

## RAPPORT ANNUEL 1997

Pour les travaux de recherche définis dans le mandat : DIS 50370 & DIS 10396

**Titre du projet : MESURES D'UNE INSTALLATION SOLAIRE POUR LE CHAUFFAGE DU COLLEGE DES COTEAUX A PESEUX COMPRENANT UN STOCKAGE SAISONNIER PAR SONDES VERTICALES ET UNE POMPE A CHALEUR A GAZ**

### Résumé :

L'installation comprend une pompe à chaleur (PAC) à gaz couvrant 40 % de la puissance et une chaudière à gaz d'appoint. La pompe à chaleur est alimentée par un accumulateur souterrain (30 sondes verticales en double U de 60 m) rechargeé par 306 m<sup>2</sup> d'absorbeurs solaires. Volume des bâtiments : 34'400 m<sup>3</sup> SIA.

Sur un cycle annuel les résultats les plus significatifs sont les suivants :

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| • Production des absorbeurs  | 796 kWh/m <sup>2</sup> an |
| • Coefficient de performance moyen de la PAC gaz                                 | 1,5                       |
| • Part de l'énergie fournie par la PAC gaz                                       | 80 %                      |
| • Durée de fonctionnement de la PAC  | 3'167 h                   |
| • Température minimale à la sortie du stock                                      | 6°C                       |
| • Température maximale en recharge estivale                                      | 45°C                      |
| • Energie thermique fournie aux bâtiments  | 519 MWh/an                |
| • Energie d'appoint sous forme de gaz ou de mazout                               | 383 MWh/an, 74 %          |
| • Energie solaire fournie aux bâtiments  | 136 MWh/an, 26 %          |
| • Indice énergétique des bâtiments existants avant transformation                | 794 MJ/m <sup>2</sup> an  |
| • Indice énergétique des bâtiments anciens partiellement transformés et nouveaux | 176 MJ/m <sup>2</sup> an  |

L'abaissement des consommations spécifiques d'un facteur 4,5 est spectaculaire et meilleur que les prévisions. La fiabilité de l'installation est excellente.

Durée du projet : Rapport final en été 1998

Mandataire : Bernard Matthey Ingénieurs-Conseils SA  
2205 Montezillon

Rapporteur : Bernard Matthey Ingénieurs-Conseils SA  
Adresse : 2205 Montezillon  
Téléphone : 032 731 53 53

## 1. Objet

Le Collège des Coteaux a été agrandi et son volume est passé de 16'300 à 34'400 m<sup>3</sup> SIA. Surface de référence énergétique : 7'855 m<sup>2</sup>. Les installations de production de chaleur étant obsolètes, on en a profité pour placer une installation solaire avec stockage saisonnier et pompe à chaleur à gaz. L'objet du présent rapport est de donner les résultats d'exploitation de l'installation durant la première année complète de mesures et d'en tirer les premières conclusions.

## 2. L'installation en quelques mots

Le système, dont les données d'exploitation sont détaillées ici, comprend :

• une pompe à chaleur électrique de	62 kW
• un désurchauffeur sur la pompe à chaleur de	3 kW
• un groupe chaleur-force à gaz de	
puissance thermique de	61 kW
puissance électrique de	24 kW
• un condenseur sur le groupe chaleur-force d'une	
puissance de	10 kW
• une chaudière à mazout à condensation de	300 kW
• des absorbeurs solaires sans vitrage pour la recharge	
du stock	306 m <sup>2</sup>
• des capteurs solaires pour la production d'eau chaude	
sanitaire et complétant le stock	24 m <sup>2</sup>
• 30 sondes en terre en double U à 60 mètres	
de profondeur. Longueur	1'800 m
• un stock en rocher délimité par les sondes en terre	29'000 m <sup>3</sup>

L'ensemble du groupe chaleur-force et pompe à chaleur électrique constitue ce que nous appelons ici "la pompe à chaleur à gaz". Sa puissance nominale (désurchauffeur et condenseur compris) est de 135 kW, soit le 42 % de la demande totale des bâtiments.

La demande thermique des bâtiments, calculée selon SIA 380/1, est de 320 kW. Le principe de fonctionnement choisi et la hiérarchie d'enclenchement des composants de l'installation sont les suivants :

- En été :
  - production d'eau chaude par les capteurs solaires
  - complément, si nécessaire, par la pompe à chaleur à gaz et son désurchauffeur
  - recharge du stock en terre
- En hiver :
  - production de chaleur et d'eau chaude par la pompe à chaleur à gaz et le désurchauffeur de la PAC électrique
  - complément, si nécessaire, par la chaudière à mazout (pointes, relances)
  - appoint solaire par les capteurs pour la production d'eau chaude

Ainsi réglée, l'installation permet de couvrir 80 % des besoins par le groupe PAC gaz et capteurs solaires, la chaudière n'en couvrant que le 20 % (tableau 1).

Lorsque les besoins en eau chaude sont satisfaits, les capteurs solaires sont connectés au réseau des absorbeurs et contribuent à la recharge des sondes en terre. On évite ainsi la surchauffe des capteurs.

**Tableau 1 COLLEGE DES COTEAUX - Bilan énergétique des différents producteurs et consommateurs. Période : octobre 1996 - septembre 1997.**

Dates	Absorb. solaires	Charge Stock	En direct vers PAC	Décharge Stock	Evaporateur PAC	Consomm. électrique PAC	Condens. PAC	Désur. PAC	Chaleur PAC	Heures de fonc. PAC	Durée de fonct. PAC	COP moyen PAC
	3	10	3-10	1	4		7	8	7+8			
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	h	%	
03.10.1996												
28.10.1996	6.80	2.42	4.38	1.61	2.08	2.73	9.53	0.38	9.91	135	22.5	3.64
27.11.1996	5.83	1.41	4.42	0.27	22.38	9.10	31.29	0.91	32.20	450	62.5	3.54
30.12.1996	1.29	0.26	1.03	33.53	32.67	13.64	46.11	1.15	47.26	706	89.1	3.46
03.02.1997	0.79	0.06	0.73	36.77	35.52	15.32	50.45	1.22	51.67	819	97.5	3.37
03.03.1997	12.39	7.63	4.76	19.54	23.03	10.31	32.98	0.82	33.80	518	77.1	3.28
14.04.1997	36.77	30.29	6.48	9.50	14.77	6.33	20.57	0.67	21.24	303	30.1	3.36
12.05.1997	28.39	23.65	4.74	4.90	9.43	4.04	13.10	0.38	13.48	187	27.8	3.34
09.06.1997	34.92	33.79	1.13	0.21	0.58	0.30	0.80	0.03	0.83	11	1.6	2.81
01.07.1997	21.81	21.16	0.65	0.32	0.52	0.31	0.76	0.04	0.80	13	2.5	2.62
29.08.1997	66.86	65.14	1.72	0.25	0.40	0.31	0.60	0.03	0.63	9	0.6	2.04
02.10.1997	27.71	26.98	0.73	0.49	0.66	0.40	0.99	0.04	1.03	16	2.0	2.57
<i>Définition</i> <i>du</i> <i>3.10.96 -</i> <i>2.10.97</i>	<b>243.56</b>	<b>212.79</b>	<b>30.77</b>	<b>107.39</b>	<b>142.04</b>	<b>62.78</b>	<b>207.18</b>	<b>5.67</b>	<b>212.85</b>	<b>3167</b>	<b>36.2</b>	<b>3.39</b>

