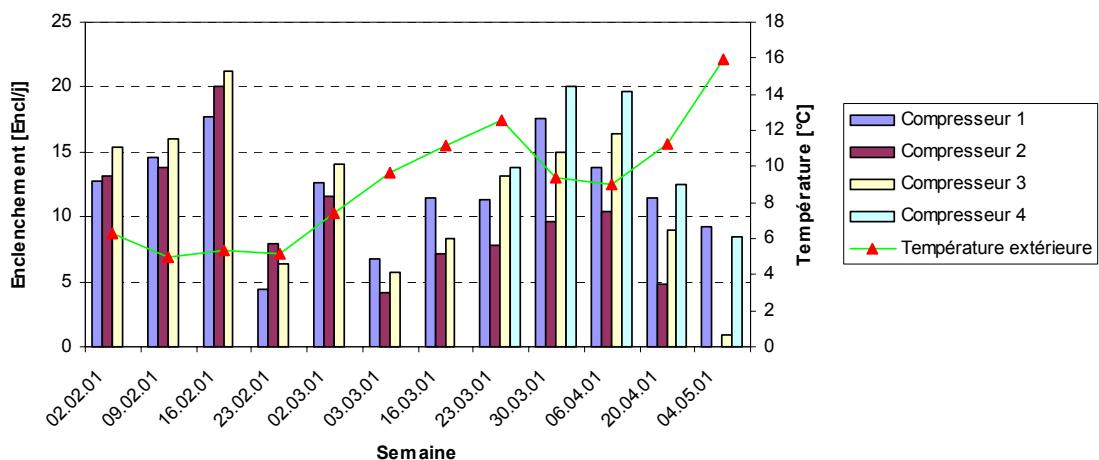
Graphique 8: COP, COP A moyen sur 1 semaine pour le mois de décembre 2001

### c) Heures de fonctionnement, nombre d'enclenchements des compresseurs

Le nombre d'heures de fonctionnement et le nombre d'enclenchements des compresseurs sont mémorisés par des compteurs séparés. Ils ont été relevés hebdomadairement par le responsable technique de l'école.



Graphique 9: Nombre d'heures de fonctionnement par jour des compresseurs

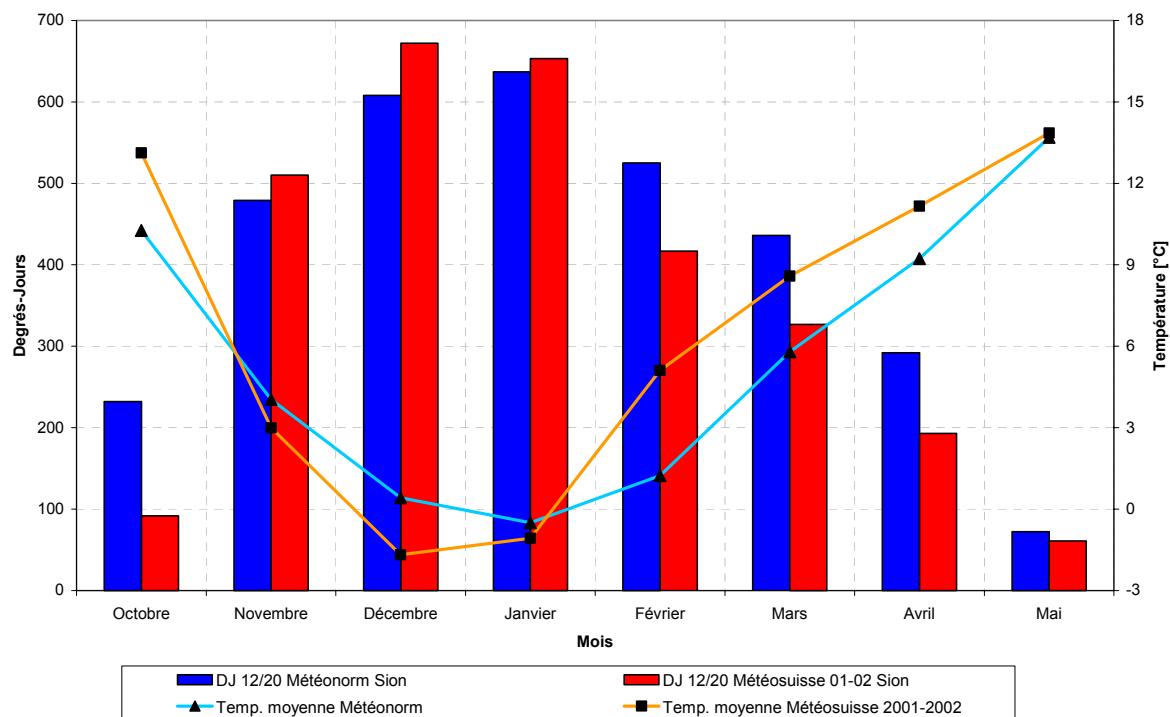


Graphique 10: Nombre d'enclenchements moyens par jour des compresseurs

Les graphiques 9 et 10 donnent une indication relative au fonctionnement des 4 compresseurs des pompes à chaleur. Le dernier module a été mis en service seulement vers fin mars 2001 (afin d'éviter l'épuisement prématûr de la source froide pendant la construction). Il a été désactivé à nouveau au début décembre pour permettre différents réglages. Nous pouvons remarquer que durant les semaines froides, les compresseurs ont quasiment fonctionné en continu (ce qui est particulièrement favorable à la durée de vie d'un compresseur).

## 5. Calcul des degrés-jours pour l'hiver 2001-2002

Pour juger de la rudesse de l'hiver 2001-2002, il est nécessaire d'établir un calcul des degrés-jours pour la saison considérée (du 1 octobre 2001 au 23 mai 2002). Les DJ de référence sont déterminés à partir du logiciel Météonorm. (Météonorm : base de données statistiques de valeurs météorologiques). A l'aide des valeurs météorologiques mesurées par MétéoSuisse pour l'hiver 2001-2002 nous pourrons déterminer la rudesse de l'hiver écoulé. Le site choisi est Sion Aéroport. (positionnement de la sonde MétéoSuisse).



**Graphique 11 :** Comparaison des degrés-jours selon Météonorm avec la saison 2001-2002

Sur le graphique 11, nous pouvons remarquer que les mois de novembre, décembre et janvier ont été plus rigoureux que ceux déterminés statistiquement par Météonorm. En revanche, les autres mois se sont révélés plus doux que la moyenne.

Nous pouvons également constater que la somme des degrés-jours des mois de décembre et de janvier est quasiment identique. Or les consommations thermiques du bâtiment lors de ces deux mois est clairement différentes (facteur : ~1.2 selon la table 1). Cette différence, de l'ordre de 15%, explique bien qu'avant la phase de réglage et d'optimisation les besoins de chaleur étaient surfaits.

	Décembre 01	Janvier 02
Degrés-jours DJ	672.1	653.2
Consommation thermique [kWh]	27465.0	22970.0

**Table 1:** Table de comparaison des degrés-jours et des besoins thermiques des mois de décembre 2001 et janvier 2002

## 6. Conclusions

Les premières mesures effectuées durant l'année 2001 ne permettaient pas de tirer des conclusions réalistes (saison froide), du fait que le bâtiment était inhabité ou même partiellement en phase de construction. En revanche, les mesures à partir de l'été 2001 permettent de tirer les conclusions suivantes :

- le coefficient de performance (sans comptabilisation des énergies auxiliaires) est supérieur à 4.5
- le COP A (avec comptabilisation de l'énergie auxiliaire de pompage dans la source froide) se situe aux alentours de 3.8
- l'indice de performance de l'installation de production de chaleur (y compris l'énergie des corps de chauffe) est de 3.2 (hiver 2001-2002)
- le fonctionnement estival permet de recharger une partie non négligeable de la source froide tout en maintenant un confort intérieur remarquable
- l'inertie thermique du bâtiment favorise également le bon maintien des consignes de température
- la fréquence d'enclenchements / déclenchements des compresseurs est faible, ce qui favorise grandement leur durée de vie

On peut enfin constater une correspondance remarquable entre les données de calcul servant de base à l'établissement du calcul MINERGIE ( $Q_{ch}$  92'225 kWh/an; rendement global 3.2) et les résultats mesurés à degrés-jours équivalents ( $Q_{ch}$  92'172 kWh/an; rendement global 3.2) : l'indice de dépense MINERGIE se situe à 28 kWh/m<sup>2</sup>.an (y compris eau chaude par chauffes-eau électriques ponctuels), en comparaison à la valeur-limite de 40 kWh/m<sup>2</sup>.an. Ces bons résultats, obtenus malgré quelques problèmes de réglage au niveau de la récupération de chaleur de l'installation de ventilation, indiquent que le système de distribution de chaleur (dalles thermoactives à très basse température) est particulièrement performant.

Malgré l'utilisation des corps de chauffe d'appoint par basses températures extérieures, leur contribution au bilan thermique demeure faible; la coupure d'un module de pompe à chaleur (pour éviter des températures de source froide trop basses) a agi positivement sur le rendement global par la sollicitation continue des 3 autres modules. Le calibrage et le nombre des sondes, sur la base des quelques informations géologiques reçues, est légèrement sous-dimensionné pour permettre l'utilisation des 4 modules de pompe à chaleur, sans agir défavorablement sur le bilan global. Par ailleurs, un sur-dimensionnement des sondes aurait entraîné un écoulement laminaire, à débit équivalent, qui est moins favorable à l'échange thermique.

Sion, le 28 juin 2002

Michel Bonvin

Patrice Cordonier

## 7. Annexes

### Résultats de janvier 2001 à mai 2002

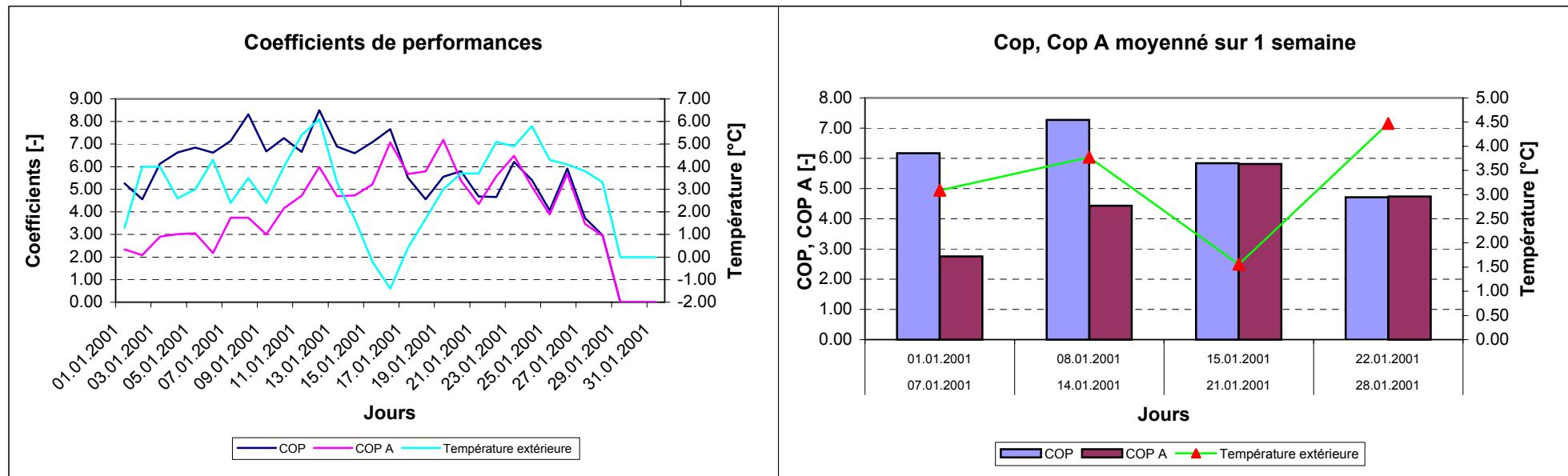
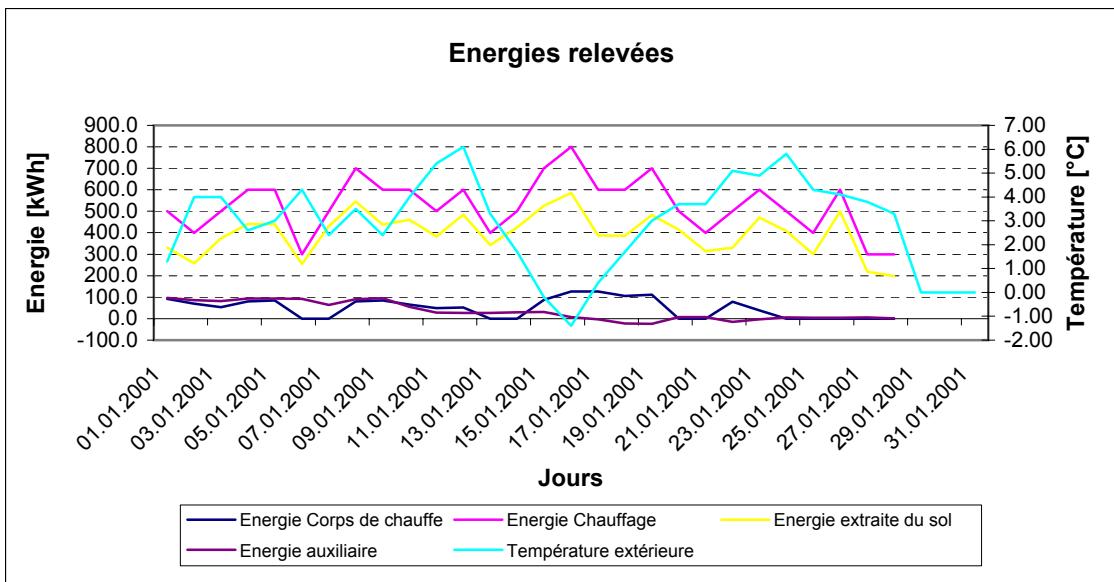
# Résultats

