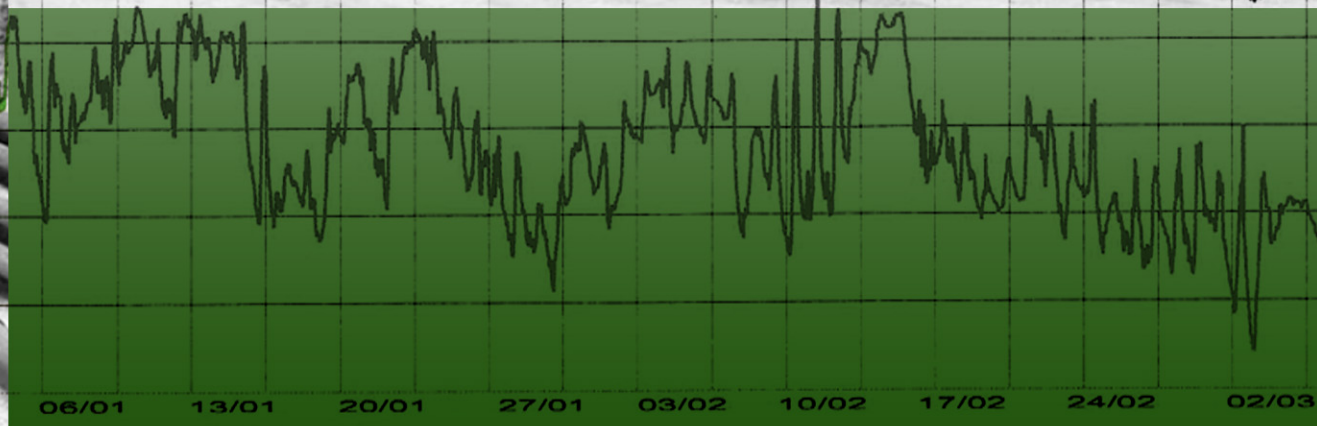
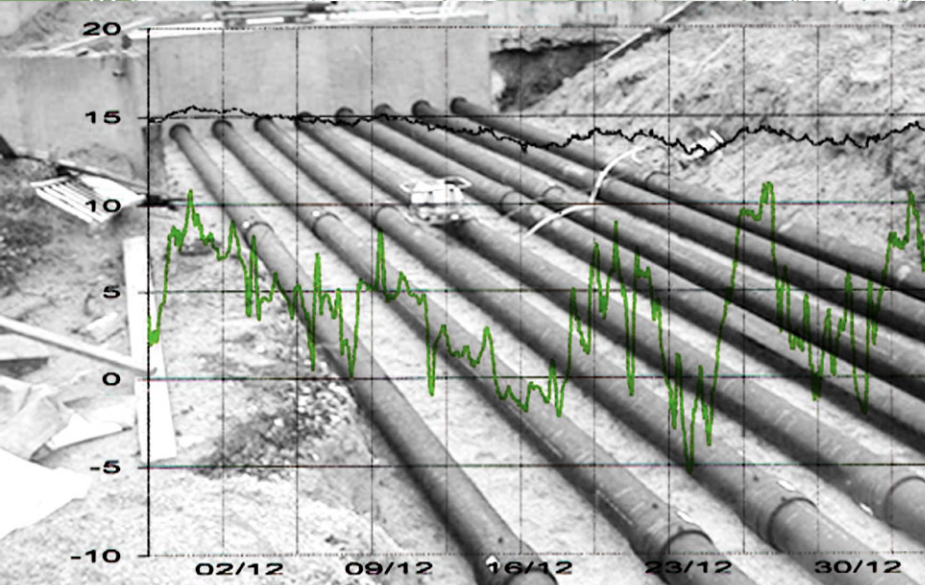
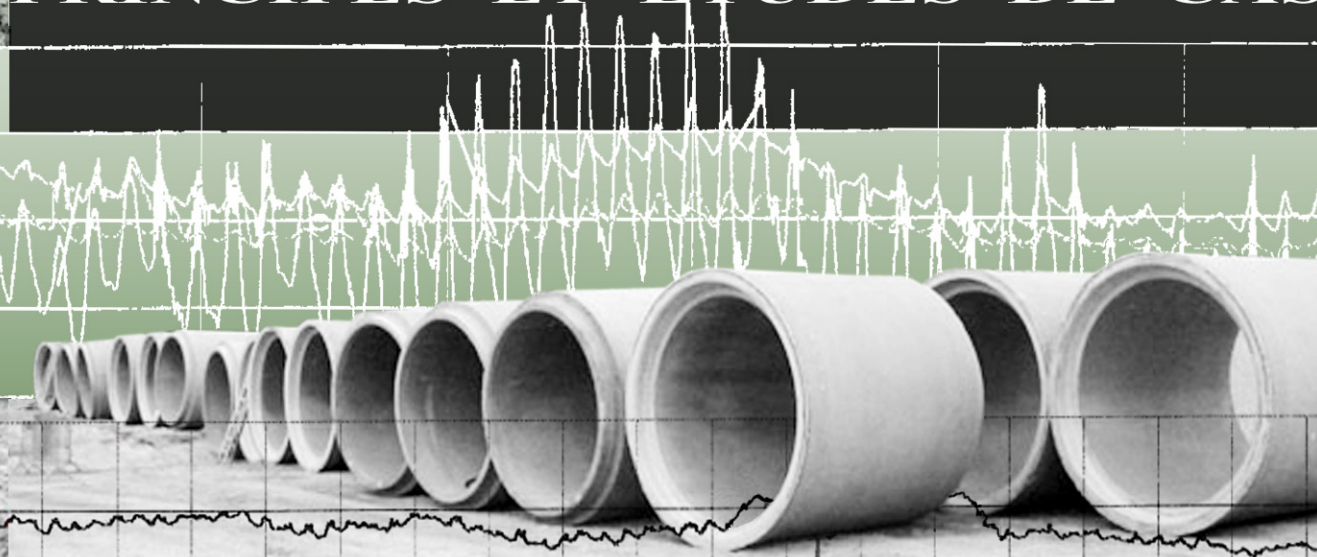
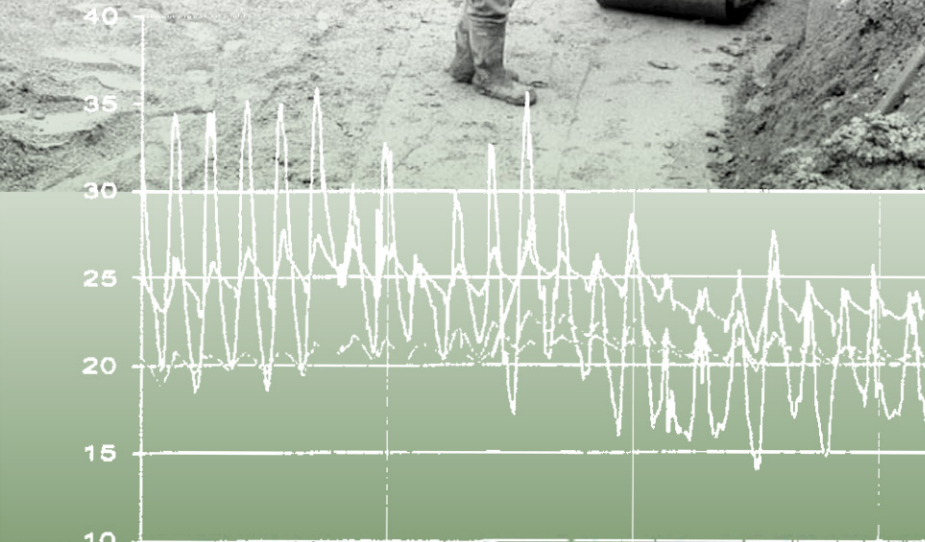
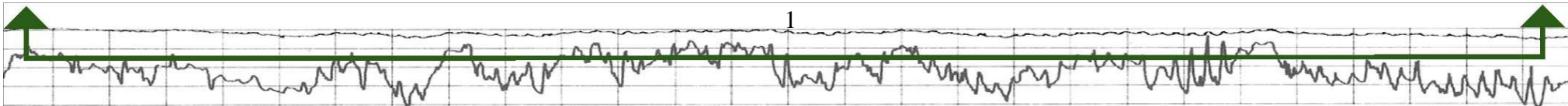


PUITS CANADIEN OU PROVENCAL

PRINCIPES ET ETUDES DE CAS



SOMMAIRE



INTRODUCTION

P 5-6 I_ PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- A_ LES ORIGINES DE LA TECHNIQUE
- B_ LE PRINCIPE
- C_ L'INERTIE DU SOL
- D_ L'AMPLITUDE THERMIQUE DU SOL