**Tableau 1 (suite) COLLEGE DES COTEAUX - Bilan énergétique des différents producteurs et consommateurs. Période : octobre 1996 - septembre 1997.**

Dates	Compteur	Consommation	Heures de fonctionnement	Durée de fonctionnement	Bilan électrique	Bibloc	Condens.	Chaleur	COP moyen
	gaz	gaz (PCI)				Bibloc	Bibloc	Bibloc	
	m <sup>3</sup>	MWh	h	%	MWh	MWh	MWh	MWh	
03.10.1996									
28.10.1996	1'098	11.04	89	15	0.06	7.08	1.04	8.12	1.50
27.11.1996	3'120	31.38	255	35	1.45	18.66	3.14	21.80	1.52
30.12.1996	5'764	57.98	473	60	-0.55	35.50	5.99	41.49	1.44
03.02.1997	7'876	79.23	645	77	-4.03	49.96	8.27	58.23	1.37
03.03.1997	3'493	35.14	285	42	1.76	21.69	3.51	25.20	1.49
14.04.1997	2'800	28.17	223	22	-0.36	17.86	2.78	20.64	1.41
12.05.1997	2'215	22.28	163	24	-0.85	12.41	2.09	14.50	1.25
09.06.1997	297	2.99	40	6	-0.90	2.79	0.55	3.34	1.64
01.07.1997	257	2.59	20	4	-0.29	1.28	0.36	1.64	1.05
29.08.1997	301	3.03	23	2	-0.38	1.54	0.37	1.91	0.97
02.10.1997	249	2.50	20	2	-0.20	1.23	0.35	1.58	1.10
<i>Différence du 3.10.96 - 2.10.97</i>	<b>27'469</b>	<b>276.34</b>	<b>2236</b>	<b>25.50</b>	<b>-4.30</b>	<b>170</b>	<b>28.45</b>	<b>198.45</b>	<b>1.47</b>

Tableau 1 (suite) COLLEGE DES COTEAUX - Bilan énergétique des différents producteurs et consommateurs. Période : octobre 1996 - septembre 1997.

Dates	Chaudière	Heures de fonc. Chaudière	Durée de fonct. Chaudière	Mazout	Mazout (PCI)	Consomm. électrique	Bilan électrique chaufferie	Rendement chaufferie	Production
						prod. chaleur			ECS
	2								
	MWh	h	%	l	MWh	MWh	MWh		MWh
03.10.1996									
28.10.1996	1.89	8.52	1	193.10	1.93	3.27	0.60	1.39	0.51
27.11.1996	10.74	49.66	7	1129.60	11.30	10.28	2.63	1.37	0.69
30.12.1996	21.84	99.82	13	2271.40	22.71	15.24	1.05	1.30	0.33
03.02.1997	35.06	138.00	16	3639.00	36.39	17.16	-2.19	1.24	0.40
03.03.1997	12.71	48.00	7	1343.00	13.43	11.66	3.11	1.33	0.11
14.04.1997	13.50	64.00	6	1478.00	14.78	7.89	1.20	1.22	0.33
12.05.1997	6.49	28.00	4	640.00	6.40	4.95	0.06	1.17	0.55
09.06.1997	0.71	4.46	1	80.00	0.80	0.84	-0.36	1.31	0.77
01.07.1997	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.69	0.09	0.93	1.15
29.08.1997	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.26	0.57	0.75	0.95
02.10.1997	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.96	0.36	0.93	0.92
<i>Définition</i>									
<i>du 3.10.96 - 2.10.97</i>		<b>102.94</b>	<b>440</b>	<b>5.02</b>	<b>10'774</b>	<b>107.74</b>	<b>74</b>	<b>7.11</b>	<b>1.27</b>
									<b>6.71</b>

Notes : Pci gaz = 10.06 kWh/Nm<sup>3</sup>

Pci mazout = 10.0 kWh/l

### 3. Equipement de mesures

Un équipement de mesures destiné à connaître l'ensemble des éléments du bilan thermique de l'installation a été mis en place en mai 1996.

Le système de mesures comprend 10 compteurs de chaleur et 20 sondes de température liés à un acquiseur de données connecté à un PC. Des relevés manuels sont effectués une fois par semaine par le concierge de l'établissement. Les valeurs traitées correspondent à des données horaires.

### 4. Résultats des mesures

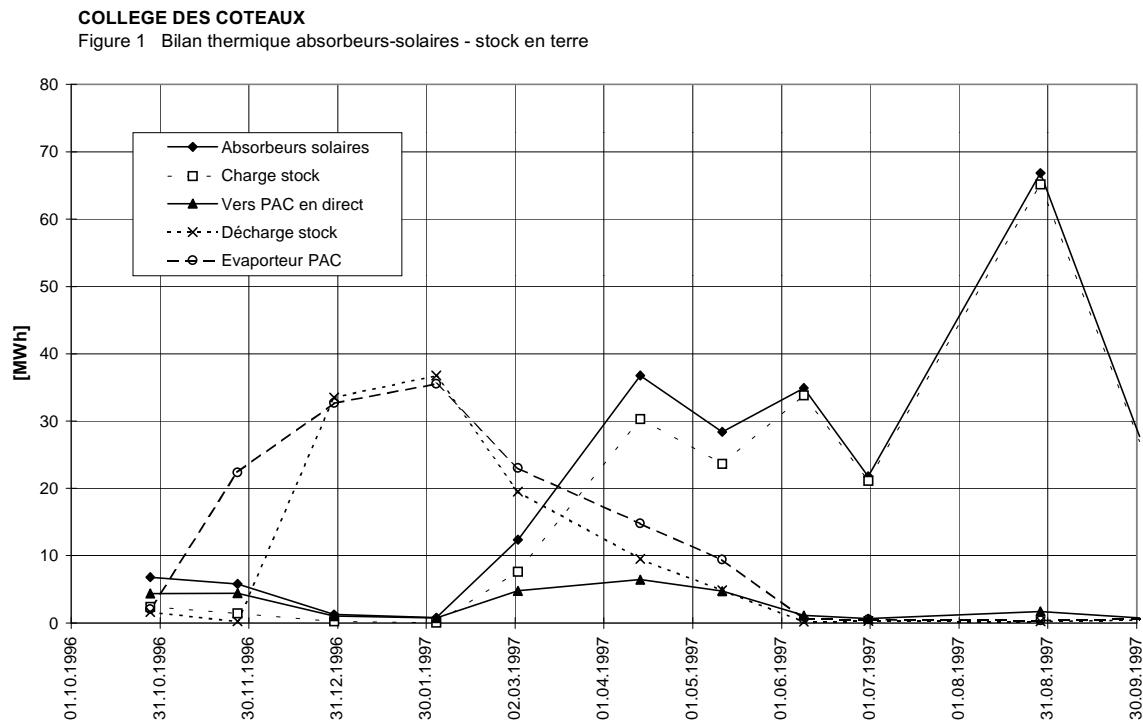
#### 4.1 Principe

L'analyse des résultats doit être faite sur deux plans, à savoir :