Date: **01.01.2001**

<b>Energie totale de compression</b>	<b>2284.2</b>	[Kwh]
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>14800</b>	[Kwh]
<b>Energie totale tableau</b>	<b>4626.7</b>	[Kwh]
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>1387.7</b>	[Kwh]
<b>Energie totale auxiliaires</b>	<b>965.4</b>	[Kwh]
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>5.87</b>	[ $\cdot$ ]
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>4.13</b>	[ $\cdot$ ]

**Nom du fichier source:**

Protocole de mesures janvier.xls



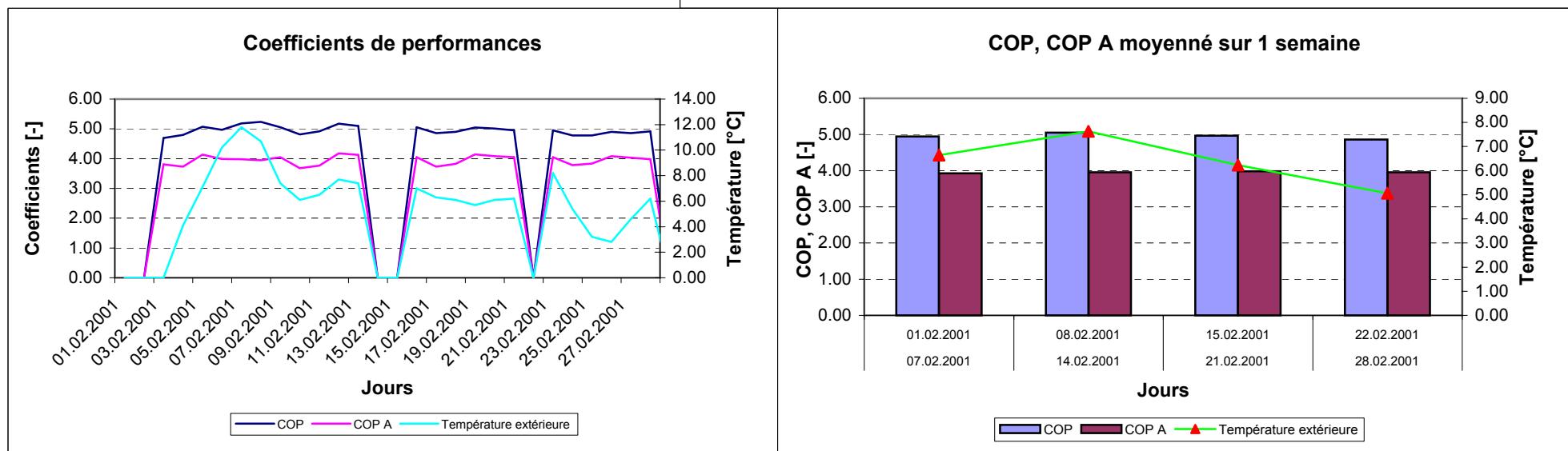
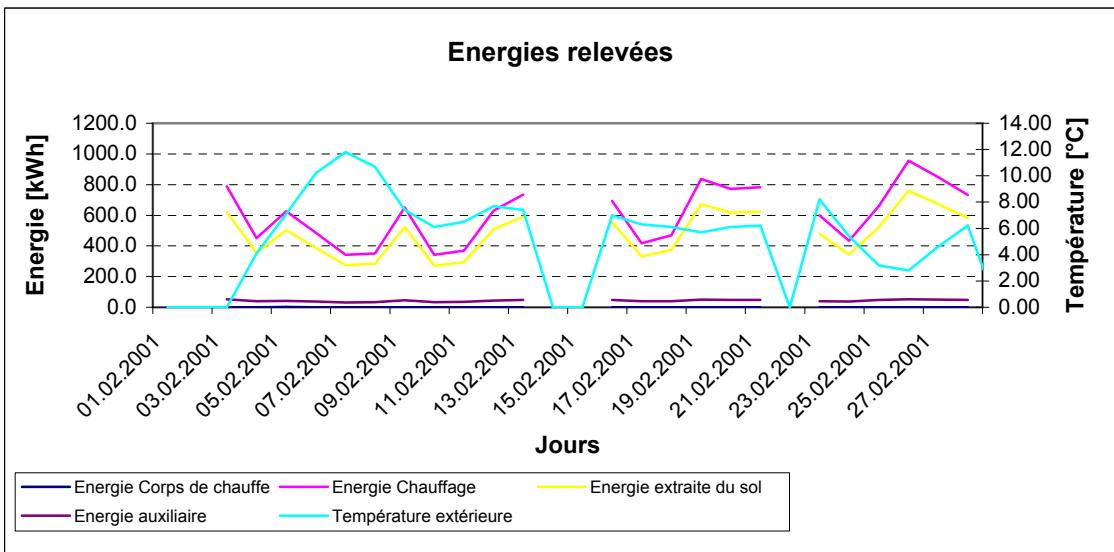
# Résultats

Date: **01.02.2001**

<b>Energie totale de compression</b>	<b>2823</b>	[Kwh]
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>13977</b>	[Kwh]
<b>Energie totale tableau</b>	<b>3863</b>	[Kwh]
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>3</b>	[Kwh]
<b>Energie totale auxiliaires</b>	<b>986</b>	[Kwh]
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>4.95</b>	[ $\cdot$ ]
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>3.67</b>	[ $\cdot$ ]

**Nom du fichier source:**

Protocole de mesure février.xls



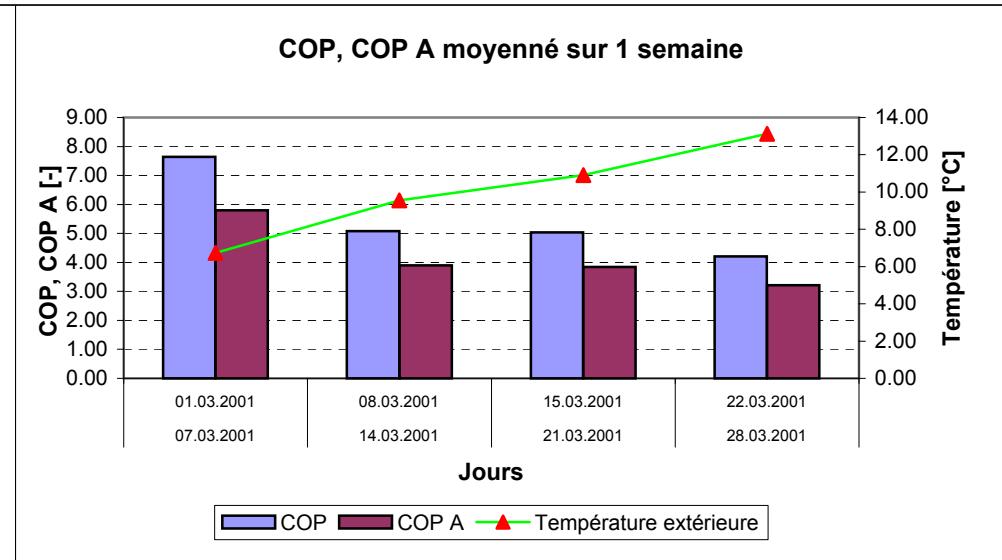
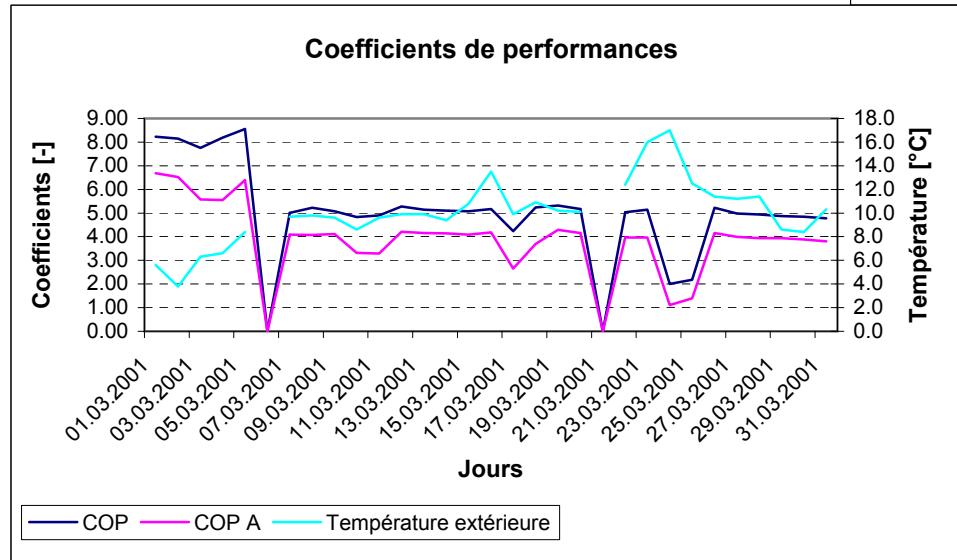
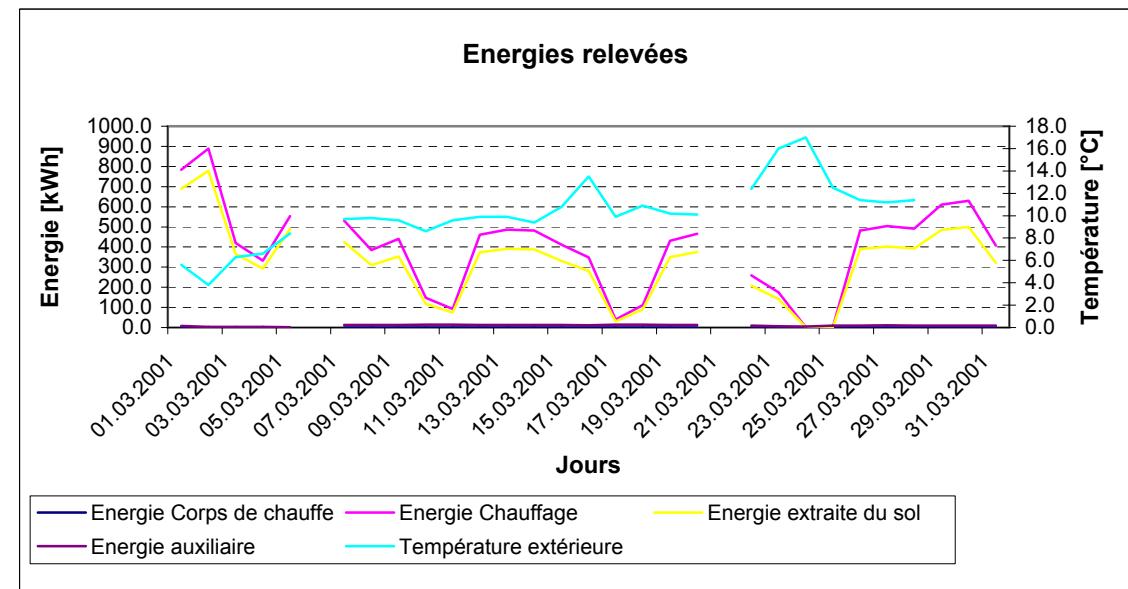
# Résultats