P 7 II_ CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU PUIT CANADIEN

- A_ LES PROPRIETES THERMIQUES DU SOL
 - 1_ La nature de sol
 - 2_ L'exposition de la surface du sol
 - 3_ La profondeur du sol
- B_ LES PROPRIETES PHYSIQUES DU TUBE
 - 1_ La profondeur du tube
 - 2_ La longueur du tube
 - 3_ La section du tube
- C_ LES CARACTERISTIQUES DU FLUX D'AIR
 - 1_ Le débit d'air nécessaire
 - 2_ La vitesse de l'air

P 11 III_ MISE EN ŒUVRE DU PUIT CANADIEN

- A_ LA PRISE D'AIR
- B_ VENTILATION ET DIFFUSION DE L'AIR
- C_ LES PRECAUTIONS D'USAGE
 - 1_ La gestion des condensats en été et des infiltrations d'eau
 - 2_ La qualité de l'air
 - 3_ Les risques liés au radon
 - 4_ Les matériaux
 - 5_ La régulation du puits

P 14 IV_ LES PERFORMANCES DU PUIT

P 16 V_ LES ETUDES DE CAS

- P 17 A_ L'ECOLE DE LA TOUR DE SALVAGNY
- P 27 B_ LE ZENITH DE DIJON
- P 34 C_ LES PROJETS DE LOGEMENTS
 - 1_ L'étude d'Aldes
 - 2_ La circulaire de CETE
 - 3_ L'expériences de B. Herzog
 - 4_ Les kits

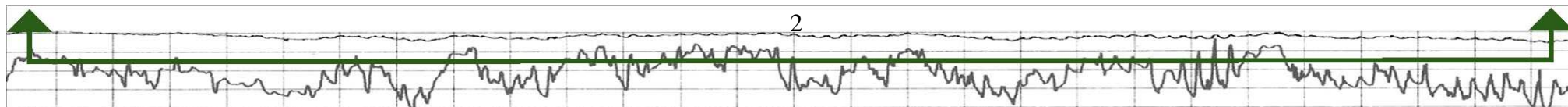
CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

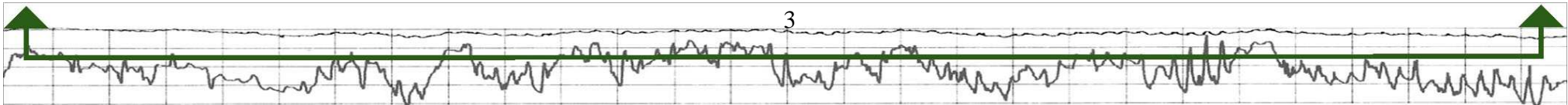
SITES WEB

ANNEXE

REMERCIEMENTS



INTRODUCTION



Jusqu'en 1999, les réglementations se sont surtout intéressées aux conditions d'hiver et comment maintenir la qualité de l'air dans les locaux fermés et chauffés. La nouvelle réglementation thermique prend aussi en compte la construction du point de vu de la saison estivale pour limiter l'inconfort de l'été et maîtriser les consommations de climatisation.

Le puits canadien a pour objectif de réchauffer l'air neuf en hiver et le provençal celui de le rafraîchir en été. Cette solution thermique est dite passive ; il est donc intéressant de l'étudier dans le cadre d'une démarche environnementale.

Ma démarche est de comprendre les phénomènes physiques qui sont liés à cette technique de climatisation passive.


L'objet du présent mémoire est, dans un premier temps, d'étudier les paramètres qui influent sur la performance énergétique du puits dit canadien ou provençal.

Après avoir abordé les caractéristiques physiques de cette technique, il s'agira d'énoncer les recommandations qui permettent sa mise en œuvre et son fonctionnement optimal.

Il y a bon nombre d'articles et de sites d'éco-construction qui indiquent des paramètres (longueur, profondeur, diamètre de tube...) et des performances plus ou moins identiques. Cependant il y a autant de résultats que de projets parce qu'ils sont liés aux particularités du contexte (lieux, climat, qualité du sol, surface exploitable...)

C'est donc en dernier lieu, que nous estimerons l'intérêt de cette solution en la couplant avec des études de cas.

Avant d'entrer dans le vif du sujet je tiens à insister sur le fait que ce mémoire est la combinaison entre la lecture d'un certain nombre d'articles et d'ouvrages et la rencontre avec des personnes compétentes en la matière qui m'ont communiqué de précieuses informations.



432,70 TWh pour se chauffer... 12,70 TWh pour se rafraîchir

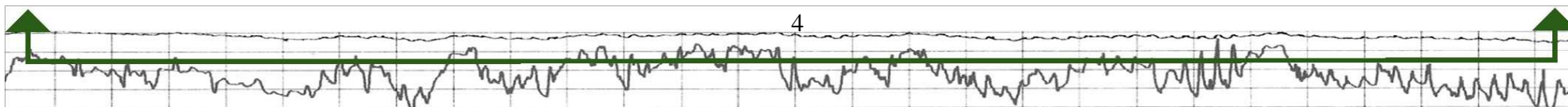
Le secteur résidentiel

Bâtiment	Chauffage	Climatisation
Maisons individuelles	200,30	1,50
Immeubles collectifs	117,00	0,90
Total (en TWh)	317,30	2,40

Le secteur tertiaire

Bâtiment	Chauffage	Climatisation
Commerces	22,20	2,90
Bureaux	28,50	4,20
Enseignement	19,90	0,30
Hôpitaux, Santé	14,90	1,00
Sports, Loisirs	9,10	0,80
Hôtels, Cafés, Restaurants	9,80	0,90
Habitat communautaire	7,00	0,10
Gares, Aéroports	4,00	0,10
Total (en TWh)	115,40	10,30

Source : CETE



I_ PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

A_ LES ORIGINES DE LA TECHNIQUE

« Le puits provençal cache bien son jeu : ce n'est pas vraiment un " puits ", et il n'est pas uniquement originaire de Provence ! Réversible, il peut être utilisé en hiver pour préchauffer l'air qui pénètre dans la maison. On parle alors de puits canadien. En fait, ce puits serait plutôt persan ou grec: une technique semblable était déjà employée avant notre ère. À moins qu'il ne soit italien puisque, dès le XVI^e siècle, des cavités naturelles (les covoli) ont été utilisées pour rafraîchir les habitations dans les collines de Vicenza, en Italie. » *Fraîcheur sans clim'*, Thierry Salomon et Claude Aubert, édition Terre vivante l'écologie pratique, 2004-2005

B_ LE PRINCIPE

Avant de définir le principe de fonctionnement du puits canadien, il est important de souligner que la maîtrise de la demande énergétique d'un bâtiment passe avant tout par un travail soigné de l'enveloppe qui combine isolation, protection solaire et utilisation de la masse thermique interne. C'est en général une fois ces mesures de bases prises et la gestion des apports internes optimisée que l'appel à des techniques passives de préchauffage prend tout son intérêt.

En effet, le puits canadien est une valeur ajoutée dont la finalité est de réduire les besoins de chauffage en hiver et d'obtenir une température confortable en été sans climatisation.

C'est un système géothermique dit de surface qui consiste à utiliser l'inertie thermique du sol pour pré-traiter une partie de l'air neuf de renouvellement des bâtiments.

Il suffit d'enterrer un ou plusieurs tuyaux sur un trajet suffisamment long et d'y faire circuler l'air de renouvellement. L'air extérieur transite dans ce réseau de gaines par convection forcée, se réchauffe en hiver ou se refroidit en été, avant d'être soufflé dans le bâtiment.

C_ L'INERTIE DU SOL

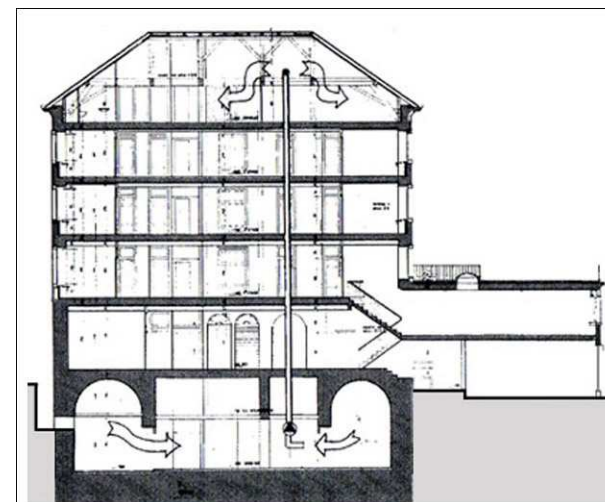
L'inertie est une qualité précieuse lorsqu'il s'agit de chauffage ou de rafraîchissement d'un bâtiment.

En effet la fraîcheur estivale d'un bâtiment « ancien » s'explique principalement par son inertie thermique élevée, qui résulte à la fois de l'épaisseur et des propriétés du matériau " pierre ".

Le projet Aymon (voir ci-contre), étudié par Pierre Hollmuller à l'occasion de sa thèse sur les puits canadiens, utilise une technique apparentée au puits car il profite de l'inertie du sous-sol pour obtenir une température agréable en été dans les combles qui sont dépourvus de masse thermique.