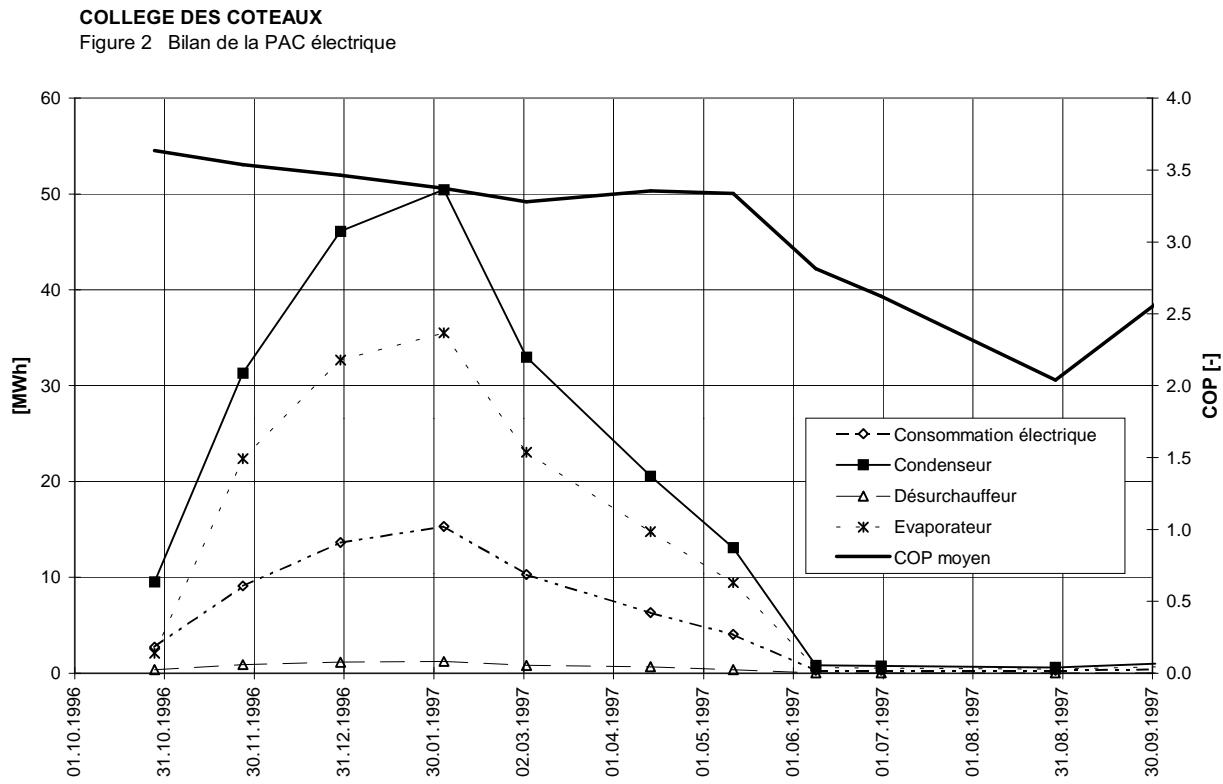
- bilan énergétique de chacun des composants
- rôle et comportement du stock en terre

Le présent rapport, qui est un rapport intermédiaire, traite principalement du bilan thermique des composants de l'installation. L'analyse fine du comportement du stock en terre est prévue pour le rapport final. A cette fin, on a retenu une année complète d'exploitation (3.10.1996 au 2.10.1997) que l'on a divisée en onze périodes pour lesquelles, à chaque fois, un bilan des composants a été établi. Les résultats figurent au tableau 1, à partir duquel on a établi les figures 1 à 5.

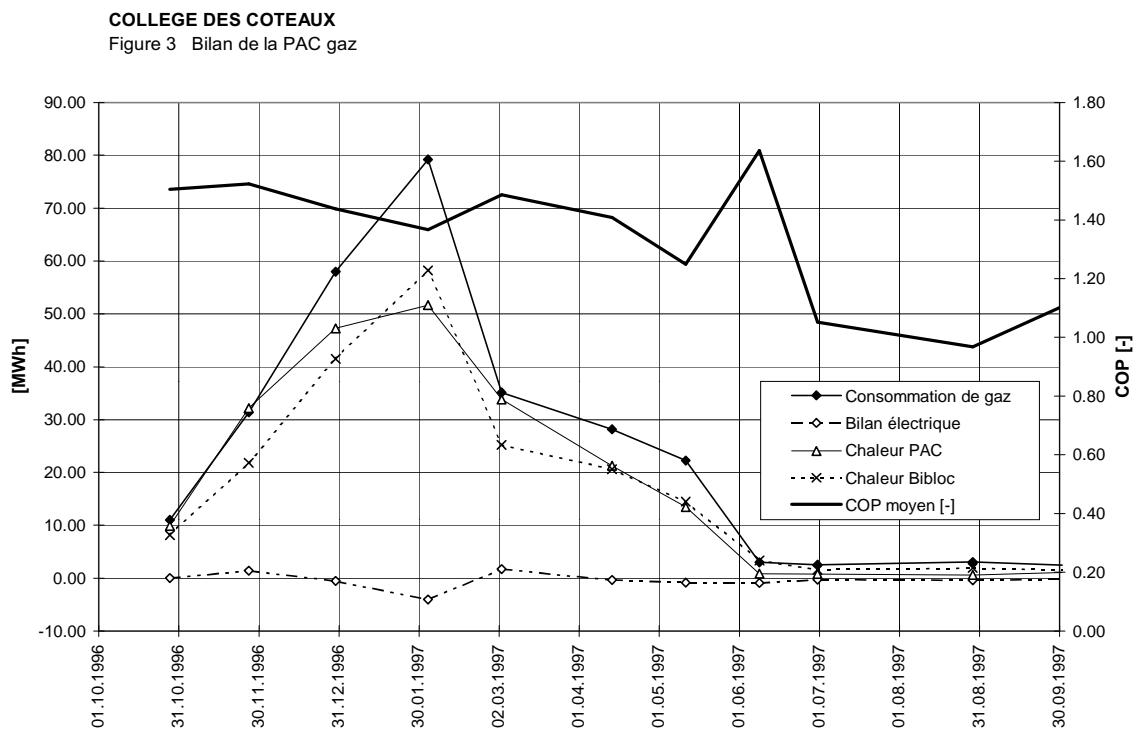
**Figure 1 COLLEGE DES COTEAUX - Bilan thermique absorbeurs solaires - stock en terre.**