Date: **01.03.2001**  
**31.03.2001**

<b>Energie totale de compression</b>	<b>2028.1</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>11377.0</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale tableau</b>	<b>3122.2</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>0.0</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie auxiliaire Pac</b>	<b>492.9</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>5.6</b>	<b>[ - ]</b>
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>4.5</b>	<b>[ - ]</b>

## Nom du fichier source:

Protocole de mesure mars.xls



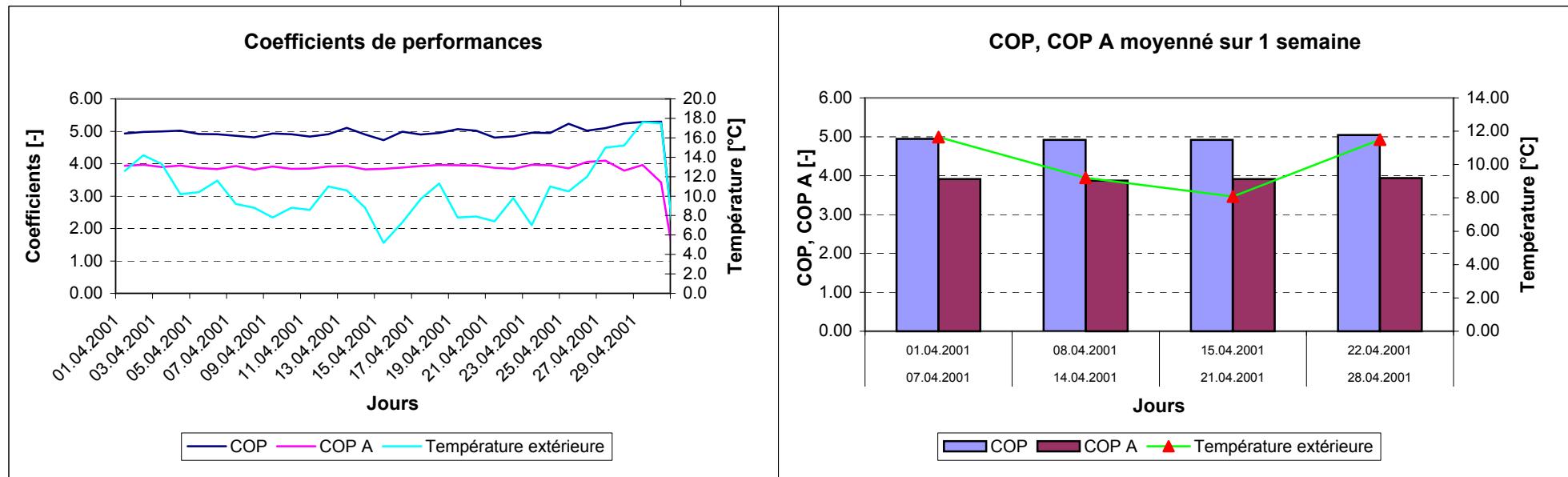
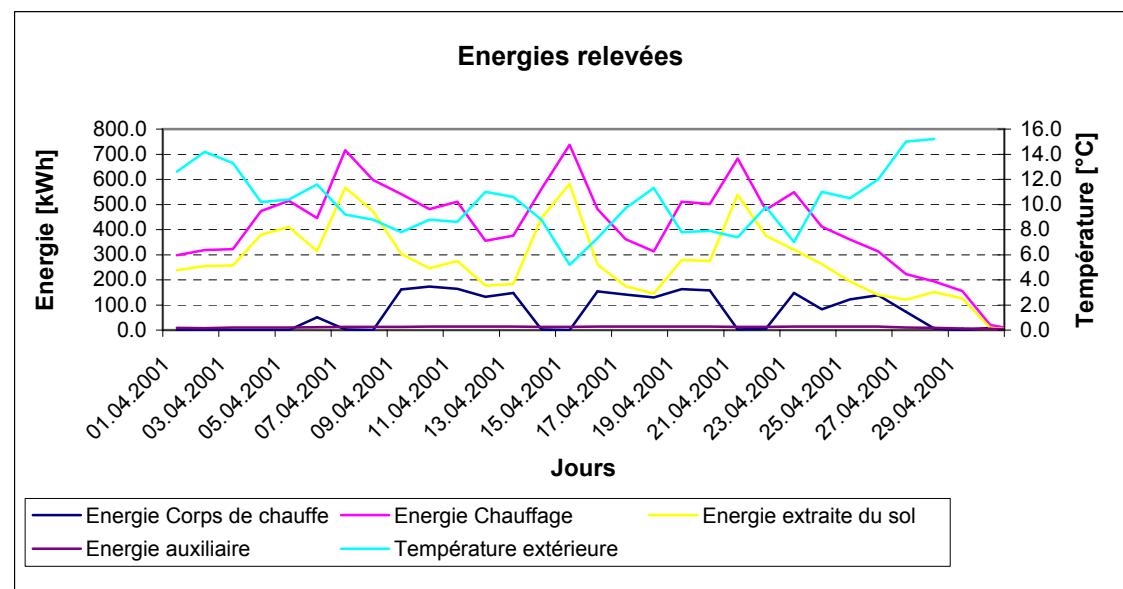
# Résultats

Date: **01.04.2001**  
**30.04.2001**

<b>Energie totale de compression</b>	<b>2159.6</b>	[Kwh]
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>12812.0</b>	[Kwh]
<b>Energie totale tableau</b>	<b>5273.5</b>	[Kwh]
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>2171.8</b>	[Kwh]
<b>Energie auxiliaire Pac</b>	<b>541.0</b>	[Kwh]
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>4.9</b>	[ $\cdot$ ]
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>3.9</b>	[ $\cdot$ ]

## Nom du fichier source:

Protocole de mesure avril.xls



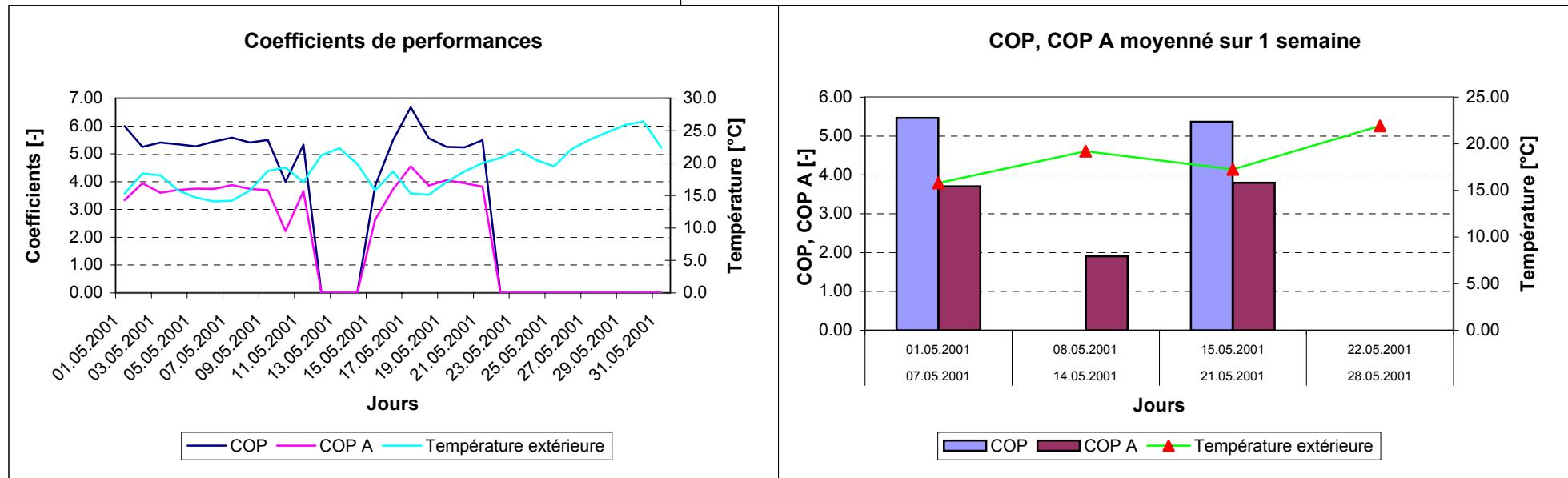
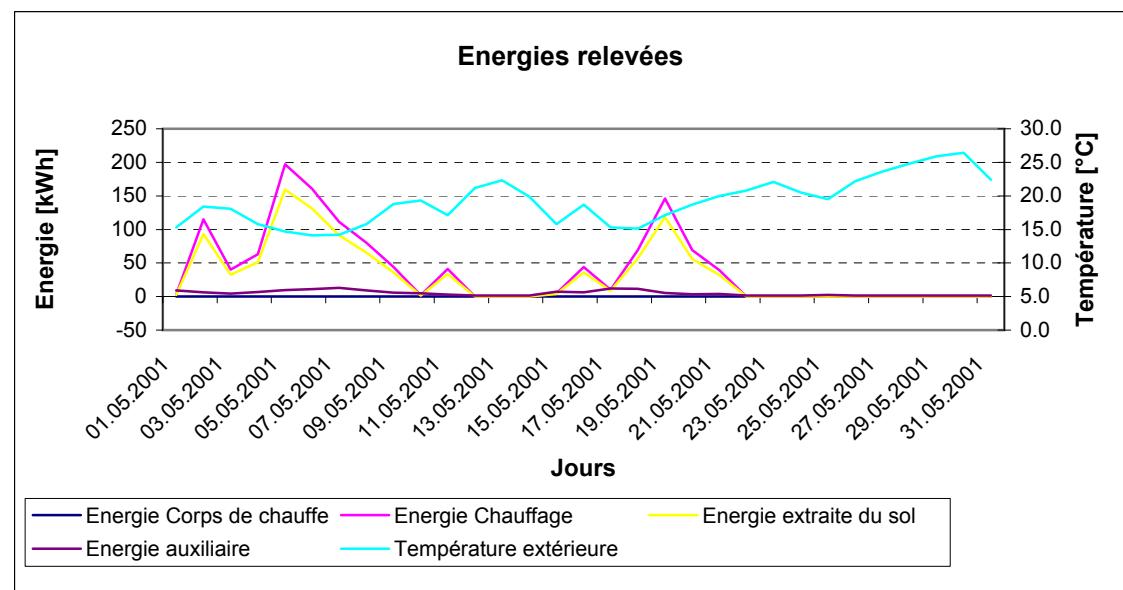
# Résultats

Date: **01.05.2001**  
**31.05.2001**

<b>Energie totale de compression</b>	<b>231.0</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>1239.0</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale tableau</b>	<b>481.2</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>0.0</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie auxiliaire Pac</b>	<b>88.7</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>5.4</b>	<b>[ - ]</b>
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>3.9</b>	<b>[ - ]</b>

## Nom du fichier source:

Protocole de mesure mai.xls



# Résultats

Date: **01.06.2001**

**Energie totale tableau**

791.3 [Kwh]

