

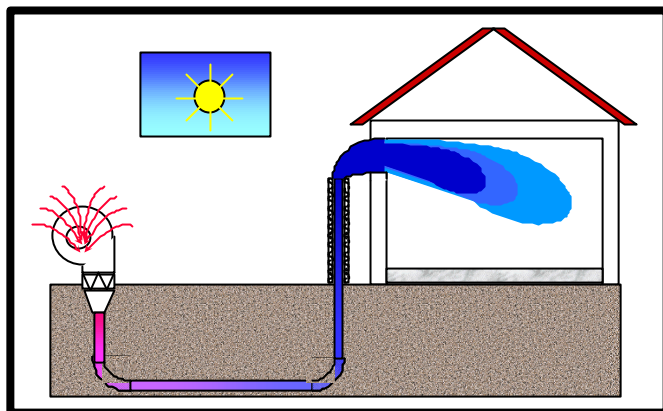
**CLIMATISATION BASSE CONSOMMATION  
 LES Puits ENTERRES**

Cette note rappelle le principe du rafraîchissement avec puits enterrés et fournit des indicateurs de coûts et de performances. Trois exemples de réalisation sont présentés.

**1 PRESENTATION DE LA TECHNIQUE**

**• Principe**

Ce système de rafraîchissement utilise le potentiel thermique de la terre, exploitable quand la température de l'air extérieur est supérieure à celle du sol. Un ventilateur véhicule l'air extérieur dans un réseau de gaines enterrées. Par convection forcée, cet air est refroidi tout au long de ce parcours, puis il est soufflé dans les locaux à rafraîchir.



**• Application**

Cette technique permet de rafraîchir des locaux d'habitation neufs ou existants situés dans des régions où le climat présente des températures estivales supérieures à 30°C. Elle s'adapte particulièrement bien aux régions du bassin méditerranéen.

**• Avantages**

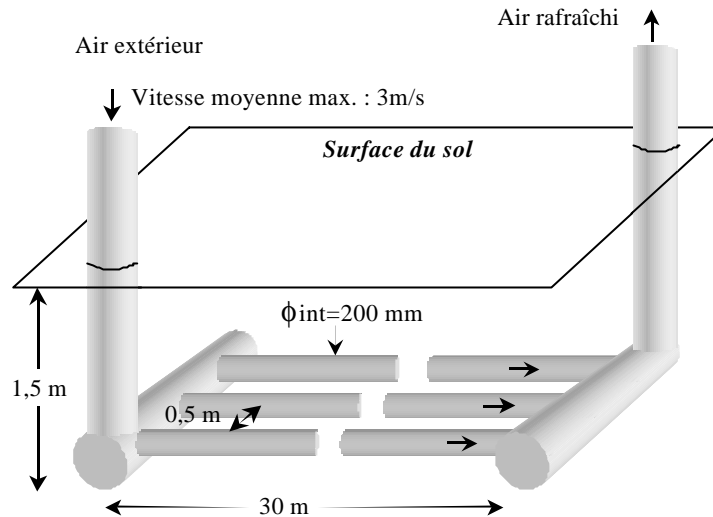
- Economiques : Faible consommation électrique. Une alimentation photovoltaïque que est tout à fait envisageable.
- Ecologiques : elle n'utilise pas de fluides frigorigènes, ni de compresseur et consomme peu d'électricité.
- La performance : les coefficients de performance peuvent atteindre 20.
- La maintenance restreinte.
- Dans le cadre d'une solution photovoltaïque que, le système peut fonctionner au fil du soleil.

**• Indicateurs de coût (par rapport à un système de climatisation classique)**

- L'investissement est en fait reporté sur l'enfouissement des puits dans le sol.
- Coûts énergétiques : très faibles.
- Coûts de maintenance : très faibles.

<p><b>Facteurs favorables</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sol meuble</li> </ul>	<p><b>Facteurs défavorables</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sol trop dur</li> </ul>
<p><b>TABLE D'ÉVALUATION RAPIDE</b></p>	
<p><b>Principe de conception</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lit de sable autour du puits</li> <li>- Éviter le fonctionnement pendant les périodes d'inoccupation.</li> </ul>	<p><b>Contraintes de conception</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Enfouissement des puits enterrés</li> <li>- Choix d'un ventilateur peu bruyant</li> </ul>

- **Données techniques optimales**



- **Performances**

- Puissance frigorifique de 1.7kW pour un tube enterré de 30 à 40 m, enfoui à 1,5m, de 200mm de diamètre, avec une vitesse d'air de 3 m/s, une température extérieure de 35°C et une température de sol de 18°C.
- Intégration possible avec d'autres systèmes de climatisation.
- Association avec une machine frigorifique de puissance réduite pour écrêter les pointes.