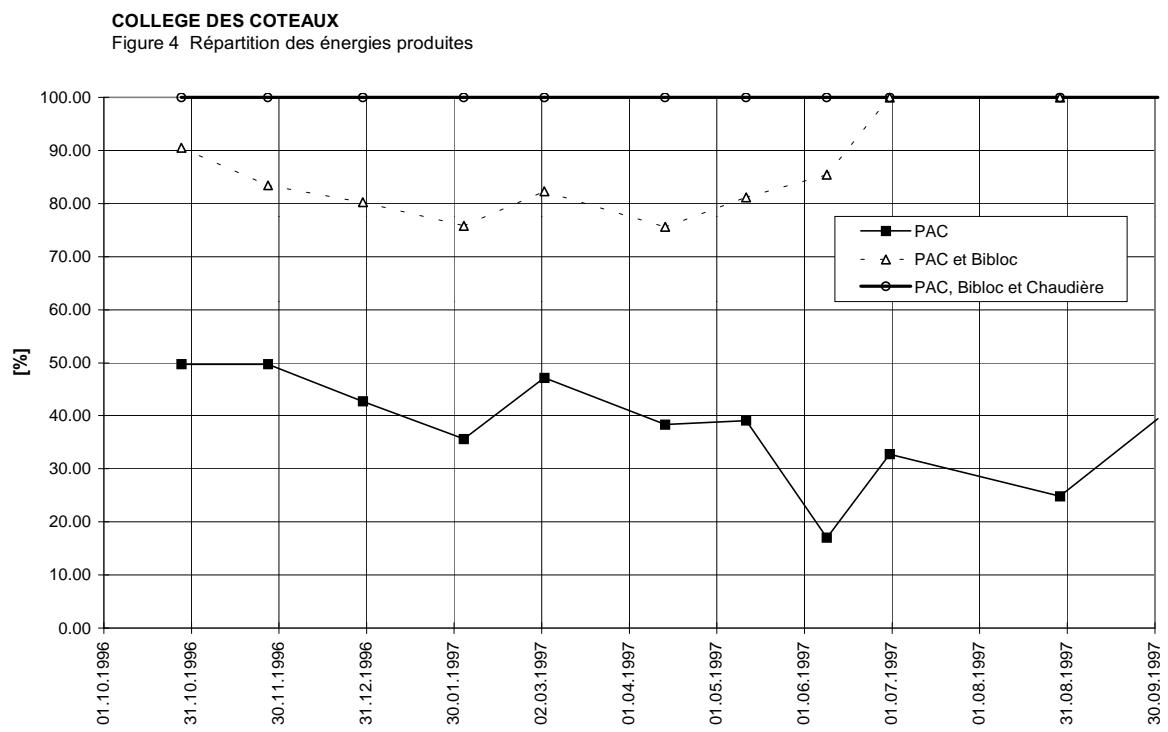
**Figure 2 COLLEGE DES COTEAUX - Bilan de la PAC électrique.**



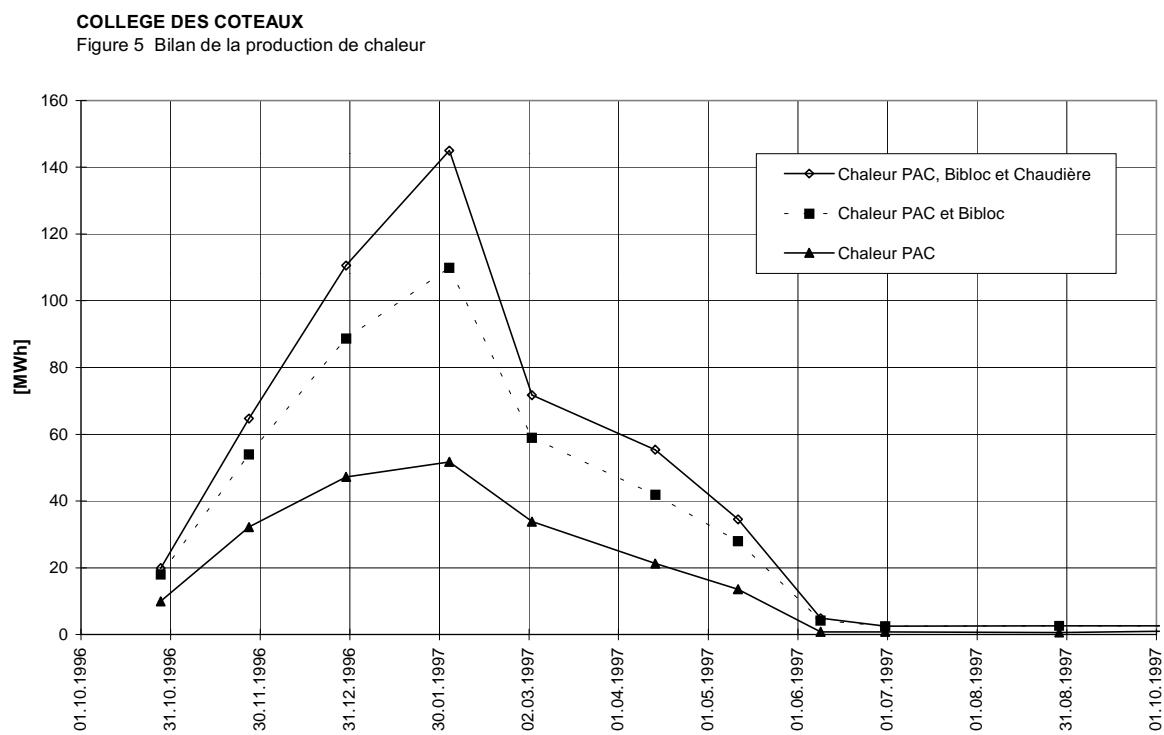
**Figure 3 COLLEGE DES COTEAUX - Bilan de la PAC gaz.**



**Figure 4 COLLEGE DES COTEAUX - Répartition des énergies produites.**



**Figure 5 COLLEGE DES COTEAUX - Bilan de la production de chaleur**



#### 4.2 Absorbeurs solaires - stock en terre

La figure 1, qui donne les bilans des absorbeurs solaires et du stock en terre, appelle les commentaires suivants :

Les absorbeurs solaires ont produit 796 kWh/m<sup>2</sup>an, valeur plus élevée que prévue (650 kWh/m<sup>2</sup>an). Au moment du dimensionnement de l'installation, il était prévu que le bilan stockage-déstockage soit équilibré, le stock devant travailler de part et d'autre de la température naturelle du terrain. La demande nette des bâtiments étant inférieure aux valeurs de planification et la production des absorbeurs de 20 % supérieure à la prévision, l'évaporateur ne consomme que 58 % de la chaleur produite par les absorbeurs. Le solde, correspondant à l'équivalent de 10'000 litres de mazout environ, devrait contribuer à éléver progressivement la température moyenne du stock jusqu'à l'obtention d'une situation d'équilibre.

La part de chaleur des absorbeurs alimentant directement l'évaporateur, sans passer par le stock, est de 13 % en moyenne annuelle. Elle est nulle en été, de 64 % pour octobre et évidemment de 100 % pour janvier, mois où la PAC fonctionne pratiquement sans interruption.

En juillet-août, les absorbeurs fournissent 36 % de leur production annuelle, soit 4,6 kWh/m<sup>2</sup>jour. La part d'énergie fournie en direct à l'évaporateur de la PAC depuis les capteurs représente le 30 % de sa consommation.

#### 4.3 Pompe à chaleur électrique

La pompe à chaleur électrique a fonctionné 3'167 h dans l'année. En janvier 1997, elle a fonctionné 819 h, soit 97,5 % du temps. Ceci correspond bien aux valeurs de dimensionnement (figure 2).