**Energie de rafraîchissement**

4402.0 [Kwh]

**Energie auxiliaire Pac**

571.4 [Kwh]

**Energie ventilateurs**

0.0 [Kwh]

**Température moyenne extérieure**

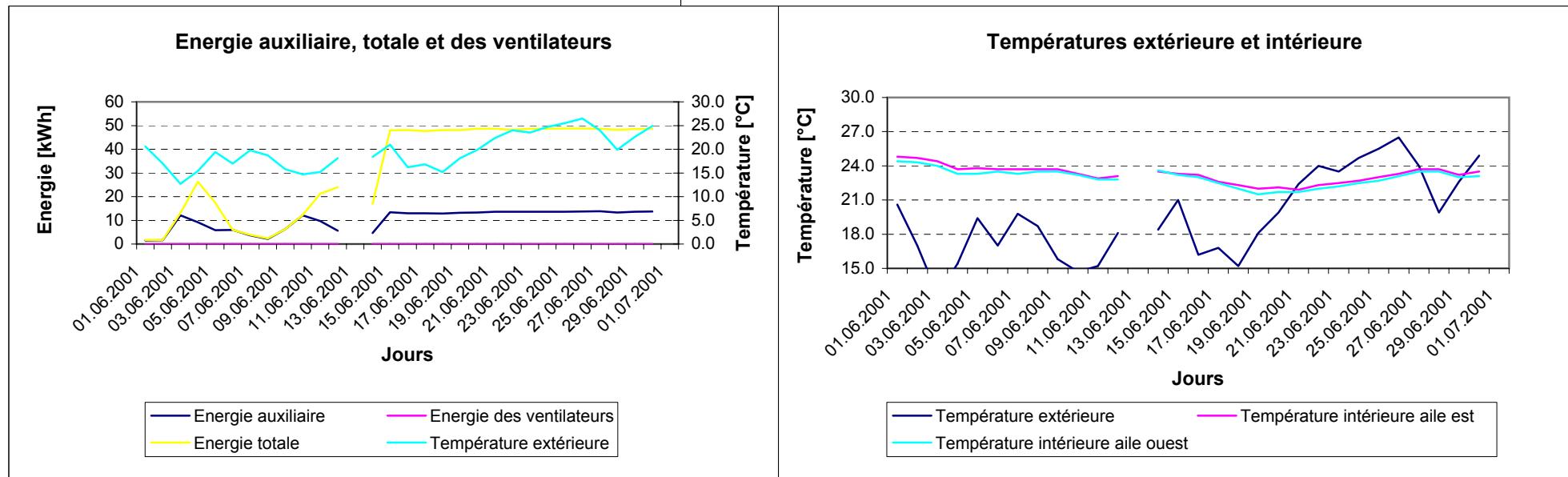
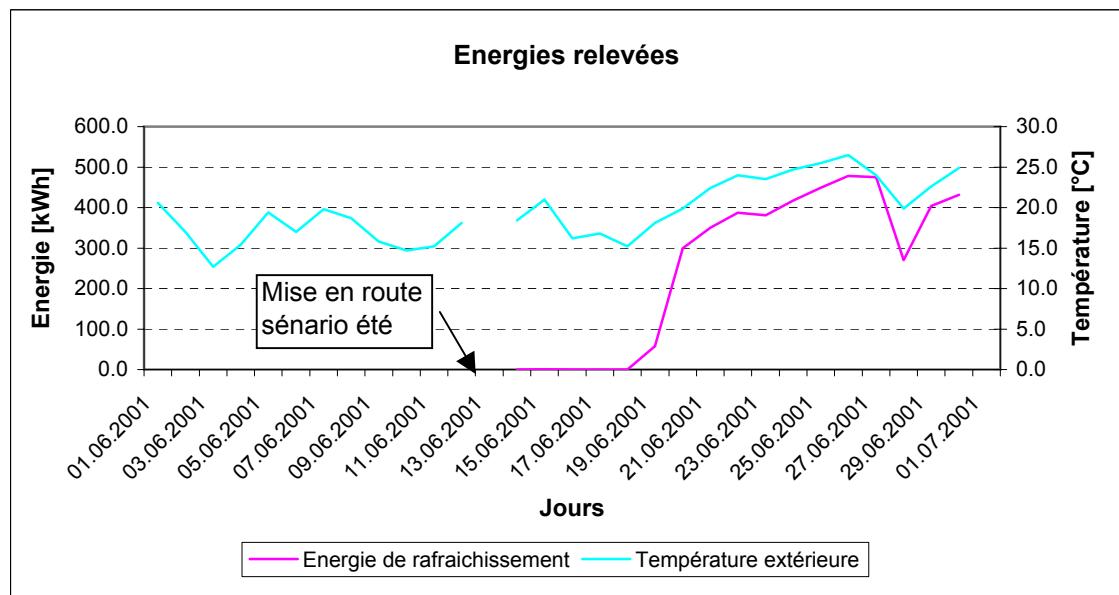
19.6 [°C]

**Température moyenne intérieure**

23.1 [°C]

Nom du fichier source:

Protocole de mesure juin.xls



# Résultats

Date: **01.07.2001****Energie totale tableau**

1857.2 [Kwh]

**Energie de rafraîchissement**

11315.0 [Kwh]

**Energie ventilateurs**

418.6 [Kwh]

**Energie auxiliaire Pac**

1014.0 [Kwh]

**Température moyenne extérieure**

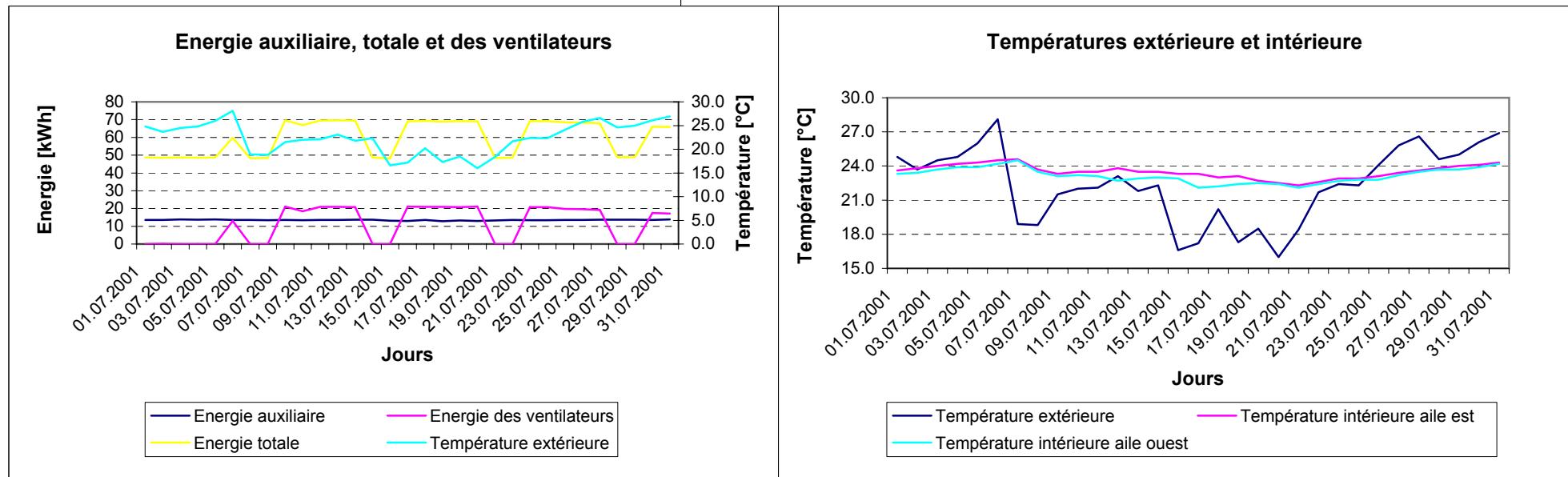
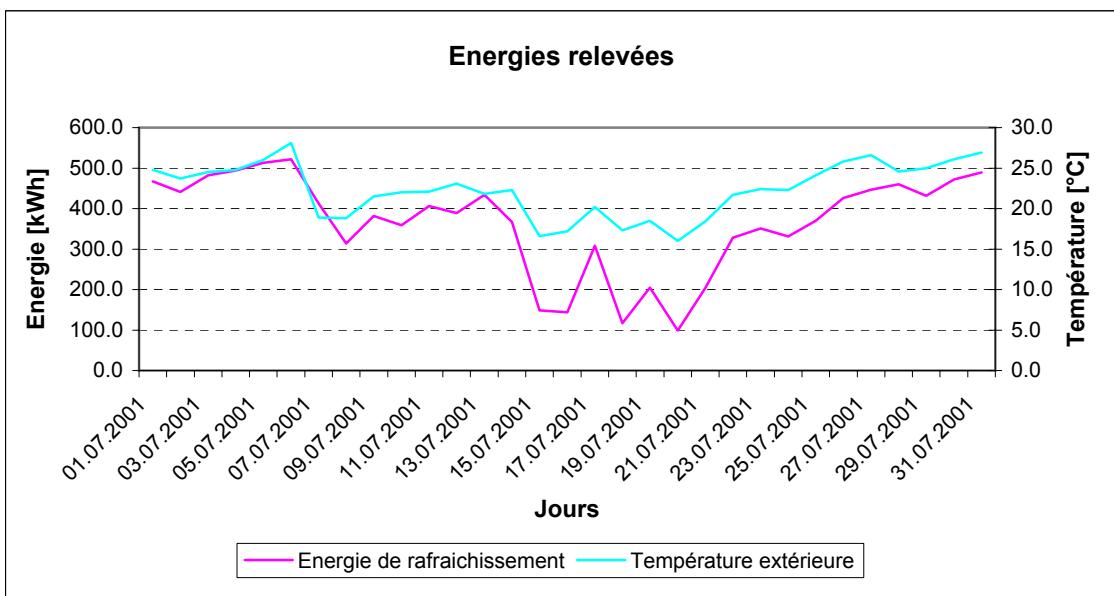
22.3 [°C]

**Température moyenne intérieure**

23.3 [°C]

Nom du fichier source:

Protocole de mesure juillet.xls



# Résultats

Date: **01.08.2001**

**Energie totale tableau**

**1857.9 [Kwh]**

**Energie de rafraîchissement**

**12615.0 [Kwh]**

**Energie ventilateurs**

**347.8 [Kwh]**

**Energie auxiliaire Pac**

**1086.7 [Kwh]**

**Température moyenne extérieure**

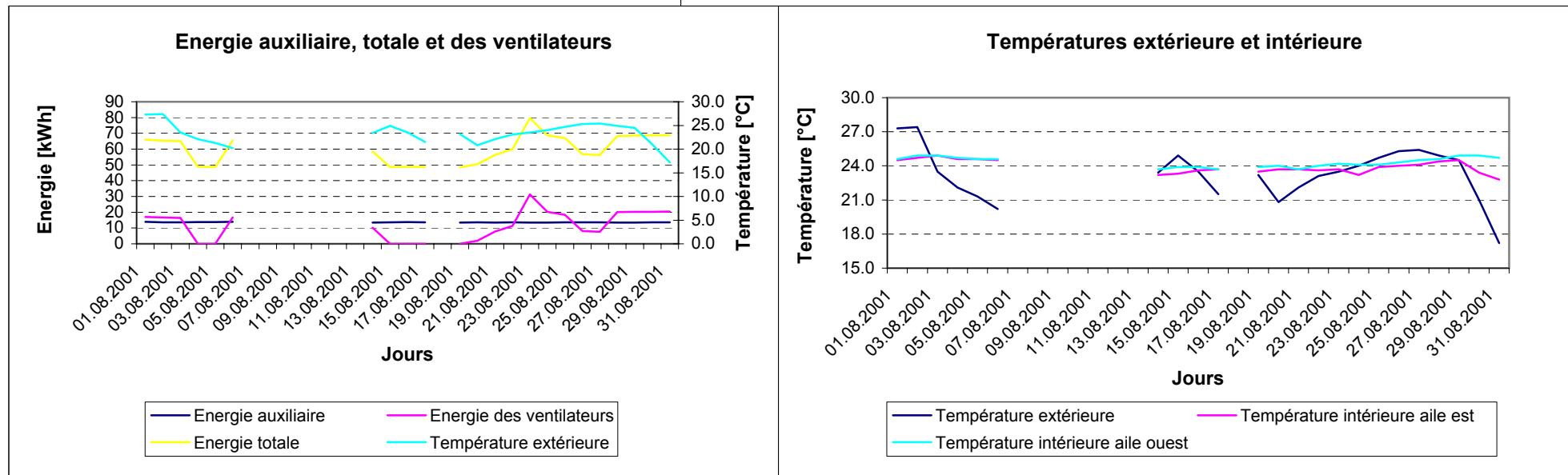
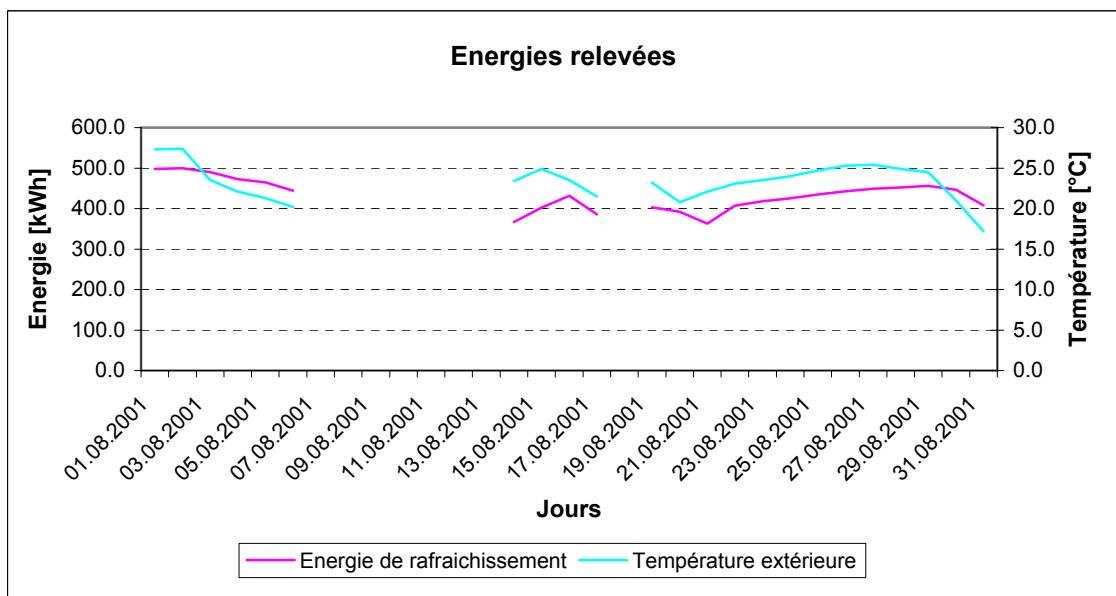
**23.3 [°C]**

**Température moyenne intérieure**

**24.1 [°C]**

Nom du fichier source:

Protocole de mesure Aout.xls



# Résultats

Date: **01.09.2001**

**Energie totale tableau**

**1851.5 [Kwh]**

**Energie de rafraîchissement**

**3411.0 [Kwh]**

**Energie ventilateurs**

**412.5 [Kwh]**

**Energie auxiliaire Pac**

**1053.0 [Kwh]**

**Température moyenne extérieure**

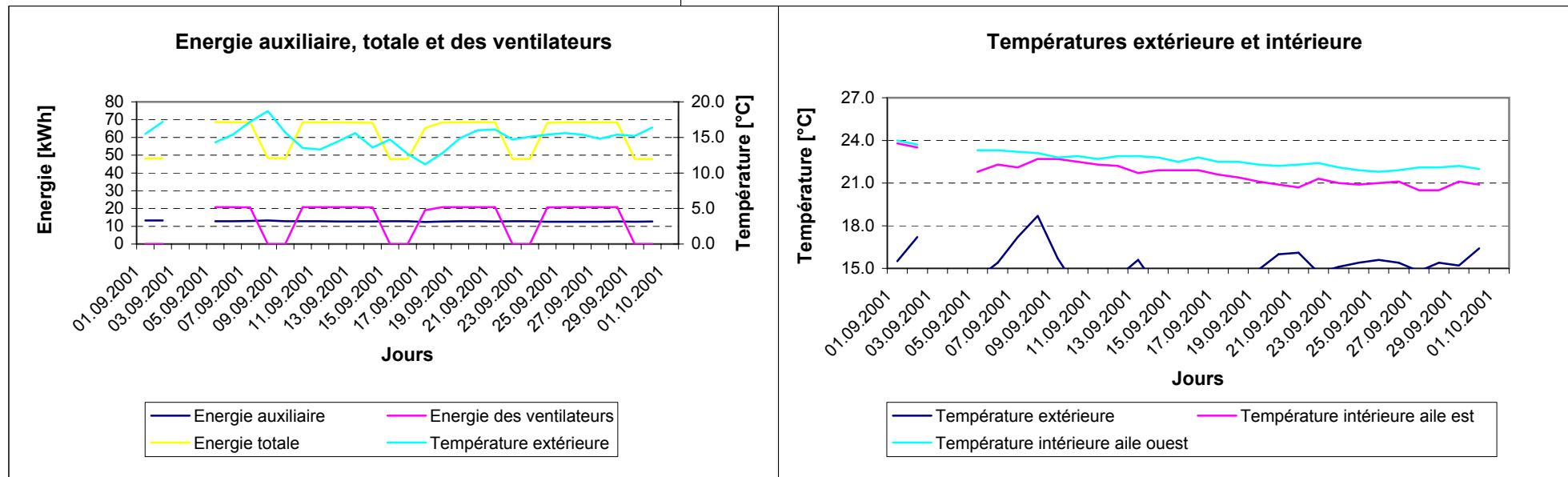
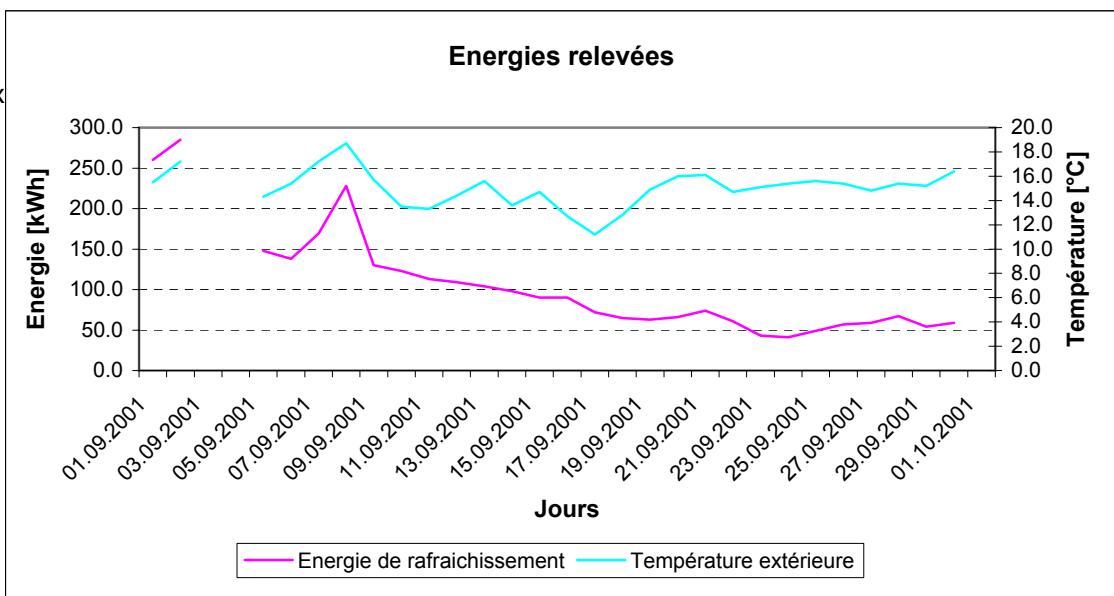
**15.0 [°C]**

**Température moyenne intérieure**

**22.2 [°C]**

Nom du fichier source:

Protocole de mesure Septembre.xls



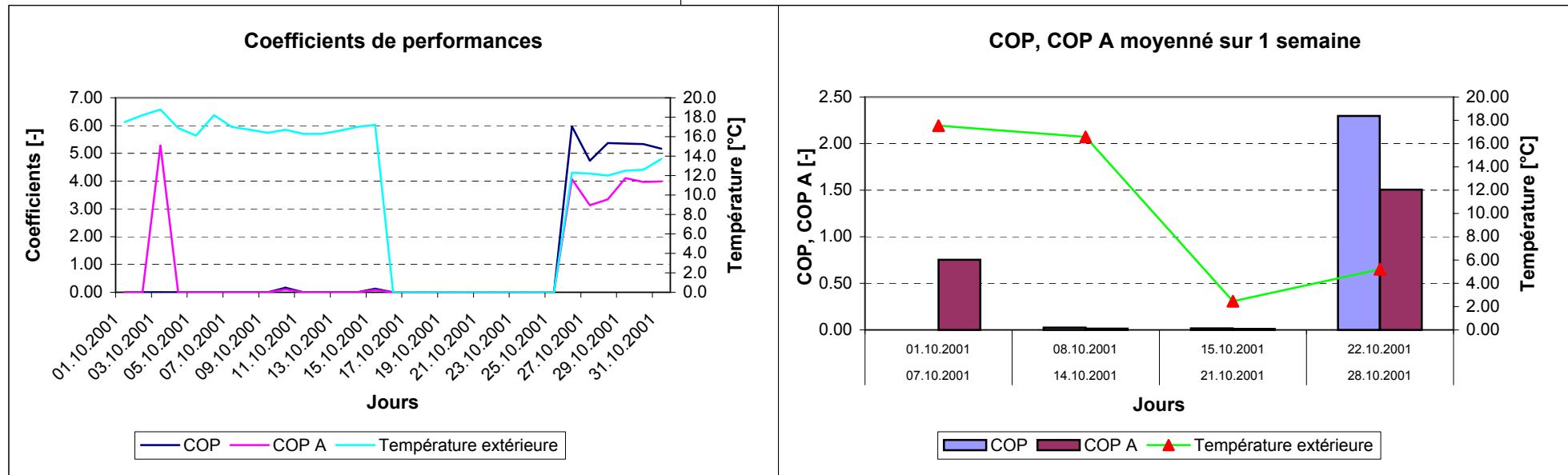
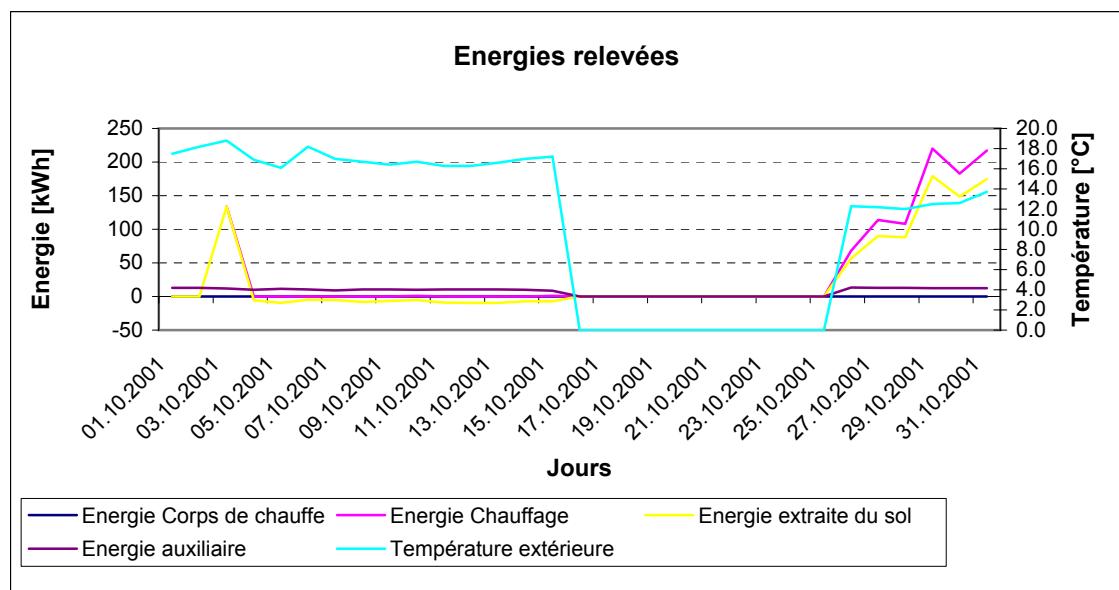
# Résultats