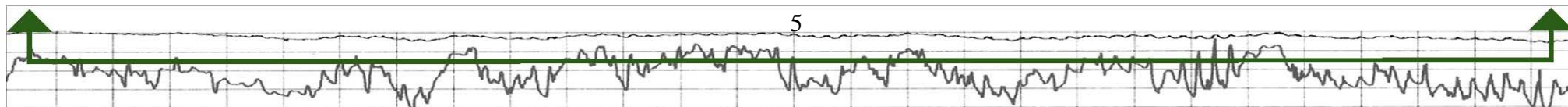
La ventilation pour le confort d'été est donc d'autant plus efficace que la masse du bâtiment est importante car l'inertie thermique est complémentaire de la ventilation, et indispensable pour que celle-ci soit efficace.

Dans ce sens le puits canadien, associé au système de ventilation, est intéressant lorsque le bâtiment est léger c'est à dire avec peu d'inertie.



« Le bâtiment "Aymon", anciennement bâtisse patricienne de la Ville de Sion, a été réaffecté à des usages administratifs. Dans ce cadre, les combles de structure en bois ne bénéficiant guère d'inertie thermique, ont été aménagés en bureau. En été, une isolation soignée et de bonnes protections solaires permettent d'éviter au maximum l'apport de gains solaires indésirables. Malgré cela, pendant la période la plus chaude de l'été la température dans les bureaux montait plus de 50% du temps au dessus du seuil de confort de 26°C. La mise en place d'un système de ventilation avec prise d'air dans la cave a permis, à très faible coût, de réduire à néant cette période d'inconfort. Dans le cadre du programme européen "Pascool" nous avons complété l'analyse du système, précédemment mesuré et modélisé de façon simplifiée [Lachal et al., 1991], par l'analyse comparative avec d'autres mesures de rafraîchissement passif [Lachal et al., 1994]. »

Source : Pierre Hollmuller



D_ L'AMPLITUDE THERMIQUE DU SOL

Le puits canadien utilise la masse du sol pour écraser l'amplitude thermique de l'air extérieur. Cette amplitude varie selon les saisons : c'est l'amplitude annuelle. Elle varie aussi selon un rythme de 24 heures : c'est l'amplitude journalière.

En hiver, on considère que le seuil de confort est à 19°C et en été, on considère qu'une température intérieure de 27°C est le seuil de l'inconfort thermique en air calme avec une humidité moyenne.

On s'aperçoit que le puits canadien peut être, selon les objectifs de confort d'hiver ou d'été plus ou moins profond et écarté. C'est en observant les deux courbes des températures maximales et minimales que l'on déduit les périodes de chauffe et de refroidissement d'une année. Cette analyse des données météo permet d'évaluer le type de performances attendues par le puits canadien.

S'agit-il de bénéficier de l'inertie du sol toute l'année ou bien de remédier au problème de confort d'été rencontré dans le bâtiment ?

Dans le premier cas, c'est un amortissement annuel qui est recherché de façon à bénéficier d'un gain maximum de degrés en hiver. Pour ce faire, il est nécessaire d'enterrer les gaines à une profondeur de 2 à 3 mètres et de les écarter suffisamment (au moins 1 mètre) pour un bon échange thermique (voir schéma ci-contre).

Dans le deuxième cas un puits superficiel avec des tubes serrés suffit à amortir la température sur une journée de façon à descendre en dessous du seuil d'inconfort cité précédemment.

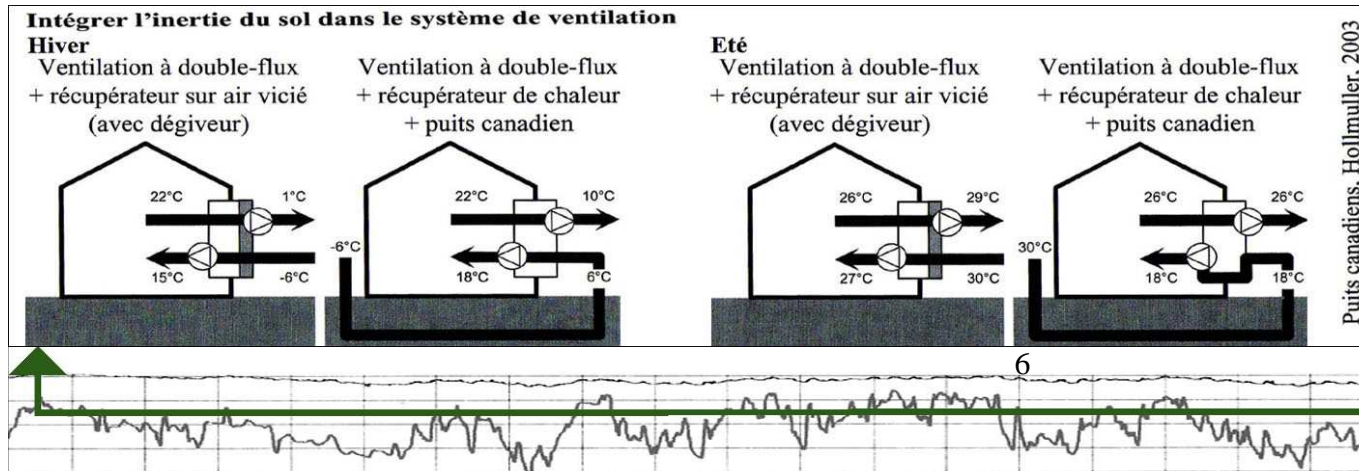
Pour le confort d'été l'épaisseur autour de la gaine à prendre en compte reste relativement faible, environ 20 cm d'après la thèse de M. Hollmuller (auteur d'une thèse sur les puits canadiens).

La profondeur de terre à considérer dépend du type de sollicitation appliqué au sol.

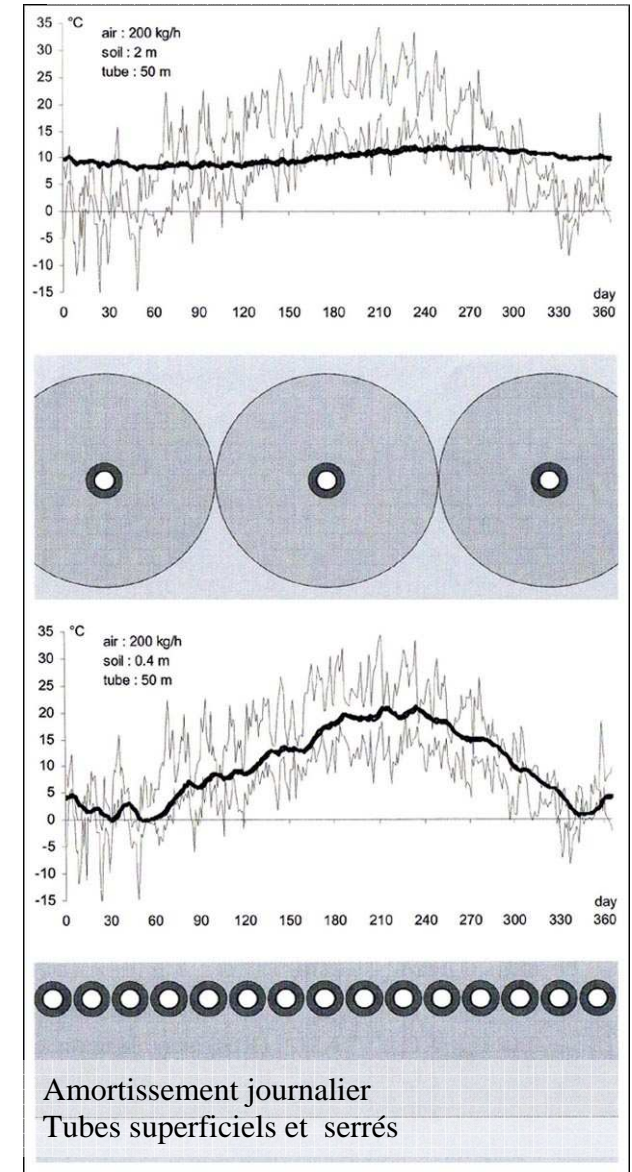
Pour un sol ombragé, à 20 cm en-dessous de la surface de la terre, l'amplitude thermique journalière est réduite à 35% et à 40 cm de profondeur elle est réduite à 15%, ce qui est considéré comme optimum. Si l'on ajoute à cela les 20 cm de terre autour du tube, on obtient une profondeur depuis le haut du tube, de 60 cm. Si le puits se trouve sous une cour goudronnée ces profondeurs varient.

Ceci étant, on considère 1 mètre comme la profondeur à laquelle l'amortissement journalier est garanti.

Si le bâtiment possède un échangeur double flux dont le rendement est de 66%, le puits est faiblement efficace et il est quasiment inutile si on améliore la qualité de l'échangeur(à 99%), ce qui est parfois la meilleure solution.