Le coefficient de performance annuel moyen de la pompe à chaleur électrique est de 3,4. Les valeurs inférieures à 3,0 (été), sont sans signification, car elles correspondent à une situation de fonctionnement de une à deux heures par mois. Le coefficient de performance de la PAC est de 3,64 en octobre et de 3,28 en février. Il baisse du début à la fin de la période de chauffe, suite à la décharge progressive du stock, qui en abaisse la température.

La récupération sur le désurchauffeur représente le 2,7 % de la production de la PAC. Cette valeur est basse, mais on doit considérer que lorsque la température de l'eau chaude est satisfaite, le désurchauffeur est mis hors service. L'énergie produite par le désurchauffeur correspond à la production de 100 m<sup>3</sup> d'eau chaude sanitaire annuelle. En fait, le désurchauffeur sert d'abord à porter la température du boiler de 40 à 60°C, et c'est en cela qu'il est efficace. Par temps froid, le désurchauffeur produit pratiquement la totalité de l'eau chaude sanitaire.

#### 4.4 Pompe à chaleur à gaz

Le coefficient de performance moyen de la PAC gaz est de 1,5 sur PCI (tableau 1, figure 3). Les valeurs du COP données pour l'été n'ont pas de signification, en raison des temps de fonctionnement très faibles de la machine. Ajoutons qu'un limiteur de température, réglé par une vanne mélangeuse à l'entrée du circuit de l'évaporateur de la PAC, évite que la température de la source monte au-dessus de 10°C. Il s'agit d'une demande du constructeur qui devrait faire l'objet d'une discussion. On pourrait améliorer ainsi le rendement de la PAC en début de saison.

#### 4.5 Bilan production et consommation

Le groupe chaleur-force (Bibloc) et la PAC ont fourni le 79 % de la chaleur du bâtiment (tableau 2, figures 4 et 5).

**Tableau 2 COLLEGE DES COTEAUX - Puissance et bilan énergétique des bâtiments.**

- **PIUSSANCE**

Demande des bâtiments	320 kW	100 %
Puissance de la PAC gaz	135 kW	42 %
Puissance de la chaudière	300 kW	94 %

- **ENERGIE** (Bilan du 3.10.1996 au 2.10.1997)

Production de la PAC électrique	213 MWh	41 %
Production du groupe chaleur-force	198 MWh	38 %
Production de la PAC gaz	411 MWh	79 %
Production des capteurs solaires (24 m <sup>2</sup> )	8 MWh	2 %
Production de la chaudière	103 MWh	19 %
Consommation des bâtiments	522 MWh	100 %
Consommation de gaz et de mazout	382 MWh	73 %

L'énergie "achetée" pour le fonctionnement de toute la chaufferie se répartit à raison de 70 % sous forme de gaz et de 28 % sous forme de mazout. Un surplus d'achat d'électricité correspondant au 2 % du mazout et gaz consommés, complète les besoins en électricité de la chaufferie (circulateurs, vannes, pompes). Ces derniers ne sont pas totalement couverts par le groupe chaleur-force. Seul le mois de janvier est excédentaire. L'énergie solaire représente le 26 % de la chaleur utile délivrée au bâtiment.

La part de la couverture des besoins produite par la chaudière devrait pouvoir être abaissée en début et en fin de saison par un meilleur réglage et par la suppression de quelques pannes du groupe chaleur-force.

Le rendement annuel moyen de la chaufferie, y compris l'énergie électrique nécessaire pour les circulateurs, est de 1,27. Cette valeur paraît basse, mais elle devrait être comparée au rendement annuel moyen d'une chaufferie traditionnelle, certainement inférieur à 0,80. Compte tenu des améliorations de l'indice énergétique, on peut penser que le rendement de l'ancienne chaufferie devait être au mieux de 40 %.

Il faut savoir que l'ancienne installation de chauffage consommait 800 MWh par an sous forme de mazout, alors qu'elle en demande aujourd'hui 2,1 fois moins et que le volume des bâtiments a été multiplié par 2,1. La consommation spécifique des bâtiments (indice énergétique) a ainsi été améliorée d'un facteur de 4,5.

## 5. Comportement du stock

### 5.1 Périodes sélectionnées

Les figures 6 à 9 représentent des températures relevées sur les conduites entrée et sortie du stock, pour différentes semaines de l'année. Les sondes de mesures sont situées en chaufferie, on en tiendra compte en analysant les graphiques lorsque le système n'est pas en service.

- Charge du stock en été (figure 6)

Il s'agit d'une semaine avec un bon ensoleillement. La température maximale à la sortie des absorbeurs atteint 42°C. La température du stock, ou du moins dans la zone périphérique des sondes, correspond à la température minimale observée au démarrage, en début de journée. Elle est de 14°C en début de semaine et de 17°C en fin. L'écart entre les deux courbes exprime la puissance de la recharge. En raison de "l'inertie au démarrage", celle-ci intervient avant que la température maximale ne soit atteinte dans les capteurs.

- Décharge du stock (figure 7)

La pompe à chaleur fonctionne en continu durant toute la semaine. La température à la sortie du stock est de 6,3°C en début de semaine, et de 6,1°C après sept jours. On trouvera au tableau 3, un essai de bilan thermique durant cette semaine de janvier. A partir de l'énergie soutirée, de la chaleur massique et du volume du stock, l'abaissement de la température du stock devrait être de 0,39 K. La mesure donne 0,20 K. Nous renonçons pour l'instant à expliquer cette différence, qui devra être étudiée dans le cadre de l'analyse générale du comportement du stock.

- Décharge et recharge du stock (figure 8)

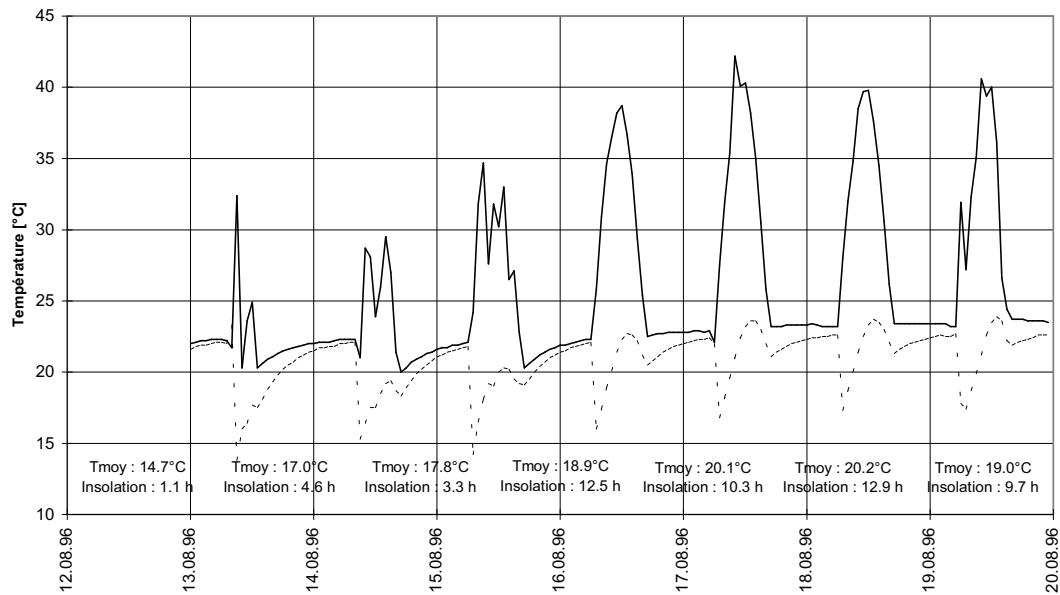
Il s'agit d'une semaine bien ensoleillée de février. La température maximale à l'entrée du stock (stock et solaire) passe de 12,5 à 18°C en quatre jours. La température minimale (retour vers le stock) va de 0,7 à 2°C. La température minimale à la sortie du stock (début de matinée, avant l'apparition du soleil), passe de 5,5 à 6,5°C. Le caractère transitoire de cette situation mixte charge - décharge rend délicate une interprétation détaillée. On constate toutefois qu'en février aussi, l'effet de la recharge se traduit par une amélioration de la température du stock.