Date: **01.10.2001**  
**31.10.2001**

<b>Energie totale de compression</b>	<b>262.4</b>	[Kwh]
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>1046.0</b>	[Kwh]
<b>Energie totale tableau</b>	<b>1323.5</b>	[Kwh]
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>0.0</b>	[Kwh]
<b>Energie auxiliaire Pac</b>	<b>88.7</b>	[Kwh]
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>4.0</b>	[ $-$ ]
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>3.0</b>	[ $-$ ]

## Nom du fichier source:

Protocole de mesure Octobre.xls



# Résultats

Date: **01.11.2001**  
**30.11.2001**

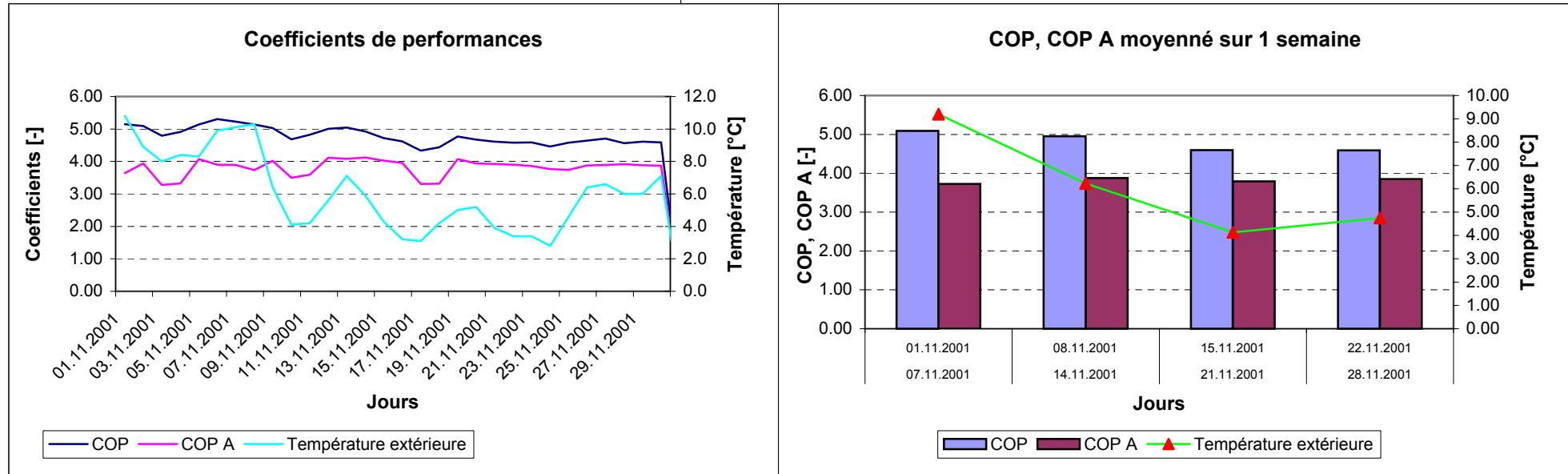
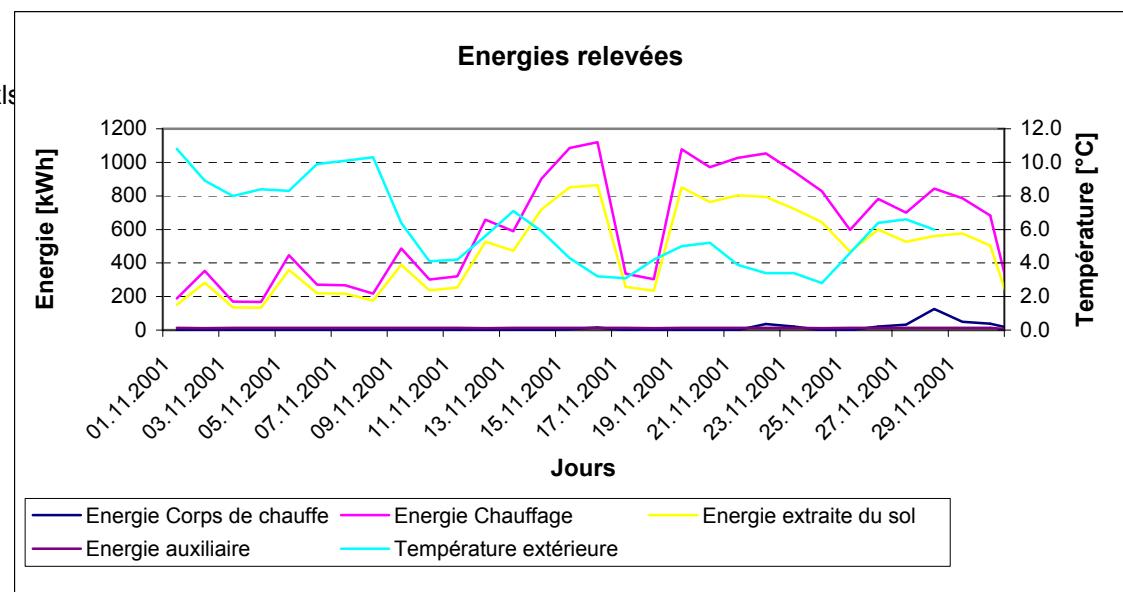
<b>Energie totale de compression</b>	<b>3840.1</b>	[Kwh]
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>18480.0</b>	[Kwh]
<b>Energie totale tableau</b>	<b>6280.4</b>	[Kwh]
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>345.4</b>	[Kwh]
<b>Energie auxiliaire Pac</b>	<b>830.8</b>	[Kwh]
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>4.7</b>	[ $-$ ]
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>3.9</b>	[ $-$ ]

**Nom du fichier source:**

Protocole de mesure novembre.xls

**Nom du fichier rapport:**

Novembre.xls



# Résultats

Date: **01.12.2001**  
**31.12.2001**

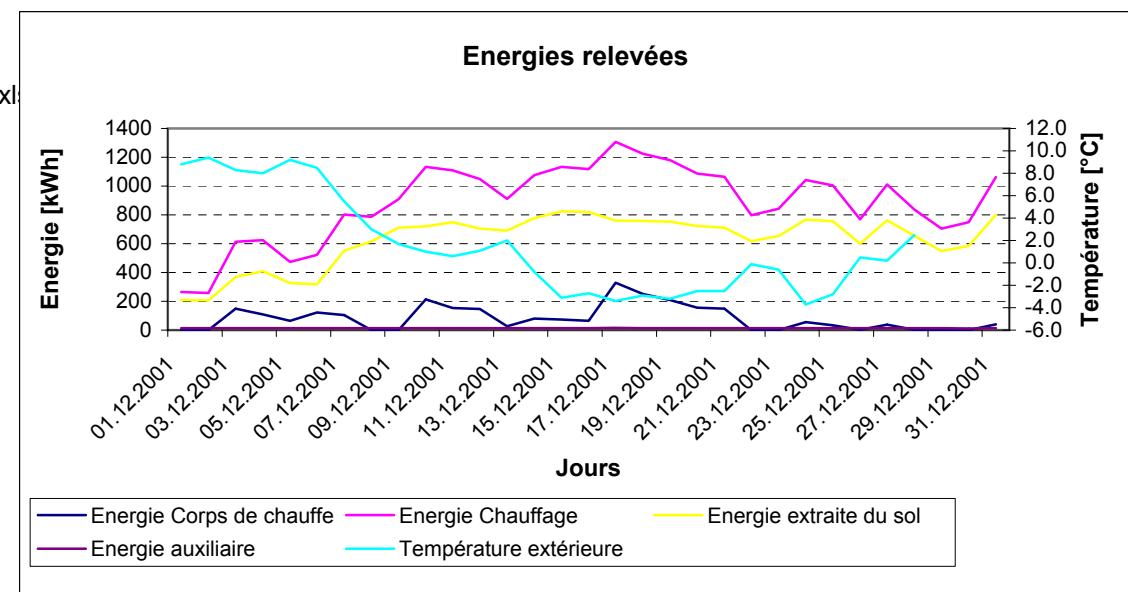
<b>Energie totale de compression</b>	<b>5441.8</b>	[Kwh]
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>27465.0</b>	[Kwh]
<b>Energie totale tableau</b>	<b>10268.1</b>	[Kwh]
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>2574.2</b>	[Kwh]
<b>Energie auxiliaire Pac</b>	<b>1081.4</b>	[Kwh]
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>4.6</b>	[ $-$ ]
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>3.8</b>	[ $-$ ]