- **EXEMPLES DE REALISATION**

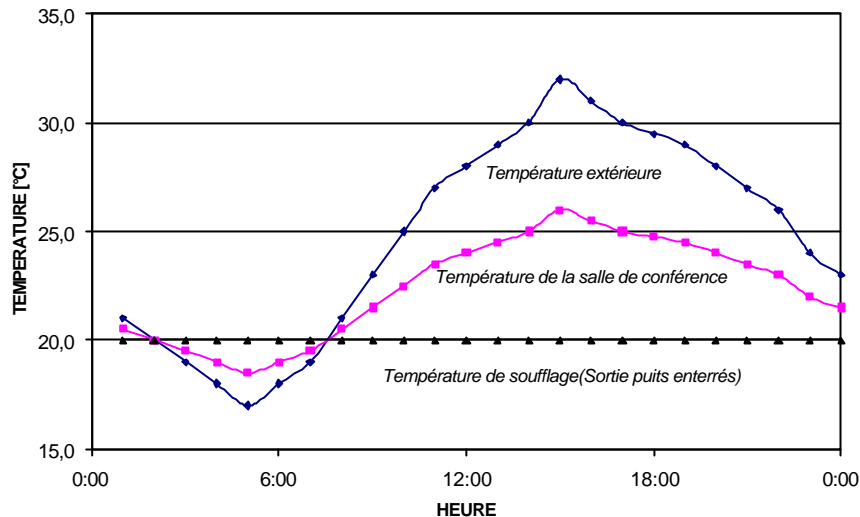
- **1<sup>er</sup> exemple : Bâtiment de plein pied de 225m<sup>2</sup> en Région P.A.C.A.**

L'installation de puits enterrés comprend un circuit de canalisations en ciment enfoui à 2 mètres de profondeur dans un remblai au nord du bâtiment. Le diamètre des canalisations est de 20 cm et leur longueur est de 30 mètres. Le réseau de puits enterrés est alimenté en air par un ventilateur à déclenchement manuel 220V alternatif, situé dans un abri aéré à environ 25 mètres du bâtiment. Le circuit alimente une salle de conférence du bâtiment (80m<sup>2</sup> - 280m<sup>3</sup>).

Le système de puits enterrés est utilisé uniquement en été comme dispositif de rafraîchissement. Il est en général mis en service 24h/24 en juin et arrêté vers la fin du mois d'août. La sensation de confort obtenu avec les puits enterrés est très nette.

Le graphe suivant représente les températures extérieure, de soufflage et intérieure durant une journée à fortes charges thermiques.

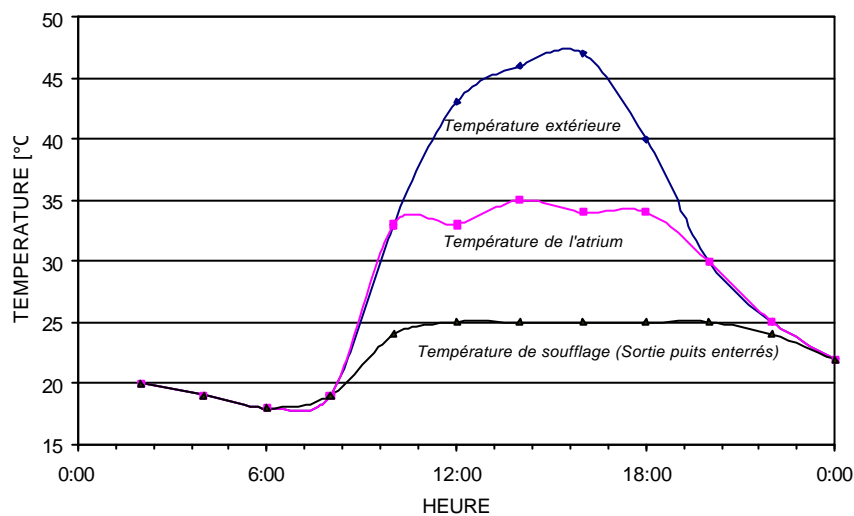




□ 2<sup>ème</sup> exemple : Ecrêtage des surchauffes dans un atrium en Grèce.

Afin d'écrêter les surchauffes dans un atrium d'une surface de 700m<sup>2</sup>, cinq puits enterrés d'une longueur de 30 m et d'un diamètre de 0.15m ont été enfouis à 2 mètres sous terre. Un ventilateur situé à l'entrée du circuit des puits enterrés permet de faire circuler un débit total d'air extérieur de 1000 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Cet air refroidi est diffusé dans l'Atrium.

Le graphe suivant démontre l'efficacité d'un tel système durant une journée d'Août : on observe une différence de température air intérieur – air extérieur de l'ordre de 10K durant la période la plus chaude de la journée.