- Décharge du stock (figure 9)

Il s'agit d'une période moyennement froide, avec enclenchements et déclenchements fréquents du soutirage. La sortie du stock oscille autour de 11°C. Les retours vers le stock varient en fonction des arrêts - marches de la PAC.

**Figure 6 COLLEGE DES COTEAUX - Température en charge, stock, du 13 au 19 août 1996.**

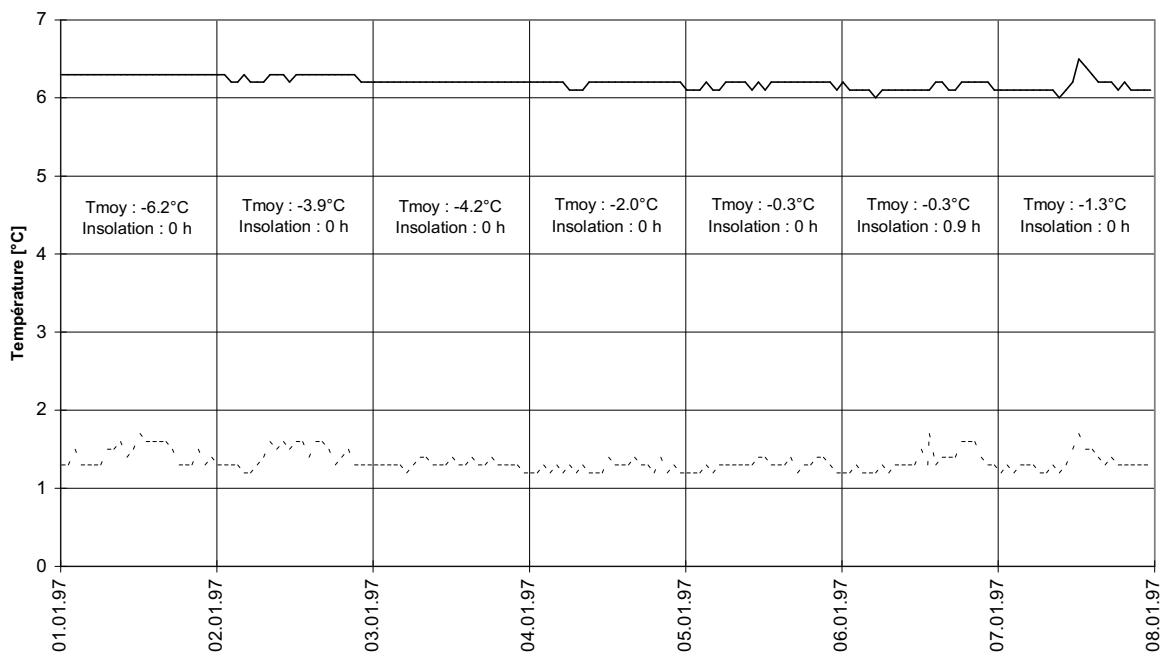
COLLEGE DES COTEAUX  
Température en charge, stock, du 13 au 19 août 1996



**Figure 7 COLLEGE DES COTEAUX - Température en décharge, stock, du 1er au 7 janvier 1997.**

**COLLEGE DES COTEAUX**

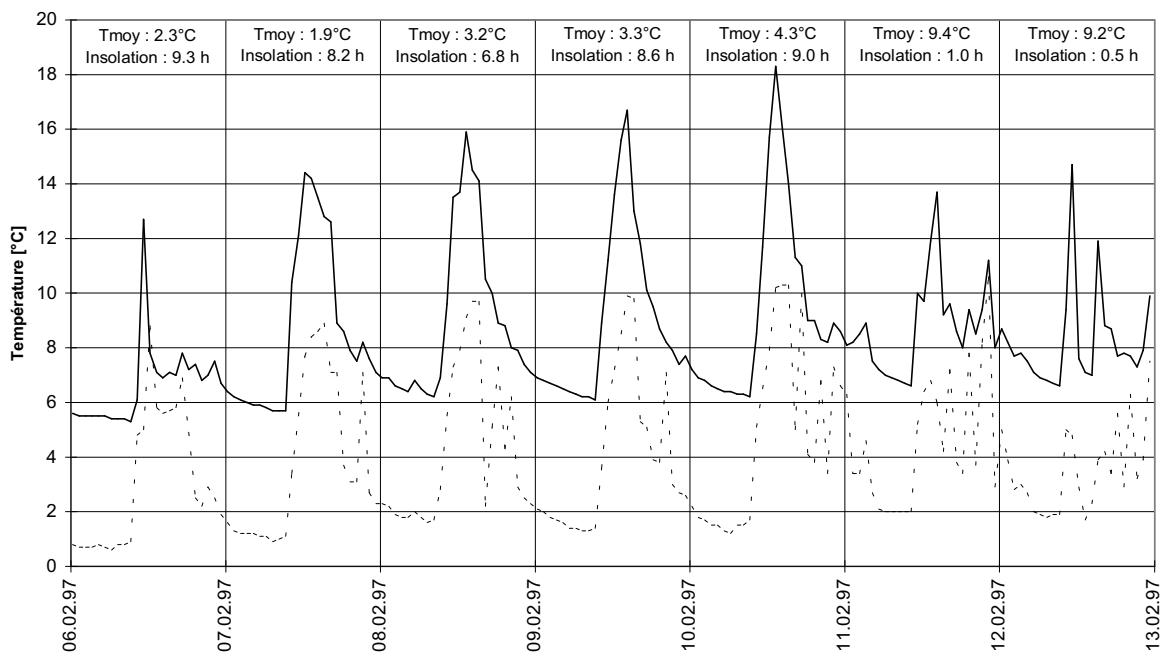
Température en décharge, stock, du 1er au 7 janvier 1997