**Nom du fichier source:**

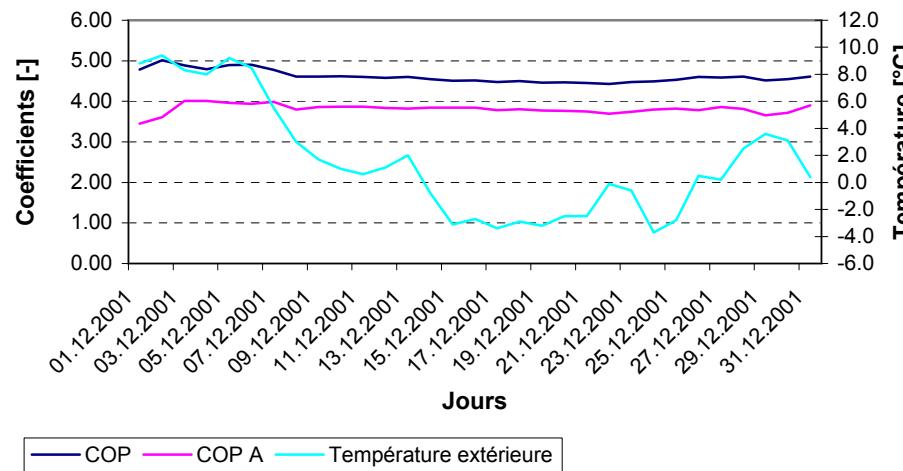
Protocole de mesure Décembre.xls

**Nom du fichier rapport:**

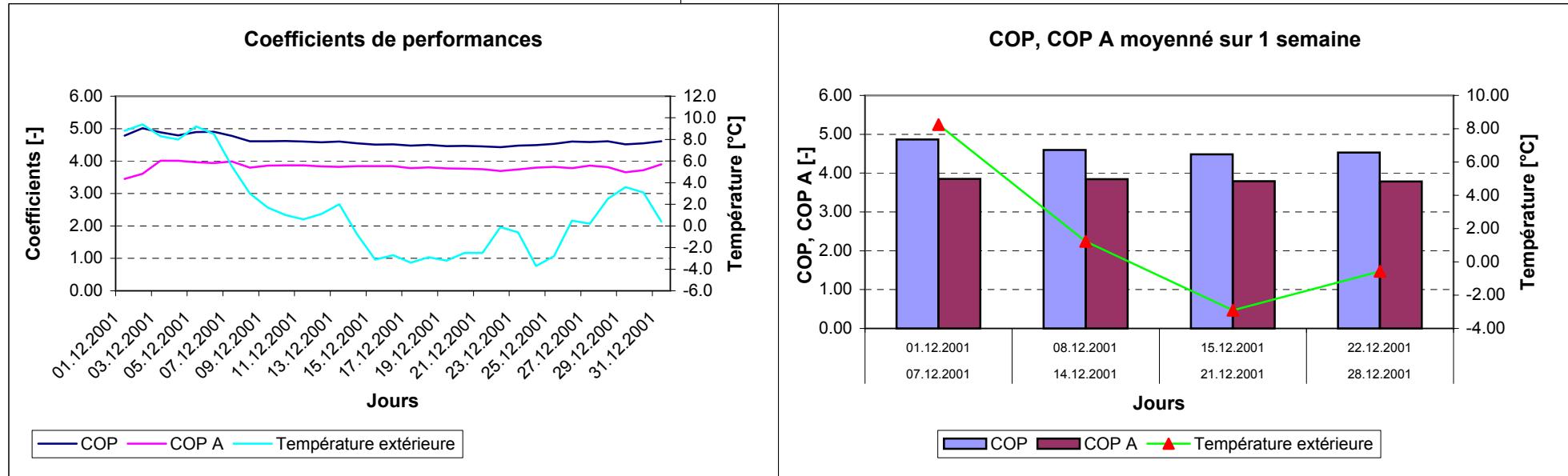
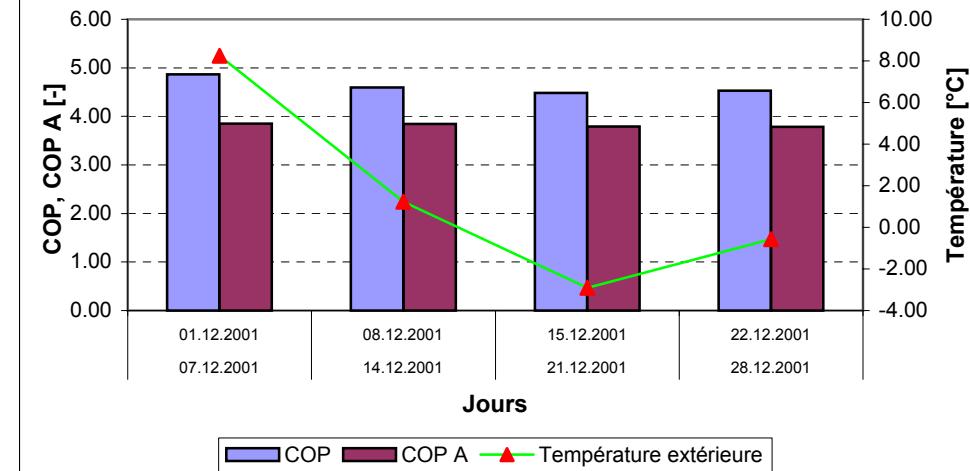
Décembre01.xls



**Coefficients de performances**



**COP, COP A moyenné sur 1 semaine**



# Résultats

Date: **01.01.2002**  
**31.01.2002**

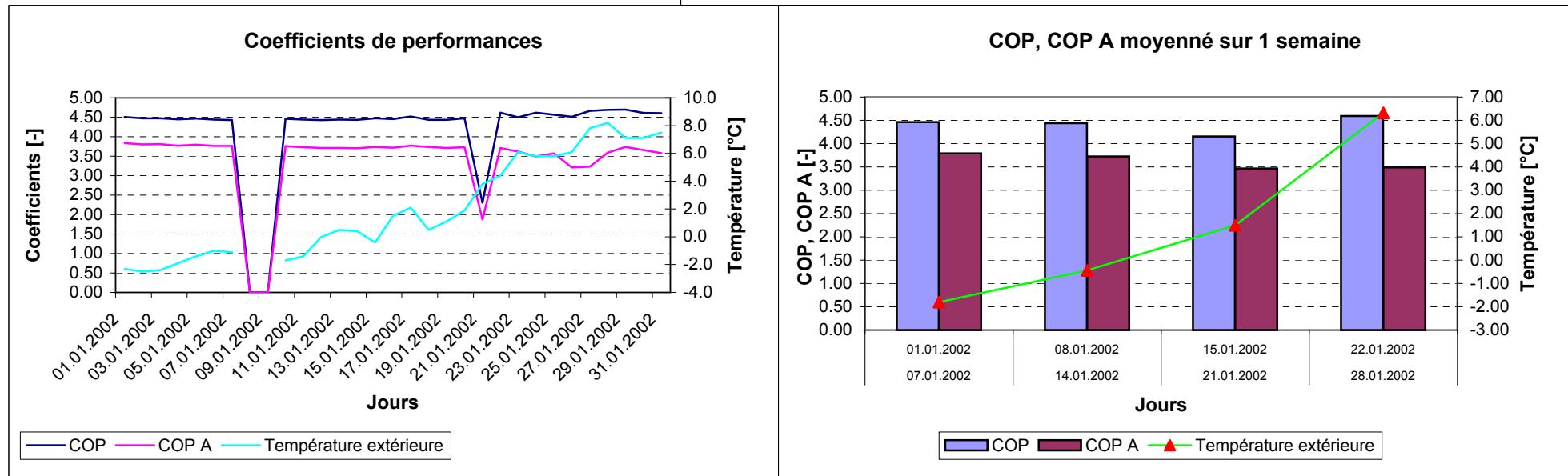
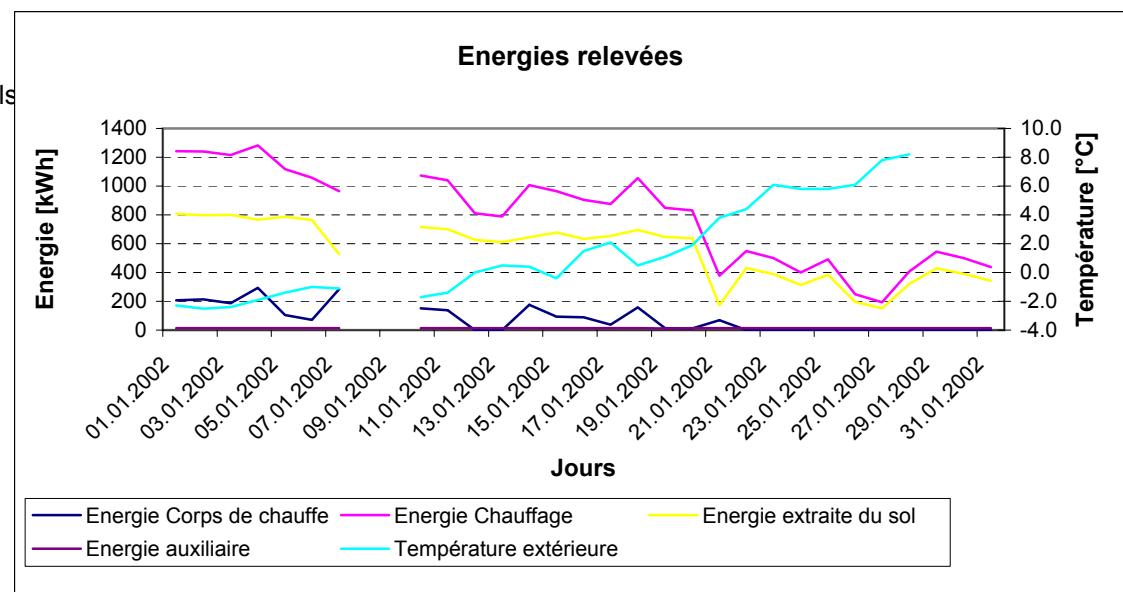
<b>Energie totale de compression</b>	<b>4671.2</b>	[Kwh]
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>22970.0</b>	[Kwh]
<b>Energie totale tableau</b>	<b>9008.9</b>	[Kwh]
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>2294.5</b>	[Kwh]
<b>Energie auxiliaire Pac</b>	<b>972.4</b>	[Kwh]
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>4.4</b>	[ $\cdot$ ]
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>3.7</b>	[ $\cdot$ ]

**Nom du fichier source:**

Protocole de mesure Janvier02.xls

**Nom du fichier rapport:**

Janvier02.xls

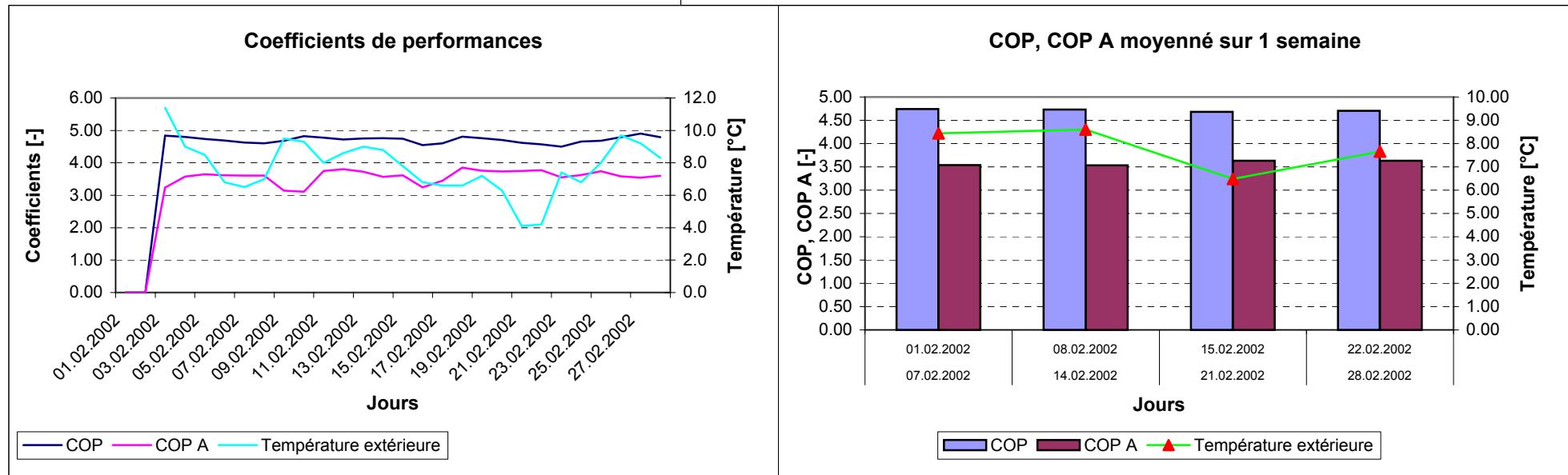
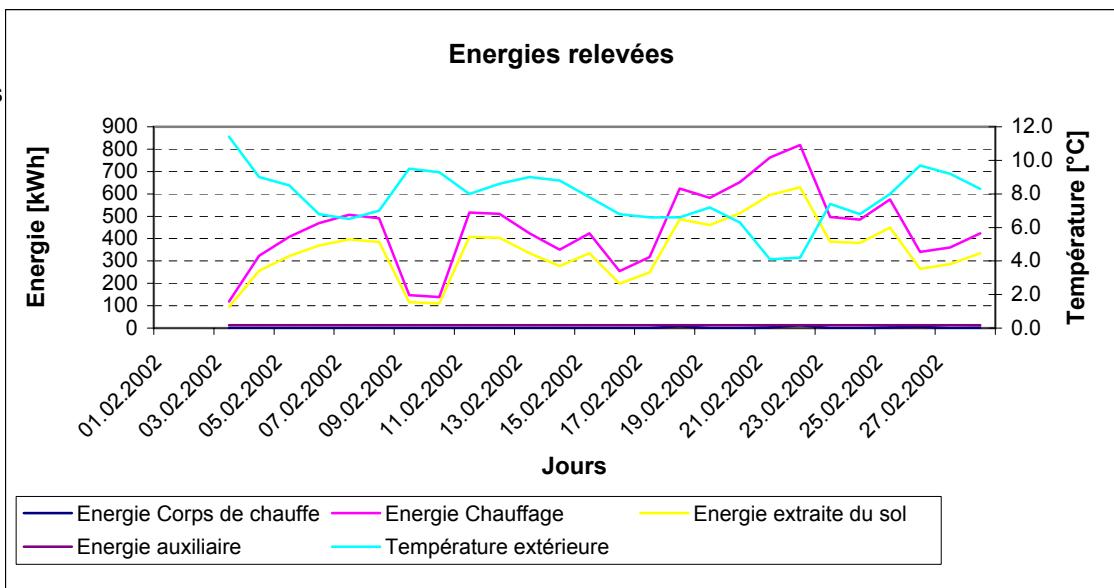