Amortissement annuel
Tubes profond et écartés



Source : Pierre Hollmuller

II_ CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU PUIT CANADIEN

« Les performances du puits canadien dépendent de nombreux paramètres physiques relatifs à la canalisation elle-même, au flux d'air et au sol. Voici un inventaire des paramètres prépondérants :

- Température du sol (Température moyenne et amplitude des oscillations journalières et annuelles), fonction de la profondeur des canalisations
- Propriétés thermiques du sol (coefficient d'échange terre/galerie)
- Longueur du tube
- Section du tube
- Capacité d'échange du tube (surface d'échange)
- Vitesse d'air

Nous étudierons chacun des paramètres séparément (sauf dans le cas où ils interfèrent entre eux). »

A_ LES PROPRIETES THERMIQUES DU SOL

Le puits canadien est enterré dans le sol. L'air qui circule dans les canalisations échange des calories avec ce milieu. Il est donc important de déterminer la température du sol et ce en fonction de plusieurs paramètres :

- La nature du sol.
- L'exposition de la surface
- La profondeur à laquelle sont enterrées les canalisations

1_ La nature de sol

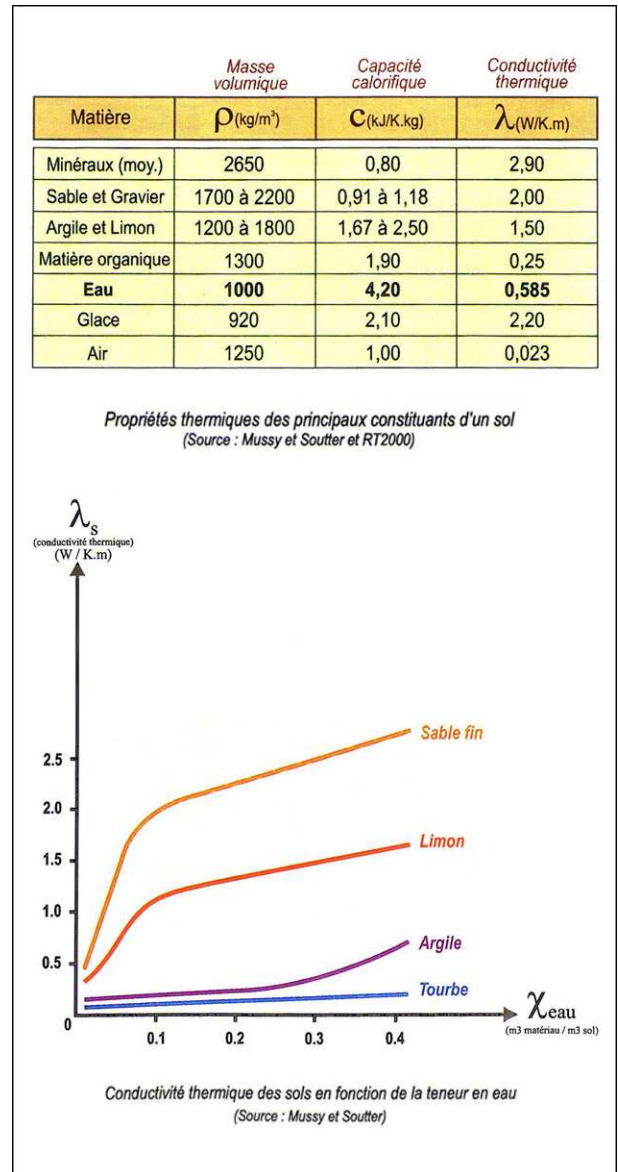
_ La température du sol à une profondeur donnée correspond à un état d'équilibre résultant de l'échange entre la couche de surface et la terre. Cet échange est fonction des propriétés thermiques du sol (variables selon la composition chimique des sols).

La composition du sous-sol a une incidence sur le fonctionnement du puits canadien. Par exemple, les substrats pierreux ne donnent pas de bons résultats à cause de leur faible diffusion thermique, surtout s'ils sont inhomogènes.

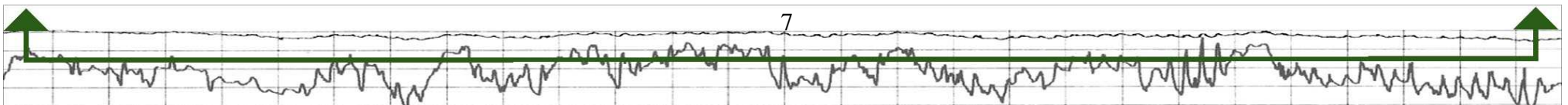
« _ La conductivité thermique d'un sol dépend non seulement de sa composition mais également de la disposition et de la forme de ses particules constitutives, des liaisons entre ces particules (ponts d'eau très *conducteur*) ainsi que de sa teneur en air (faiblement *conducteur*). Le sol sera d'autant plus conducteur de chaleur qu'il sera humide.

La conductivité thermique d'un sol peut également changer dans le temps, notamment en fonction des variations de sa teneur en eau due au changement de saison. Ce phénomène entraîne une accélération ou une diminution du transfert de chaleur par effet conductif. En régime dynamique la pénétration de l'onde thermique dans le sol est respectivement de l'ordre de 3 m en fréquence annuelle et 20 cm en fréquence journalière. »

CETE de Lyon



Source : CETE de Lyon



2_ L'exposition de la surface du sol

La température du sol est sensible à l'effet du rayonnement solaire sur la surface de la terre.

Si on suppose que les canalisations sont enterrées en dehors de l'emprise du bâtiment, le sol en contact avec le puits est soumis aux contraintes climatiques (échanges convectifs dus au vent et rayonnement solaire).

Ces phénomènes étant périodiques, il est logique que la température du sol subisse des variations périodiques.

On constate que, pour une profondeur supérieure à 1 m, on peut considérer la température du sol comme constante sur une journée.

3_ La profondeur du sol

En fonction de l'humidité, la température d'équilibre du sous-sol ou «régime permanent» se situe sous nos climats, entre cinq et neuf mètres de profondeur. Dès deux mètres, cette température varie peu (l'amplitude n'est que de plus ou moins 5°C, entre l'été et l'hiver - voir schéma ci-contre) et se maintient autour de 15°C. Ainsi, le sous-sol est plus frais que l'air extérieur l'été, et inversement l'hiver.

La température du sol aux profondeurs qui nous intéressent n'est pas sensible aux variations de température jour/nuit. Par contre, on observe une variation sur l'année.

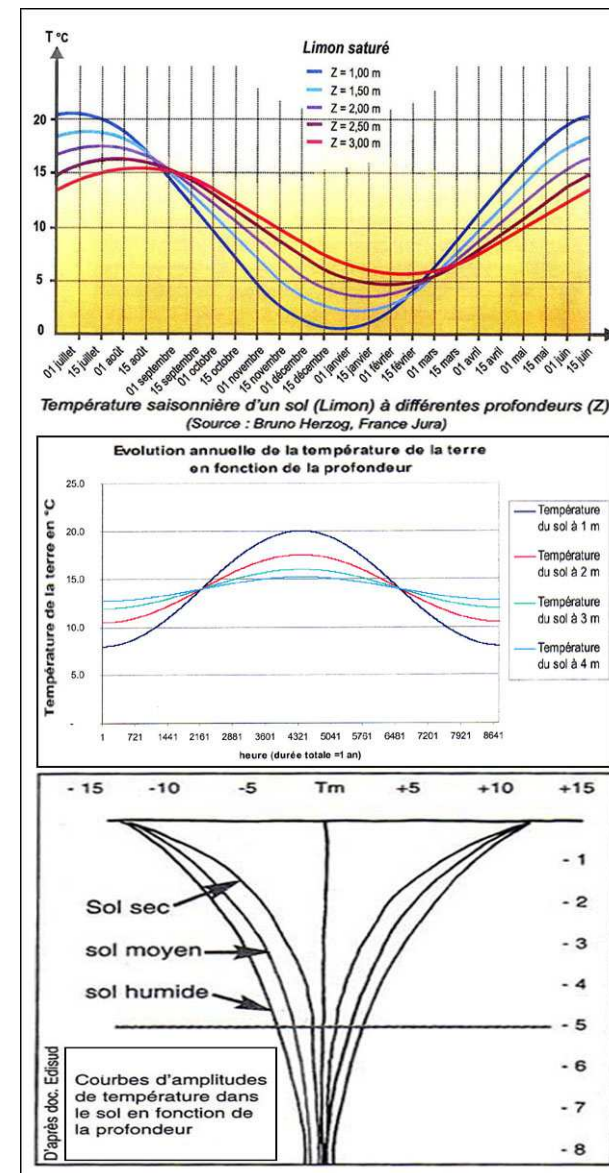
L'amplitude des oscillations autour de la température moyenne du sol est fonction de la profondeur considérée.

Le graphe ci-contre présente l'évolution sur un an de la température de la terre en fonction de la profondeur. Plus la profondeur augmente, plus la température du sol est stable.

