

## STOCKAGE LONGUE DUREE DANS LE SOL POUR LE CHAUFFAGE INTEGRAL DES BATIMENTS.

B. PORTALES, M. MARTIN, R. TORQUET, M. LE RAY

LABORATOIRE D'HYDRODYNAMIQUE, D'AERODYNAMIQUE ET D'ENERGETIQUE

UNIVERSITE DE VALENCIENNES - 59326 VALENCIENNES

Le déphasage dans le temps entre les apports d'énergie solaire et les besoins de chauffage nous a conduits à étudier un système échangeur-stockeur de chaleur à inertie multiple. Ce système est constitué par un échangeur de chaleur air-terre, enterré à différentes profondeurs, suivant la durée de stockage désirée.

Dans notre cas, l'échangeur est alimenté par une serre agricole ou par un toit-captateur, qui font office de capteurs solaires à air et qui fournissent de la chaleur, principalement au printemps et en été. La chaleur se répartit dans la terre autour de l'échangeur, enterré à 2,5m sous le bâtiment, et remonte par conduction naturelle en quelques mois jusqu'au plancher des bâtiments. Pour réguler la température interne des bâtiments et tenir compte de la différence de composition et de degré d'humidité des sols, la chaleur est puisée dans le stockage, soit à l'aide d'un circuit d'eau, soit par circulation forcée d'air dans l'échangeur.

Un tel système de chauffage a été installé sur deux bâtiments de l'Université : une serre agricole de  $60 \text{ m}^2$  et le hall de machines de l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs en Mécanique et Energétique de Valenciennes, d'un volume de  $2\,000 \text{ m}^3$ .

La suivie du comportement thermique de la serre à partir de la fin de l'hiver 80-81 nous permet de donner les premiers résultats concernant les performances de l'installation fonctionnant le plus souvent en chauffage nocturne et en ventilation diurne pendant le semestre froid, ainsi que l'évolution des températures du sol sous la serre durant le printemps et l'été 81.

En ce qui concerne le hall des machines, nous présentons une description complète du bâtiment, de son système de chauffage et du mode de fonctionnement attendu.

## I. STOCKAGE THERMIQUE LONGUE DUREE DANS LE SOL

Le sol constitue déjà naturellement un remarquable réservoir de stockage de l'énergie solaire. Absorbant le rayonnement solaire à partir de la surface libre, il stocke la chaleur durant l'été et atteint au début de l'automne une température à 2 mètres de profondeur supérieure de 3 à 4° à la température extérieure, soit 13 à 14 degrés, dans le Nord de la France. Le sol constitue donc un excellent outil pour absorber l'énergie solaire à partir du début du printemps, moment où la température à 2 m de profondeur atteint son minimum saisonnier, pour la stocker du mois de septembre à la mi-octobre, période où les besoins de chauffage des bâtiments ne sont pas encore très importants, et pour la restituer durant la saison de chauffe dans les applications de chauffage à basse température.

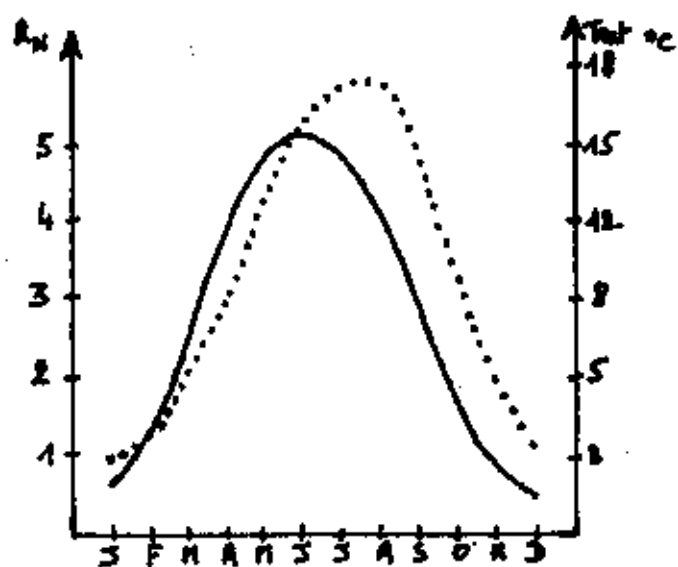
### 1) Les avantages du sol

a) Le sol est disponible partout en grandes quantités. La masse qui participe au stockage peut être importante, ce qui compense sa capacité thermique relativement faible. L'emplacement souterrain du stockage laisse toute liberté quant à l'utilisation de la surface du sol.

- b) La capacité thermique du sous-sol, tout en restant relativement faible, n'est pas négligeable. Elle dépend essentiellement du degré d'humidité des sols. Avec une densité moyenne de  $1800 \text{ kg/m}^3$  et une capacité calorifique moyenne de  $920 \text{ J/kg} \times \text{K}$ , un mètre cube stocke  $\approx 0,46 \text{ Kwh/K.} (^{\circ}\text{C})$
- c) Lorsque l'on reporte sur un même graphique les valeurs de la température moyenne extérieure et celles du rayonnement solaire global moyen sur un plan horizontal, mois par mois à Valenciennes, on remarque que les deux courbes présentent un déphasage d'environ deux mois (cf. Tableau I.1 et Figure I.2).

	$R_N$ Kwh/m <sup>2</sup>	$T_{\text{ext}}$ °C
J	0,67	2,8
F	1,15	3,6
M	2,42	6,2
A	3,82	8,7
M	4,78	12,7
J	5,11	15,6
J	4,80	17,2
A	4,05	17,3
S	3,02	14,7
O	1,80	10,4
N	0,79	5,9
D	0,53	3,5

Tableau I.1



— Rayonnement solaire global moyen sur plan horizontal

.... Température moyenne extérieure

Figure I.2

Le rayonnement solaire atteint son maximum au cours du mois de Juin alors que la température extérieure est maximale au cours du mois d'Août. Les besoins de chauffage d'un bâtiment, variant avec la température extérieure présentent donc un déphasage d'environ deux mois avec les apports solaires.

la température du sol à 2,50 mètres de profondeur atteint son maximum deux mois après le maximum de la température extérieure, soit plus de quatre mois après le maximum du rayonnement solaire.

D'autre part, la variation saisonnière de température  $\Delta T$  du sol à 2 mètres de profondeur est  $\Delta T = T'_0 e^{-z/\delta}$

$$T'_0 = 10^\circ\text{C} \quad \text{et} \quad T_0 = 7,3^\circ\text{C} \quad \text{d'après (1)}$$

$$\text{donc} \quad \Delta T = 7,3 e^{-2/2,50} = 3^\circ\text{C}$$

L'évolution naturelle des températures du sol à 2 mètres de profondeur à Valenciennes est donc :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9	8	7	8	9	10	11	12	13	12	11	10

On remarque que l'inertie thermique du sol est considérable ; elle permet un stockage d'énergie de longue durée et compense le déphasage existant entre les apports solaires et les besoins de chauffage d'un bâtiment, le chauffage du sol pouvant commencer bien avant le début de la saison de chauffe.

D'autre part, compte tenu de la température naturelle du sol à 2 mètres de profondeur, les pertes calorifiques d'un stockage enterré à cette profondeur sont limitées.

- d) Le bâtiment à chauffer peut être construit au-dessus de la zone de stockage. Dans ce cas, les pertes thermiques du stockage par la surface intérieure du bâtiment sont automatiquement récupérées. L'isolation