# Résultats

Date: **01.02.2002**  
**28.02.2002**

<b>Energie totale de compression</b>	<b>2445.7</b>	[Kwh]
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>11525.0</b>	[Kwh]
<b>Energie totale tableau</b>	<b>4382.6</b>	[Kwh]
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>36.1</b>	[Kwh]
<b>Energie auxiliaire Pac</b>	<b>706.7</b>	[Kwh]
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>4.7</b>	[ $-$ ]
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>3.6</b>	[ $-$ ]

**Nom du fichier source:**  
protocole de mesure Février02.xls  
**Nom du fichier rapport:**  
Février02.xls

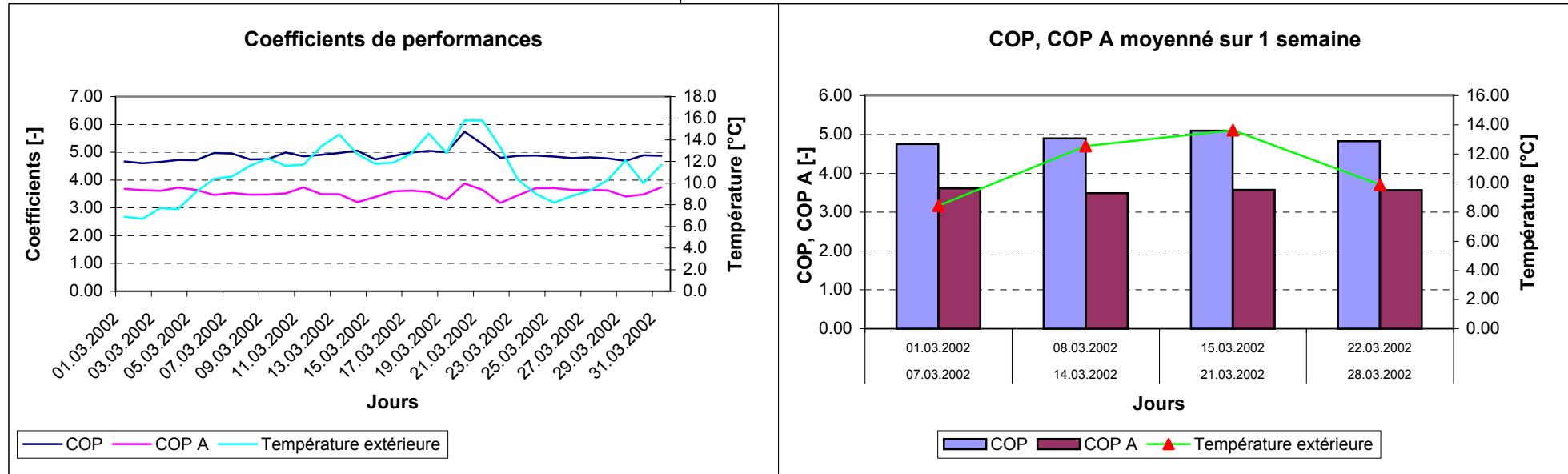
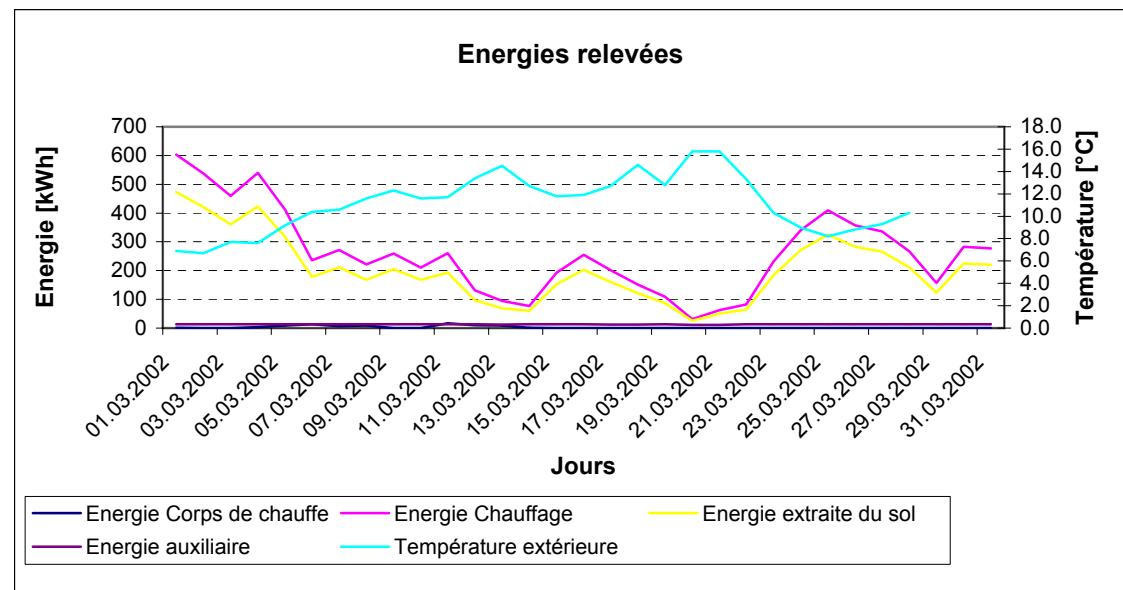


# Résultats

Date: **01.03.2002**  
**31.03.2002**

<b>Energie totale de compression</b>	<b>1659.6</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>8057.0</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale tableau</b>	<b>3694.6</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>80.6</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie auxiliaire Pac</b>	<b>559.1</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>4.8</b>	<b>[ - ]</b>
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>3.6</b>	<b>[ - ]</b>

**Nom du fichier source:**  
protocole de mesure mars02.xls  
**Nom du fichier rapport:**  
Rapport.xls



# Résultats

Date: **01.04.2002**  
**30.04.2002**

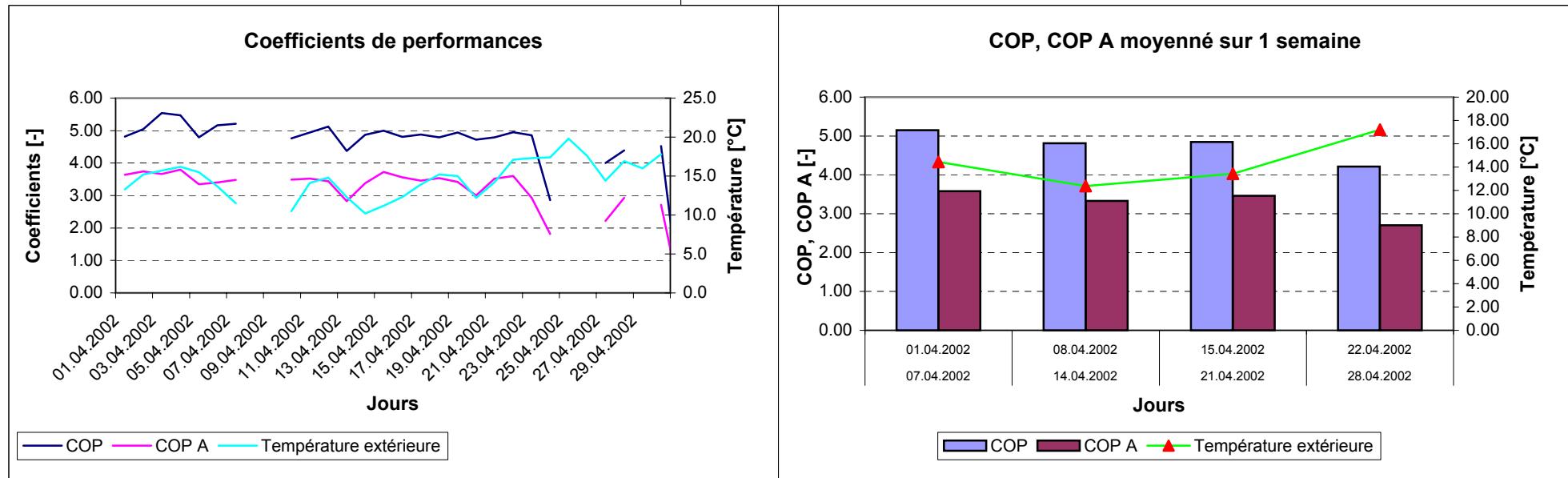
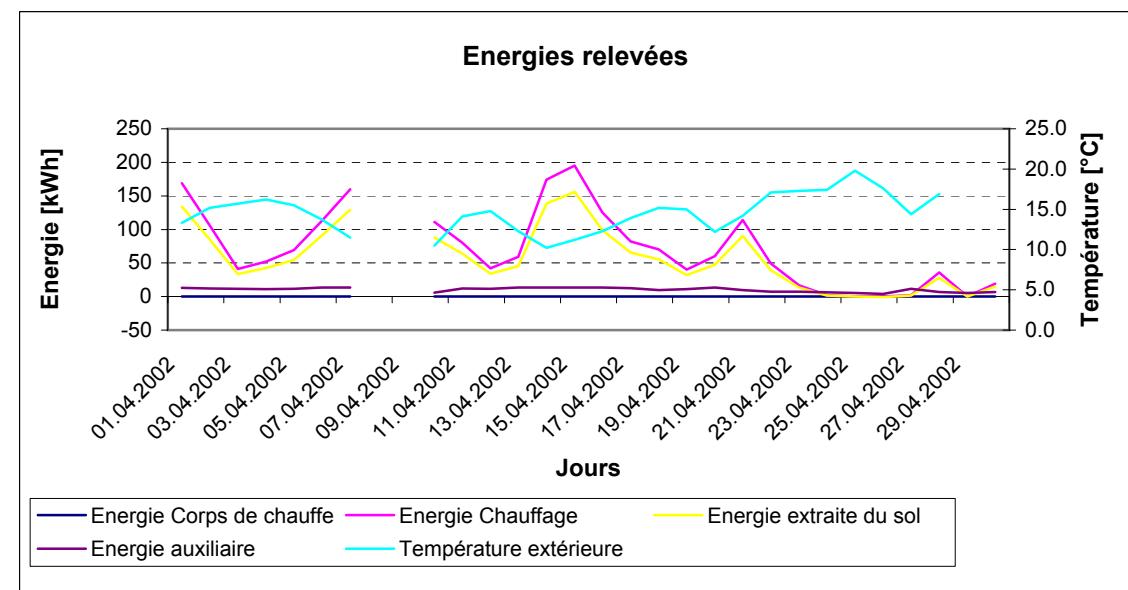
<b>Energie totale de compression</b>	<b>405.7</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>1987.0</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale tableau</b>	<b>1703.5</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>0.0</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie auxiliaire Pac</b>	<b>170.1</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>4.9</b>	<b>[ - ]</b>
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>3.5</b>	<b>[ - ]</b>

**Nom du fichier source:**

protocole de mesure Avril02.xls

**Nom du fichier rapport:**

Rapport.xls



# Résultats

Date: **01.05.2002**  
**30.05.2002**

<b>Energie totale de compression</b>	<b>133.4</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale de chauffage</b>	<b>642.0</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale tableau</b>	<b>1034.2</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie totale corps de chauffe</b>	<b>0.0</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Energie auxiliaire Pac</b>	<b>60.1</b>	<b>[Kwh]</b>
<b>Coefficient COP moyen mensuel</b>	<b>4.8</b>	<b>[ - ]</b>
<b>Coefficient COPA moyen mensuel</b>	<b>3.3</b>	<b>[ - ]</b>

**Nom du fichier source:**  
protocole de mesure mai02.xls  
**Nom du fichier rapport:**  
Rapport.xls