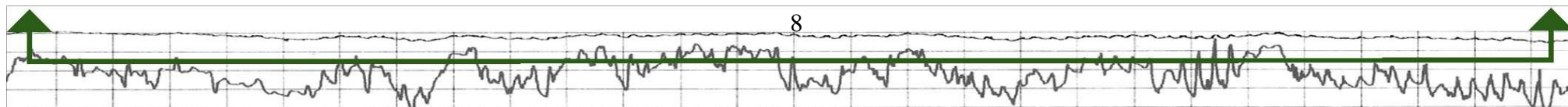
On a bien entendu intérêt à avoir une température la plus stable possible. En effet, en hiver, on a besoin de préchauffer l'air, la température du sol doit être la plus élevée possible.

En été, le sol doit être le plus frais possible. Ces exigences correspondent à l'inverse du phénomène physique observé. On observe sur ce graphique (l'axe horizontal représente une année civile, de janvier à décembre) que la température du sol est plus faible pendant les mois les plus froids. Donc on a tout intérêt à réduire au maximum l'amplitude des oscillations afin que le sol ne se refroidisse pas trop en hiver ni se réchauffe excessivement en été.

Tribu



Source : CETE de Lyon,
TRIBU,
Maison écologique n°10



B_ LES PROPRIETES PHYSIQUES DU TUBE

1_ La profondeur du tube

Il s'agit d'évaluer l'influence de la profondeur à laquelle les tuyaux sont enterrés sur les performances du puits. Les profondeurs correspondent au point le plus haut des canalisations.

- En hiver la température de sortie du puits augmente à mesure que le tuyau est enterré plus profondément.

Il est primordial d'enterrer le puits à une profondeur à laquelle les oscillations annuelles de température du sol s'atténuent.

Sachant que quand le sol est soumis à de fortes oscillations de températures annuelles, le puits devient beaucoup moins performant en hiver comme en été.

- En été lorsque la température extérieure augmente, la température de sortie diminue.

De manière générale, plus on enterre profondément le puits, plus la température se stabilise et plus la capacité d'échange augmente. En particulier, quand on augmente la profondeur de 2 m à 3m, on a un gain sur les températures extrêmes d'environ 2°C (+2 en hiver et -2°C en été).

2_ La longueur du tube

Nous étudions dans cette partie l'influence de la longueur des canalisations sur les performances du puits.

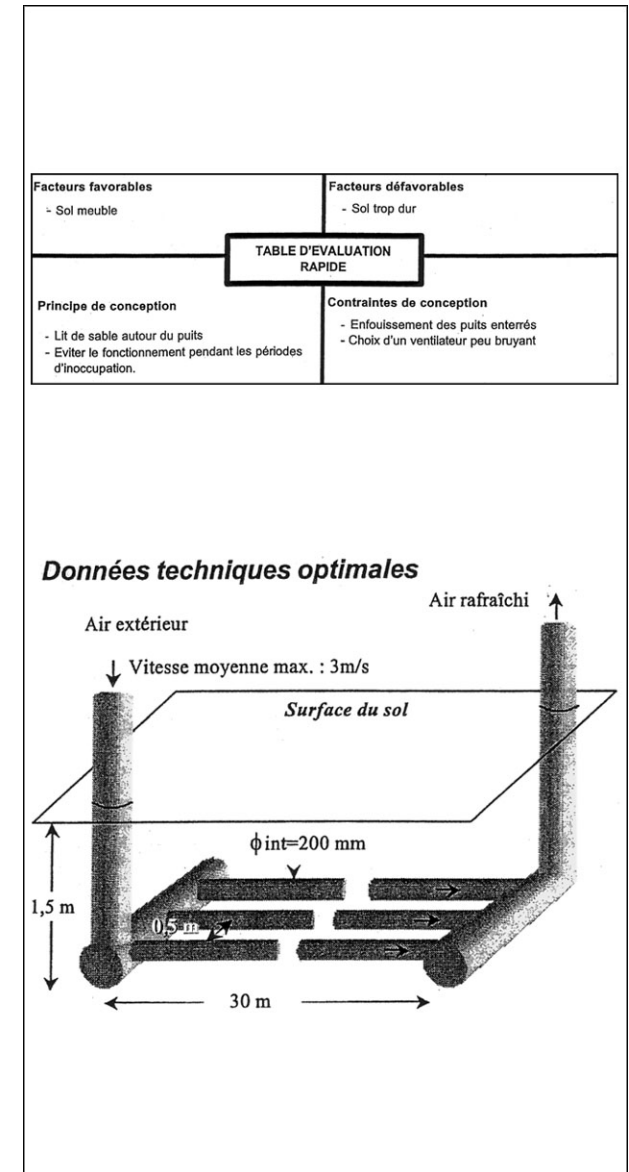
La longueur doit s'accorder aux dimensions que permet le terrain. Il semble difficile de mettre en oeuvre un puits plus long.

- En hiver la température en sortie du puits augmente quand la longueur du puits augmente. Le gain est d'autant plus important que la température extérieure est basse.
- En été, on constate que quand la longueur augmente, la température de sortie diminue.

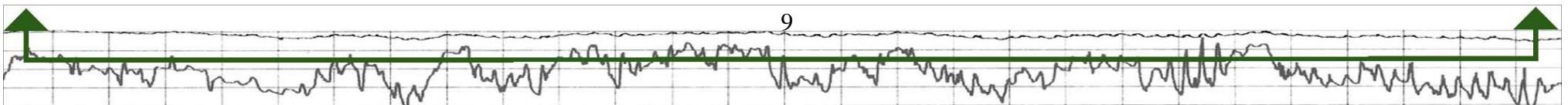
De manière générale, on observe que quand la longueur augmente, la température de sortie de l'air se stabilise (la température de sortie est moins sensible aux oscillations de température extérieure). Ceci s'explique très logiquement par le fait qu'augmenter la longueur revient à augmenter la surface d'échange, donc les échanges. La température de l'air en sortie du puits tend à rejoindre la température de la terre (considérée constante à 15°C).

« Pour limiter les pertes de charge, la longueur des conduits ne doit pas dépasser 30 mètres. Si le linéaire de conduits doit être supérieur, il est nécessaire de créer un réseau en augmentant le nombre de conduits. Dans ce cas, les conduits doivent être espacés entre eux d'une distance d'environ 5 fois leur diamètre pour un bon échange thermique de chaque tube avec le sol. Le réseau de conduits peut être enfoui aux abords du bâtiment ou bien sous celui-ci. »

CETE



Source : COSTIC



3_ La section du tube

Le diamètre du tube induit une surface d'échange.

Pour limiter les pertes de charge (freinage de l'air par frottements) on évitera les coudes à angle droit serré. Pour la même raison, il faudra utiliser du gros diamètre (20 centimètres étant un bon compromis coût / performance) ce qui augmentera la surface d'échange et le transfert thermique.

Dans certains cas le diamètre de la canalisation n'est pas un paramètre mais une hypothèse de départ. En effet pour des raisons de coût on peut être amené à utiliser des éléments préfabriqués. C'est d'ailleurs, le cas pour les galeries canadiennes du zénith de Dijon (voir étude de cas qui suit).

L'écart entre les tubes dépend de l'épaisseur de terre nécessaire pour optimiser l'échange thermique.

La capacité d'échange thermique du tube est en fonction de la surface d'échange.

Le choix du matériau est également important ; le PVC est le produit le moins coûteux et le plus utilisé, mais il n'est cependant pas écologique. On lui préférera le polyéthylène (PE) : matériau le plus écologique, il reste assez cher. Les conduites en béton ou en grès peuvent être utilisées pour des diamètres supérieurs à 300 mm, toutefois leur raccords sont difficiles à étanchéifier et ces produits sont perméables au radon présent dans le sol. De plus le grès coûte très cher.

C_ LES CARACTERISTIQUES DU FLUX D'AIR

1_ Le débit d'air nécessaire

Le volume du bâtiment combiné aux débits réglementaires est déterminant pour connaître le débit d'air nécessaire. En été, un rafraîchissement significatif peut être obtenu avec des débits faibles : de l'ordre de 2 vol/h dans un très grand volume (atrium, halle...), de l'ordre de 4 à 6 vol/h dans des espaces intermédiaires (classe, restaurant...), et de 4 à 8 vol/h dans des pièces ou des logements.

1 m² de tube pour 5-12 m³/h d'air (selon vitesse)

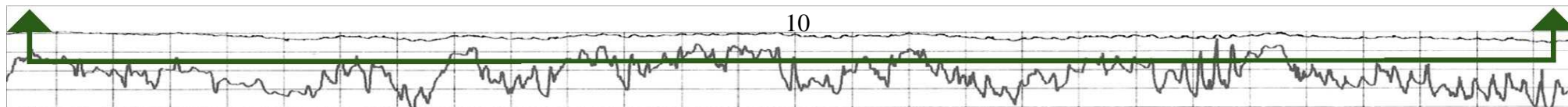
2_ La vitesse de l'air

La vitesse de l'air dans les tuyaux a une influence importante sur l'échange.