**Figure 8 COLLEGE DES COTEAUX - Température en charge, stock,  
du 6 au 12 février 1997.**

**COLLEGE DES COTEAUX**

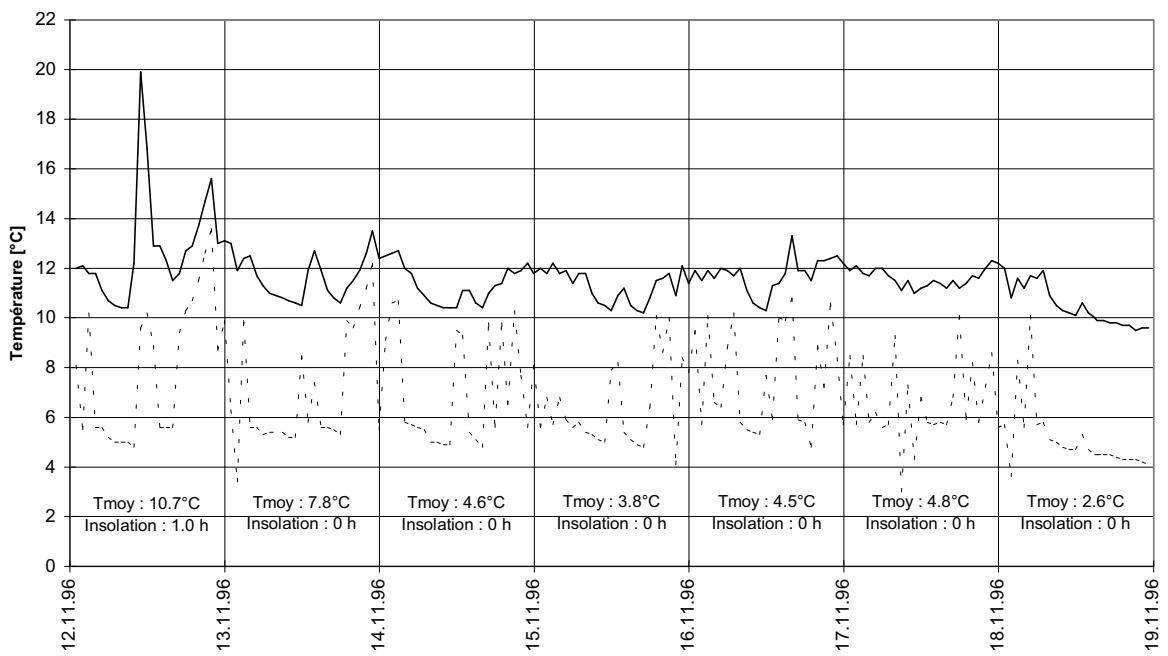
Température en décharge, stock, du 6 au 12 février 1997



**Figure 9 COLLEGE DES COTEAUX - Température en décharge, stock,  
du 12 au 18 novembre 1996.**

COLLEGE DES COTEAUX

Température en décharge, stock, du 12 au 18 novembre 1996



## 5.2 Ensemble du cycle

On trouvera aux figures 10, 11 et 12 une représentation de l'ensemble des valeurs instantanées de températures relevées sur les deux thermomètres situés à l'entrée et à la sortie du stock. Le sens de circulation s'inversant entre le soutirage et l'injection de chaleur, la sonde "entrée" correspond en charge aux températures d'entrée et en période de décharge aux températures de sortie. Cette sonde "sortie" représente donc le pôle chaud du stock. Inversement, la sonde "sortie" correspond au pôle froid du stock. Les valeurs manquantes se rapportent à des situations où le système d'acquisition des données de températures était en panne. En revanche, les bilans thermiques durant ces périodes sont connus et ont pu être interprétés.

- Pôle chaud (figure 10)

Les pointes en période de recharge atteignent 40 à 45°C. Les valeurs minimales à la sortie sont de 6°C. Les lacunes d'enregistrement rendent difficile une comparaison des températures à périodes de l'année équivalentes. Entre le 30 août 1996 et le 29 août 1997, on peut déceler une élévation de la température du stock de 3°C. Par un calcul simple du bilan thermique du stock, l'excès de la recharge par rapport au soutirage devrait conduire, en absence de pertes, à une élévation de la température du stock de 3,2°C. Les valeurs paraissent cohérentes mais devront être précisées (tableau 3).

- Pôle froid (figure 11)

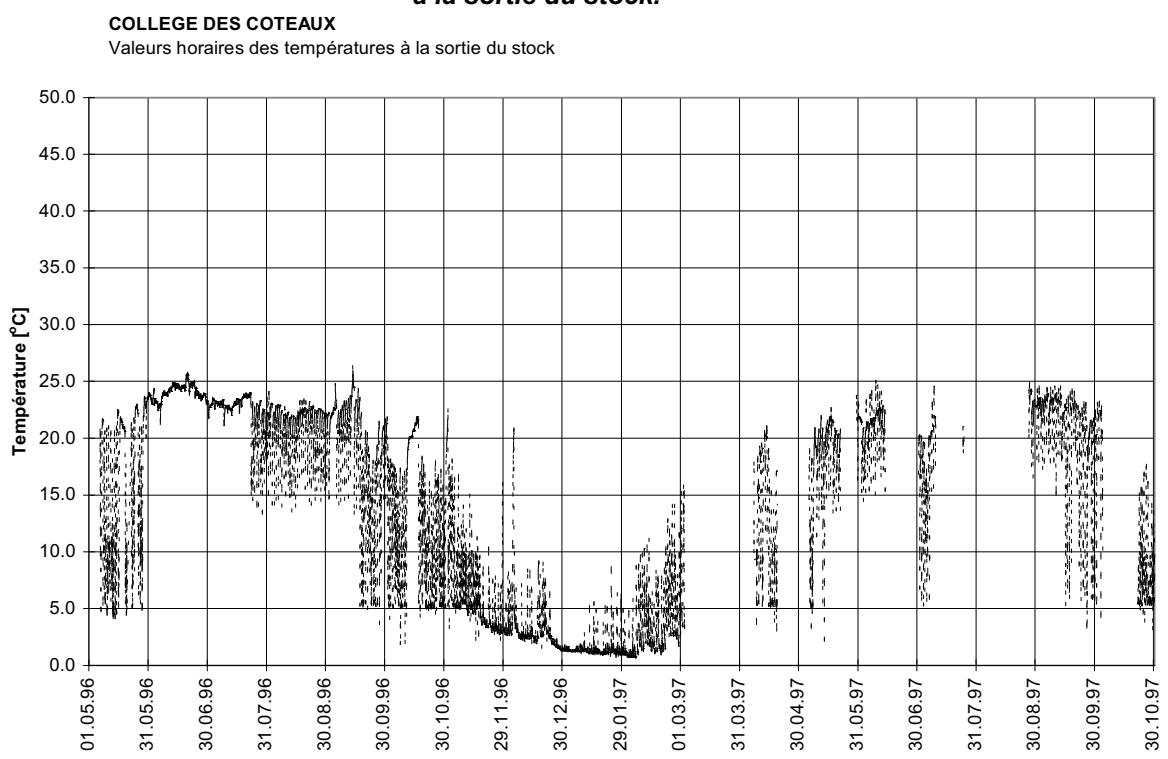
Les températures en retour du stock en période de recharge atteignent 25°C au maximum. On décèle une augmentation des maxima de 2°C entre septembre 1996 et septembre 1997, qui est à confirmer. La température du fluide rentrant vers le stock, au retour de l'évaporateur, n'est jamais inférieure à 1°C.