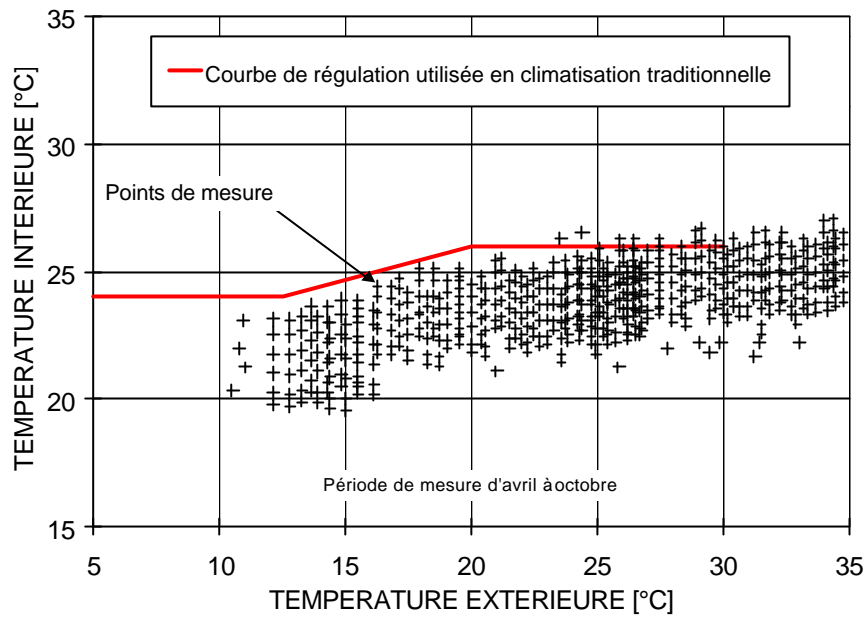


□ 3<sup>ème</sup> exemple : Bâtiment de bureaux d'une superficie de 8000m<sup>2</sup> en Suisse.

Plus de 1000 mètres de tubes en PVC ont été enterrés sous les fondations du bâtiment afin de rafraîchir 190 bureaux. Cette technique est couplée à un système de ventilation nocturne, assurant ainsi une autonomie en rafraîchissement des locaux en été. L'hiver, les puits enterrés sont utilisés pour le préchauffage de l'air hygiénique de renouvellement d'air. Ainsi la température moyenne du sol au voisinage des tubes reste constante (environ 13°C) au cours des années.

Les performances de rafraîchissement ont été mesurées pendant un été. Dans la figure suivante, les températures mesurés dans un bureau sont comparées au critère de confort standard (Courbe de régulation utilisée en climatisation traditionnelle). Tous les points de mesures se situent dans la zone de confort, évitant dans ce cas précis l'utilisation d'une climatisation classique avec groupe d'eau glacée...





## 3 Couplage et stratégie de commande

Les puits enterrés peuvent être couplés à des systèmes conventionnels de ventilation et de climatisation. Dans ce cas l'air rafraîchi par les puits peut être directement distribué aux unités de climatisation : ce pré-rafraîchissement de l'air offrira l'avantage d'améliorer le Coefficient de Performance de l'installation de conditionnement d'air. Afin d'optimiser le fonctionnement de couplage, une régulation adaptée est indispensable.

### Exemple de régulation d'une installation de puits enterrés couplés à une Centrale de Traitement d'Air.

Conditions		Choix du système à utiliser		
		Puits enterrés	CTA. utilisant l'air des puits	CTA. utilisant l'air extérieur
$T_{int} > T_{cons}$	$T_s > T_{cons} - 4K$		Si $T_s < T_{ext}$	Si $T_s > T_{ext}$
	$T_s < T_{cons} - 4K$			
$T_{int} \leq T_{cons}$		Rien ne fonctionne		

Légende :

$T_{int}$  : Température intérieure

$T_{ext}$  : Température extérieure

$T_s$  : Température de soufflage des puits enterrés

$T_{cons}$  : Température de consigne

## 1 Coûts de mise en œuvre

Dans cet exemple d'étude économique, le coût d'investissement est de 320 F/m<sup>2</sup> de surface habitable.

Il s'agit d'une installation de puits enterrés capable de rafraîchir une habitation d'environ 60 m<sup>2</sup>, et de fournir une énergie frigorifique de 20 kWh/jour.

Détails des coûts :

Génie civil (Terrassement, remblais...)	6 500 F T.T.C.
Distribution (Gaine et accessoires...)	5 500 F T.T.C.
Ensemble de ventilation (Ventilateur, filtre, registres d'équilibrage, régulation)	7 000 F T.T.C.

Cette fiche a été rédigée par F.BONNEFOI et E.MICHEL à partir des travaux réalisés dans le cadre d'un projet de recherche européen sur les techniques de rafraîchissement basse consommation photovoltaïque avec le soutien de la Direction des Affaires Techniques de la Fédération Française du Bâtiment et de la Région Provence Alpes Côte d'Azur.