En été, quand la vitesse augmente, le coefficient d'échange air/terre augmente donc l'échange est amélioré.

Dans le même temps, le flux augmente, donc le fluide dispose de moins de temps de contact avec les parois, donc l'échange est diminué. Il y a alors opposition entre ces deux paramètres, une simulation peut permettre de constater lequel est prépondérant. Pour augmenter les échanges terre/air, la vitesse devrait être la plus faible possible, mais cette contrainte est dictée par les débits d'air hygiénique.

Pour faire fonctionner un puits canadien en puits provençal, le ventilateur doit posséder deux vitesses : pour garantir un bon préchauffage de l'air en hiver, il est préférable de favoriser un échange thermique maximum en faisant circuler l'air à une vitesse moyenne de 1 m/s. L'objectif étant le rafraîchissement en été, un maximum d'efficacité sera obtenu avec un débit d'air proche de 3 m/s. En inter-saison, le puits canadien est beaucoup moins intéressant, il est donc souhaitable de pouvoir le contourner (by-pass) sur une prise d'air direct.



III_ MISE EN ŒUVRE DU PUITS CANADIEN

A_ LA PRISE D'AIR

L'air neuf entre dans le puits via une bouche extérieure installée sur une borne, ou un édicule surélevé.

Cette bouche doit être protégée des vents dominants qui pourraient perturber le fonctionnement du puits. Il est également nécessaire de prendre des dispositions pour éviter les infiltrations d'eau, l'intrusion de corps étrangers ou de petits animaux. L'installation de grilles de protection à fin maillage est recommandée.

B_ VENTILATION ET DIFFUSION DE L'AIR

« Le flux d'air doit être maintenu grâce à un ventilateur dimensionné en fonction du débit d'air à traiter et des pertes de charges de l'installation car la simple mise en dépression du bâtiment ne suffit pas à faire fonctionner un puits canadien.. Le système d'évacuation de l'air vicié (VMC) doit fonctionner à un débit légèrement inférieur à celui du puits canadien.

L'air réchauffé ou rafraîchi peut être diffusé dans le bâtiment en un seul point du bâtiment ou bien distribué en plusieurs points par l'intermédiaire d'un réseau de conduits isolés. La diffusion se fait généralement par une grille qui peut être située en applique des parois verticales, sur une colonne ou un caisson menuisé et surélevé ou bien encore par le sol depuis un caisson formant plénum. »

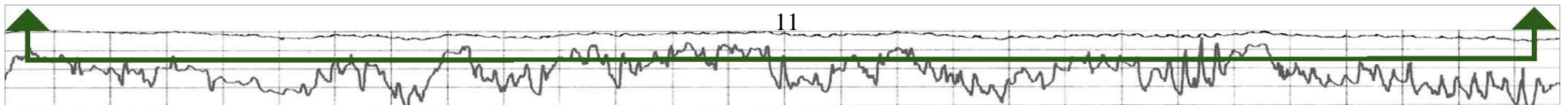
CETE

Pour optimiser le système de diffusion il faut éviter les coudes et donc les pertes de charges que l'on compense par la puissance du ventilateur.

Le choix du système de ventilation :

«L'air stagnant dans le tuyau, surtout l'été, où il est plus frais, donc plus lourd que l'air extérieur, il est nécessaire de l'extraire mécaniquement. On peut se servir de la VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée) si le bâtiment en est équipé, mais cela suppose une étanchéité parfaite de l'enveloppe, ce qui n'est ni réaliste, ni souhaitable, une panne d'électricité devenant dangereuse. La solution généralement adoptée est d'équiper le système d'un ventilateur, de préférence à l'extérieur, en tête du circuit, l'air étant ainsi pulsé. Son débit est à calculer, en fonction du diamètre du tuyau, de la capacité calorifique de la terre qui l'entoure et du volume à « climatiser », en général dix fois ce volume par heure. »

La maison écologique, bimestriel n°10, août-septembre 2002, p28à29, Jean-Paul Blugeon



C_ LES PRECAUTIONS D'USAGE

Afin d'assurer une bonne qualité de l'air insufflé, un certain nombre de précautions doivent être prises pour éviter tout dysfonctionnement et/ou pollution (odeurs, humidité, bactéries,...) qui pourraient résulter des différents composants du système.

1_ La gestion des condensats et des infiltrations d'eau

La condensation est un problème d'été car l'air chaud stocke plus d'humidité que le même volume d'air froid et vice versa.

« En été, des écoulements d'eau issus de la condensation peuvent se former. Pour limiter ce phénomène, le parcours des conduits doit avoir une pente de 1 à 3% orientée dans le sens d'écoulement de l'air. Au point bas du parcours avant la fin du conduit, un siphon doit permettre l'évacuation des condensats. Si le puits est situé à proximité d'une nappe souterraine peu profonde, un soin particulier doit être apporté à l'étanchéité du dispositif pour éviter l'infiltration d'eau dans les conduits. »

Il convient donc lors du terrassement de faire attention à la pente et de prévoir impérativement des conduits lisses. Avant la première mise en service, un nettoyage des conduits peut permettre de contrôler l'écoulement de l'eau.

CETE de Lyon

« Des condensats peuvent se former, en particulier l'été, et il convient de les évacuer. Pour cela trois possibilités (voir schémas ci-contre):

1) Ce système permet une étanchéité parfaite depuis l'entrée de l'air jusqu'au système de ventilation. Cette solution est à privilégier dans les régions à fortes concentrations en gaz radon dans le sol ou si votre sol est très humide (sources, nappes souterraines...)

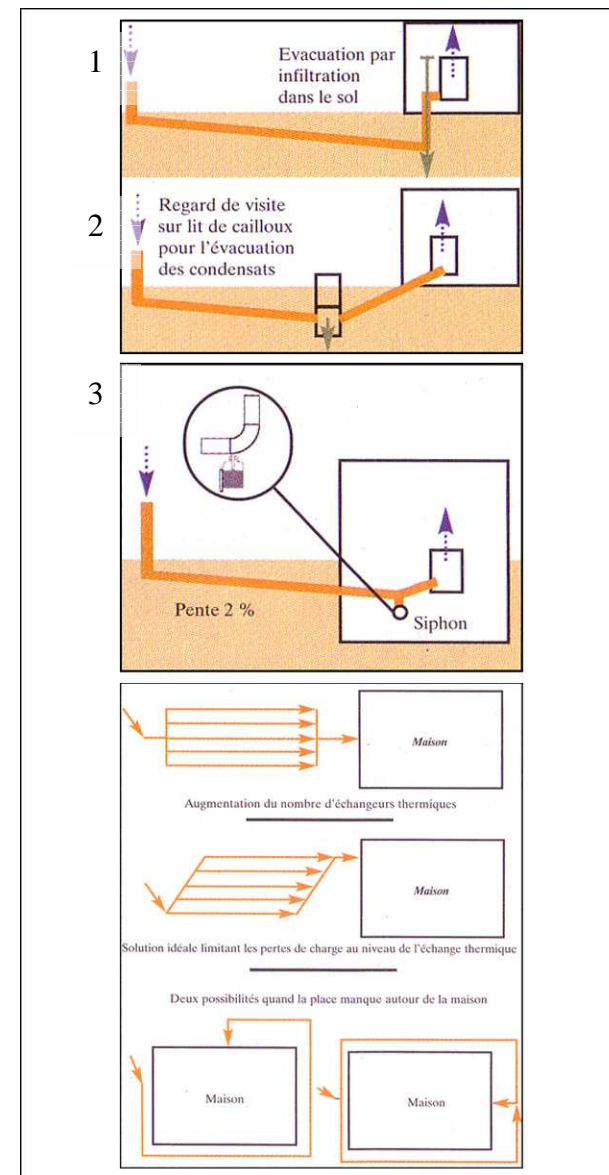
Détail du siphon:

Le passage de l'air assèche légèrement le siphon. Un système simple consiste à placer un tuyau dans un récipient rempli d'eau (prévoir une contenance en fonction du débit). L'excédent peut être évacué dans un écoulement d'eaux usées. Veiller à placer un deuxième siphon dans ce cas pour éviter d'aspirer des mauvaises odeurs.

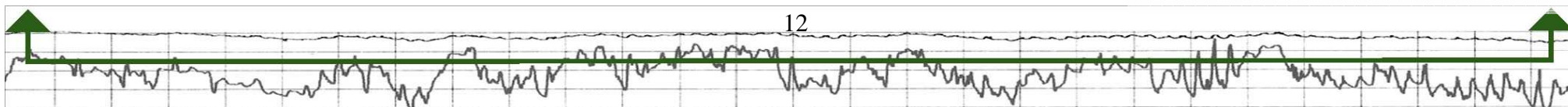
2) Dans le cas d'une maison dépourvue de cave, les condensats peuvent être récoltés dans un regard placé au niveau du point bas. Ce regard permettra également d'inspecter visuellement le tuyau.