- Différence pôle froid - pôle chaud

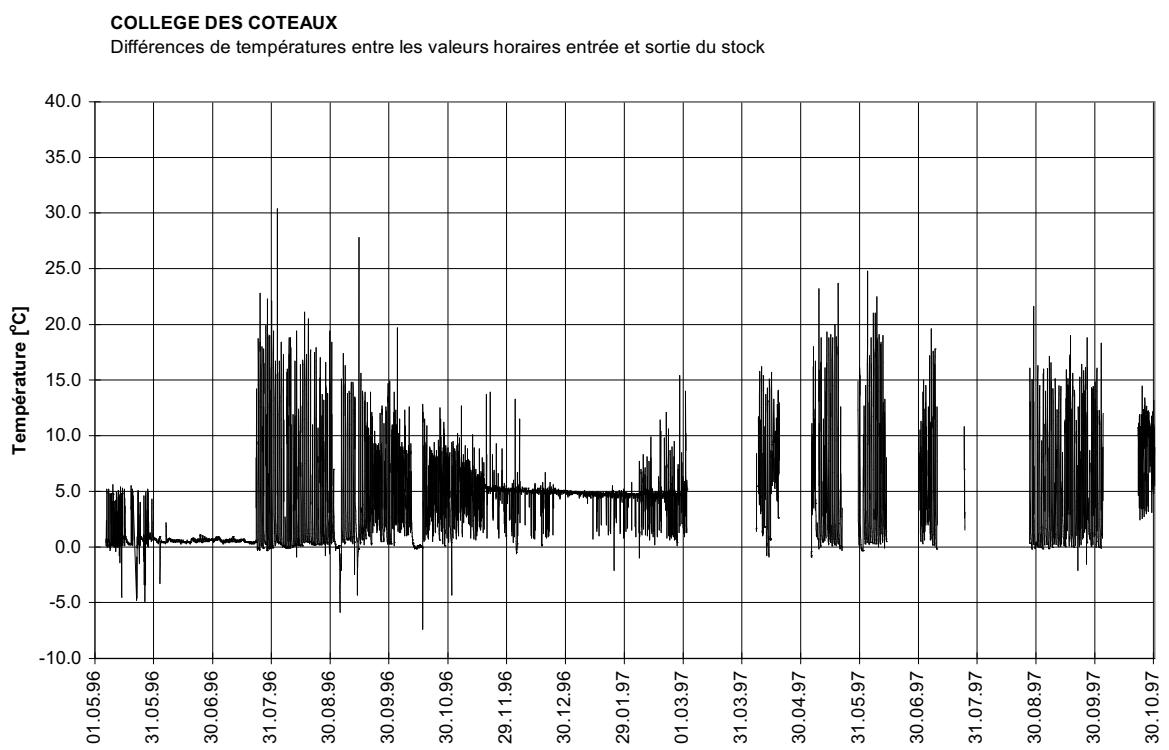
Les valeurs sont représentées à la figure 12. En période de recharge, les maxima atteignent environ 20°C. En période de soutirage soutenu (mois de décembre, janvier), la température est celle imposée par le débit et la puissance de l'évaporateur, soit 5°C. On remarque une faible diminution entre novembre et février, qui est à mettre en relation avec l'abaissement du COP induit par la baisse de température du stock.

**Figure 10 COLLEGE DES COTEAUX - Valeurs horaires des températures à l'entrée du stock**

**Figure 11 COLLEGE DES COTEAUX - Valeurs horaires des températures à la sortie du stock.**



**Figure 12 COLLEGE DES COTEAUX - Différence de température entre les valeurs horaires entrée et sortie du stock.**



**Tableau 3 COLLEGE DES COTEAUX - Bilan thermique du stock.**

- **Période du 1er au 7 janvier 1997**

Puissance thermique soutirée	43,4 kW
Energie soutirée (7 jours)	26'250 MJ
Chaleur spécifique du terrain	2,3 MJ/m <sup>3</sup> K
Volume du stock	29'000 m <sup>3</sup>
Chute de température attendue dans le stock	0,39°C
Chute de température mesurée	0,20°C

- **Période du 30 août 1996 au 29 août 1997**

Température minimale le 30.08.96 à la sortie du stock	15°C
Température minimale le 29.08.97 à la sortie du stock	18°C
Bilan du stock	+ 60 MWh
Elévation de température attendue par calcul du bilan, sans les pertes	3,2°C
Elévation de température observée	~ 3°C

## 6. Bilan final

Le bilan final est donné au tableau 4. Il est spectaculaire. En effet, la consommation d'énergie finale nécessaire au bâtiment passe de l'équivalent de 80'000 litres de mazout par an (800 MWh) à 38'000 litres (384 MWh). L'indice énergétique moyen est divisé par un facteur de 4,5 et passe de 794 à 176 MJ/m<sup>2</sup>an.

Les anciens bâtiments ont été rafraîchis. Certains ont été isolés par l'adjonction d'un étage, d'une aile nouvelle, ou par le changement de fenêtres. Ils n'ont pas fait l'objet d'une isolation périphérique, mais les toitures ont été refaites au cours de l'année 1996. Le bilan de l'année 1997-1998 devrait donc être encore amélioré. Ajoutons que les radiateurs ont été équilibrés, la conduite à distance est mise hors service en été, et l'on doit supposer que le rendement de l'ancienne chaufferie devait être absolument déplorable.

**Tableau 4 COLLEGE DES COTEAUX - Indice énergétique des bâtiments  $E_{th}$** 

	Avant transformations	Après transformations
Surface de référence	3'628 m <sup>2</sup>	7'855 m <sup>2</sup>
Consommation d'énergie	800 MWh/an	384 MWh/an
Indice énergétique $E_{th}$	794 MJ/m <sup>2</sup> an	176 MJ/m <sup>2</sup> an
Facteur d'amélioration de l'indice	---	4,5
Valeur cible SIA pour bâtiments neufs	---	290 MJ/m <sup>2</sup> an

**Note :** Les bâtiments anciens ont été rafraîchis, certains isolés par l'adjonction d'une aile nouvelle ou le changement de fenêtres.

## 7. Remerciements

La conception des installations a été la tâche d'une équipe, dont Monsieur Sylvain Langel, ingénieur thermicien chez B. Matthey SA a été le leader. Il a également mis en place le système d'acquisition des données.

Mlle Sonia Freiburghaus, hydrogéologue, a traité les données et fait une première synthèse des résultats.

Monsieur Denis Morand, concierge des bâtiments, a procédé à des relevés hebdomadaires et assuré la surveillance de l'installation.

Le Conseil communal de Peseux et la direction de l'ESRN ont accepté le risque de réaliser une installation pilote et en ont assuré le financement avec un appui de la Confédération et du canton de Neuchâtel.

Les mesures et leur interprétation sont effectuées sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie et sous la direction de Monsieur Jean-Christophe Hadorn, responsable du programme Recherche et P+D, stockage de chaleur.

Que toutes les personnes qui ont permis la réalisation de ce projet, dont les résultats dépassent largement les prévisions les plus optimistes, en soient remerciées.

## 8. Publications

- Matthey (1996): Collège des Coteaux à Peseux. Stockage saisonnier de l'énergie solaire pour un bâtiment existant. Courrier neuchâtelois, 2 octobre 1996.
- Matthey (1997): Eine saisonale Speicher-technik für Sonnenenergie an einem bestehenden Gebäude : Das "Collège des Coteaux" in Peseux NE. Heizung und Lüftung 2/1997, p 34 à 37.