3) Une autre solution pour une maison sans cave est de placer un puits perdu débouchant sur un lit de cailloux pour permettre l'infiltration des condensats dans le sol. »

La maison écologique, bimestriel n°22, août-septembre 2004, p34 à 38, Bruno Herzog



Source : La maison écologique, bimestriel n°22, août-sept 2004, p34 à 38, Bruno Herzog



2_ La qualité de l'air

« L'entrée d'air doit être implantée loin des sources de pollution (voirie, parking, poubelles, ...) et à une hauteur suffisante pour éviter l'aspiration de la poussière. Elle doit être accessible pour le nettoyage. Si des filtres à particules (2-5 micromètres) sont installés, un entretien régulier de ces derniers doit être effectué environ tous les 4 mois. Eviter également de placer l'entrée d'air au milieu d'une végétation dont les pollens sont allergisants. » *CETE*

« L'idéal est de respirer un air d'une qualité au moins équivalente à l'air extérieur, meilleure si possible. Lorsque le puits canadien est couplé avec une VMC double flux, il est important de bien entretenir les filtres car la qualité de l'air en dépend. Certaines grandes installations (plus de 2 000 m³/h) n'ont d'ailleurs plus de filtration par crainte des pollutions de l'air dues à des filtres encrassés.

Voici quelques recommandations qui permettront d'obtenir un air le plus sain possible :

- Utilisez un matériau faiblement émissif (vapeur, odeur...) pour l'entrée du puits canadien (alu, tôle...).
- Protégez au minimum l'entrée à l'aide d'une grille fine pour éviter que des animaux (rongeurs, moustiques...) y pénètrent.
- Si vous optez pour un filtre (2 à 5 micromètres), pensez à le nettoyer tous les quatre mois. Préférez une filtration de plus en plus fine, de l'extérieur vers l'intérieur.
- Placez l'entrée à une hauteur suffisante (1,20 m minimum) pour éviter d'aspirer de la poussière, et loin des sources de pollution (route, compost...).
- Avant la première mise en route, nettoyez le tuyau, vous pourrez ainsi contrôler l'écoulement de l'eau. »

La maison écologique, bimestriel n°22, août-septembre 2004, p34 à 38, Bruno Herzog

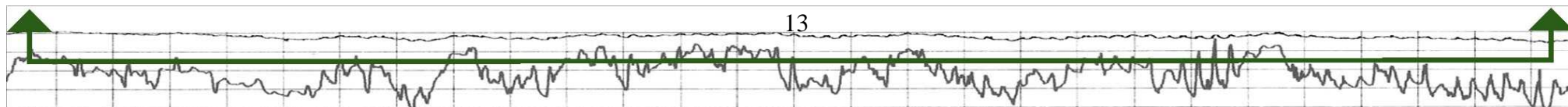
3_ Les risques liés au radon

« Dans les zones où le risque d'émission de radon ou de polluants par le sol est important, il est nécessaire d'utiliser un échangeur thermique sur le puits canadien pour ne pas utiliser l'air transitant par le puits comme air neuf. Cet échangeur peut permettre d'évacuer tout problème bactériologique qui serait dû à la condensation.

4_ Les matériaux

« Les conduits doivent avoir une stabilité et une résistance à la pression suffisante pour supporter l'enfouissement dans la terre. Par ailleurs, L'étanchéité des conduits doit permettre d'éviter l'infiltration des eaux souterraines et la propagation de bactéries. Il faut également veiller aux raccordements des différents conduits et privilégier des raccords par joints à lèvres, éviter de coller les raccords pour limiter le risque de rupture lors du remblai et surtout le risque de dégagement de vapeurs nocives dû aux colles. Le matériau utilisé ne doit pas dégager de vapeurs nocives. L'entretien du ventilateur est identique à tous les systèmes courants de ventilation. » *CETE*

Le matériau utilisé ne doit pas dégager de vapeurs nocives comme cela peut être le cas pour le PVC par exemple lorsqu'il est soumis à des températures élevées (supérieures à 30 °C).



5_ La régulation du puits

_ le système by-pass :

« Dans une certaine plage de température extérieure (entre 14 et 20°C), il n'est pas intéressant de passer par le puits, on risque de réchauffer l'air quand on a besoin de frais ou de le refroidir quand on a besoin de chaud. C'est pourquoi il est primordial de prévoir des entrées d'air en façade à proximité des CTA éventuelles, afin d'avoir la possibilité de ne pas circuler par le puits. Si cette hypothèse n'est pas envisagée, on risque de concevoir un système contre-performant en mi-saison. »

Tribu

La régénération du puits peut se faire grâce à une ventilation nocturne qui recharge le sol en fraîcheur.

IV_ LES PERFORMANCES DU PUIT

On peut considérer que le gain est partiel en hiver puisque le puits canadien ne remplace pas la chaudière et il est total en été puisqu'il peut éviter d'installer un système de climatisation.

Dans le cas où le bâtiment est équipé d'un échangeur double flux dont le rendement est à 60%, il y a un gain mais faible et si le bâtiment est équipé d'un échangeur double flux dont le rendement est à 90%, le gain est quasiment nul.

Les gains résultent de tous les paramètres cités précédemment ainsi il y a autant de performances que d'exemples :

« La température d'un puits à 2 m de profondeur est d'environ 13 °C en été et 5 °C l'hiver. Ainsi, en enfouissant une gaine d'aspiration d'air, d'une longueur et d'un diamètre suffisant à cette profondeur, quelles que soient les conditions climatiques extérieures, au bout de la gaine la température variera de 13 à 20 °C en été, et de 1 à 5 °C en hiver. »

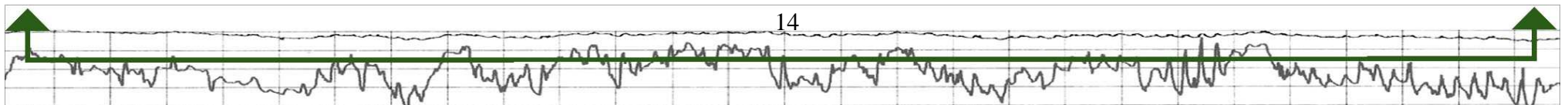
La maison écologique, bimestriel n°22, août-septembre 2004, p34 à 38, Bruno Herzog

« Le rendement thermodynamique du puits canadien est exceptionnel : quatre à cinq fois celui d'un climatiseur électrique. »

La maison écologique, bimestriel n°10, août-septembre 2002, p28à29, Jean-Paul Blugeon

« Le coût d'investissement, terrassement compris ne dépasse pas 3 000 euros, pour une habitation de 100 m². Lequel peut être fortement réduit dans le cas d'une construction neuve, où l'on peut enterrer les tuyaux en même temps que les fondations, ou une tranchée technique (eau, gaz ou électricité). En cas d'auto construction, ce prix peut facilement être divisé par trois à rapprocher du prix d'une installation classique de climatisation, en n'oubliant pas le coût de fonctionnement, d'entretien et de remplacement. Un autre intérêt du puits canadien est la quasi-absence d'entretien et d'usure, ainsi qu'une consommation électrique très faible. »

La maison écologique, bimestriel n°10, août-septembre 2002, p28à29, Jean-Paul Blugeon



« Avantages du puits:

- Economiques : Faible consommation électrique. Une alimentation photovoltaïque 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, le système peut fonctionner au fil du soleil.

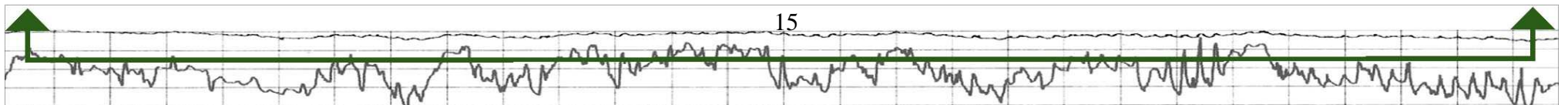
Indicateurs de coût (par rapport à un système de climatisation classique) :

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

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 A 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.»

Costic



V_ LES ETUDES DE CAS

A_ L'ECOLE DE LA TOUR DE SALVAGNY

B_ LE ZENITH DE DIJON

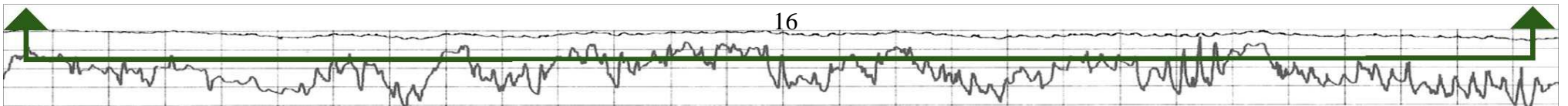
C_ LES PROJETS DE LOGEMENT

1_ L'étude d'Aldes

2_ La circulaire de CETE

3_ L'expériences de B. Herzog

4_ Les kits







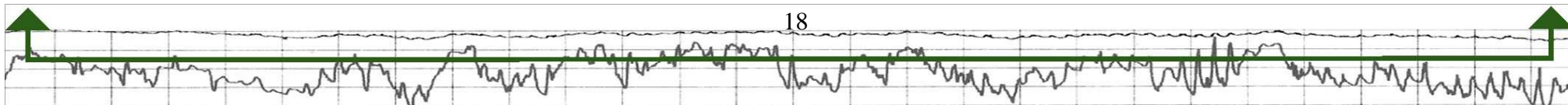
Perspective de concours

Source : Etamine

ETUDE DE CAS

Projet	Restructuration et extension de l'école de la Tour de Salvagny
Taille du projet	2200m ²
Source d'information	 Nicolas Molle Etamine bureau d'études thermiques et aérauliques
Equipe	<ul style="list-style-type: none"> - Tectoniques architecte - Enertec - Nicolas Molle - Etamine bureau d'étude HQE - Catene - BET fluide - Cogeci -BET structure - Tribu- synthèse - Procobat-économiste
Calendrier	Septembre 2004

Projet	Restructuration et extension - Ecole de la Tour de Salvagny
Sujet d'étude	Analyse de la notice HQE de la phase CONCOURS
Source d'information	 Étamine Nicolas Molle – Bureau d'études HQE techniques et aérauliques
Description de l'extension	<ul style="list-style-type: none"> - Projet sur un seul niveau sur un vide sanitaire - Procédé constructif de l'extension type ossature bois, toiture légère et bardage - L'inertie est très faible ce qui permet une forte intermittence de fonctionnement
Stratégie énergétique	- La ventilation est asservie aux besoins pièce par pièce avec des sondes à détection de présence.
Description du puits	Le puits canadien permet de s'affranchir, dans le cas présent, de la récupération de calories de l'air extrait, son efficacité devenant marginale
confort d'été (et/ou) d'hiver	Essentiellement confort d'été
type de sol	- 10 cm de sable autour des tuyaux pour éviter la perforation
vitesse de l'air	<p>Le jour: 3.5 m/s seulement La consommation électrique des ventilateurs est divisée par 3 par rapport à une vitesse classique de 5m/s</p> <p>La nuit à débit double (7m/s) en période chaude pour un rafraîchissement nocturne</p>
Mise en oeuvre	Durée : environ 15 jours
Type de ventilation	<ul style="list-style-type: none"> - Simple flux par insufflation - débit soufflé par classe: 522 m³/h (18 m³/h par personne, 29 personnes) - Air neuf préchauffé gratuitement en traversant le puits canadien lorsque la température en sortie de puits est supérieure à la température extérieure. - Sondes de température intérieure, extérieure et en sortie de puits - Puits canadien by-passer notamment en mi-saison lorsqu'il rafraîchit l'air alors qu'il est encore nécessaire de réchauffer les locaux
Coûts prévisionnels	<p>Les deux ventilateurs de soufflage consomment :</p> <p>0.125 W/m³/h en fonctionnement nominal (5800m³/h à 3.5 m/s) : 1200 heures/an</p> <p>0.5 W/m³/h en fonctionnement haute vitesse (11 600m³/h à 7m/s) : 100heures/an</p> <p>La consommation annuelle estimée à : 1450kWh</p>
Système de chauffage	<p>Sur la Base DJ=2500, et avec les hypothèses suivantes :</p> <p>Apports internes : 300 élèves et 13 adultes 30 heures par semaine</p> <p>Eclairage 10 w/m²sur 30% des heures d'occupation + 6 heures/semaine (entretien)</p> <p>Chauffage ralenti et ventilation arrêtée pièce par pièce en inoccupation</p> <p>Consommation de 36 kWh utiles/m², soit 46kWh PCS/m²</p> <p>Consommation annuelle estimée à 100 000 kWh PCS, soit environ 18 000 FHT/an</p>
commentaires	Les coûts sont inférieurs de moitié aux ratios moyens. Cela s'explique par l'isolation renforcée, le puits canadien, la chaudière à condensation, et la gestion fine de l'intermittence, du niveau des solutions électriques les plus performantes.



Confort thermique extrait de la notice HQE en phase concours

« Le confort thermique en hiver est assuré par les dispositions suivantes :

- Isolation thermique renforcée des vitrages
- Sas entre la classe et la cour pour limiter les courants d'air intempestifs aux inter-classes.
- Émission thermique à température douce par des radiateurs panneaux en allège de façade, assurant la compensation de paroi froide et ayant une fraction d'émission radiative élevée.
- Préchauffage à température neutre de l'air neuf hygiénique

Le confort thermique en été est assuré par les dispositions suivantes :

- Protections solaires des façades exposées la technique la plus performante : des stores extérieurs à lames inclinables et repliables permettant d'obtenir un facteur solaire de 0,13 tout en conservant une transmission lumineuse.
- Puits canadien pour pré-refroidir l'air neuf insufflé pendant la journée.
- Ventilation nocturne avec le système de VMC, les débits d'air pouvant être doublés si nécessaire en cas de période chaude.

Dans notre configuration de base, la façade Ouest des classes est protégée par les masques et une occultation intérieure. Le programme demande que la température de 27°C dans les classes ne soit pas dépassée pour une journée chaude de température moyenne de 24,5°C et d'amplitude de 16°C. La figure ci-contre montre le résultat obtenu par simulation thermique dynamique en régime périodique établi, avec des hypothèses d'occupation maximale des classes, dans 4 cas :

Ventilation continue (jour et nuit)

Ventilation continue et recours au puits canadien

c) Ventilation nocturne doublée et puits canadien

Idem cas précédent et protection complémentaire des baies à l'Ouest avec des stores extérieurs de même type qu'en façade Est.

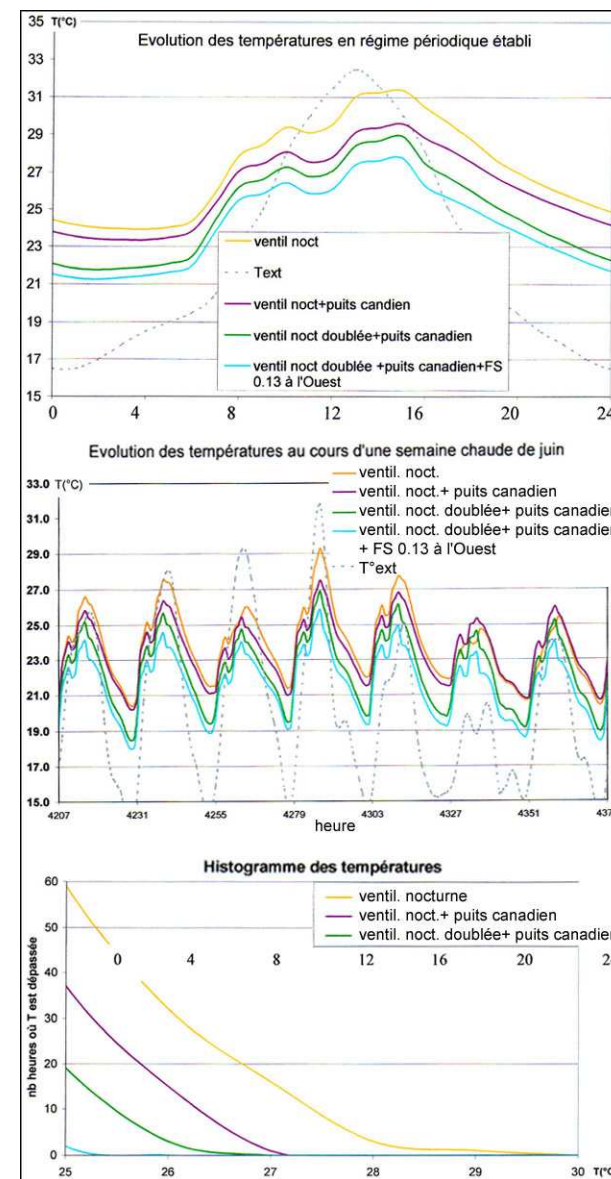
On constate tout l'intérêt du puits canadien, ainsi que le potentiel d'une ventilation nocturne à double débit. Mais le critère de 27°C n'est pas respecté, y compris avec une protection solaire de FS=0,13 sur tous les ouvrants.

Nous pensons que les hypothèses d'un régime périodique établi sont extrêmement sévères. En pratique, les périodes de forte chaleur n'excèdent pas 4 ou 5 jours, notamment si on sort de l'analyse les mois de juillet et d'août. De plus, l'alternance des jours occupés et des jours vacants permet aux classes de se décharger thermiquement tant il est vrai que les surchauffes sont principalement occasionnées par les apports internes.


La figure ci-contre reprend les 4 cas étudiés et montre l'évolution des températures intérieures pendant la semaine la plus chaude de juin issue d'un fichier météorologique représentatif du site. On constate que le critère de 27°C en occupation par 32°C max. extérieur est respecté, même sans protection solaire extérieure des façades ouest.

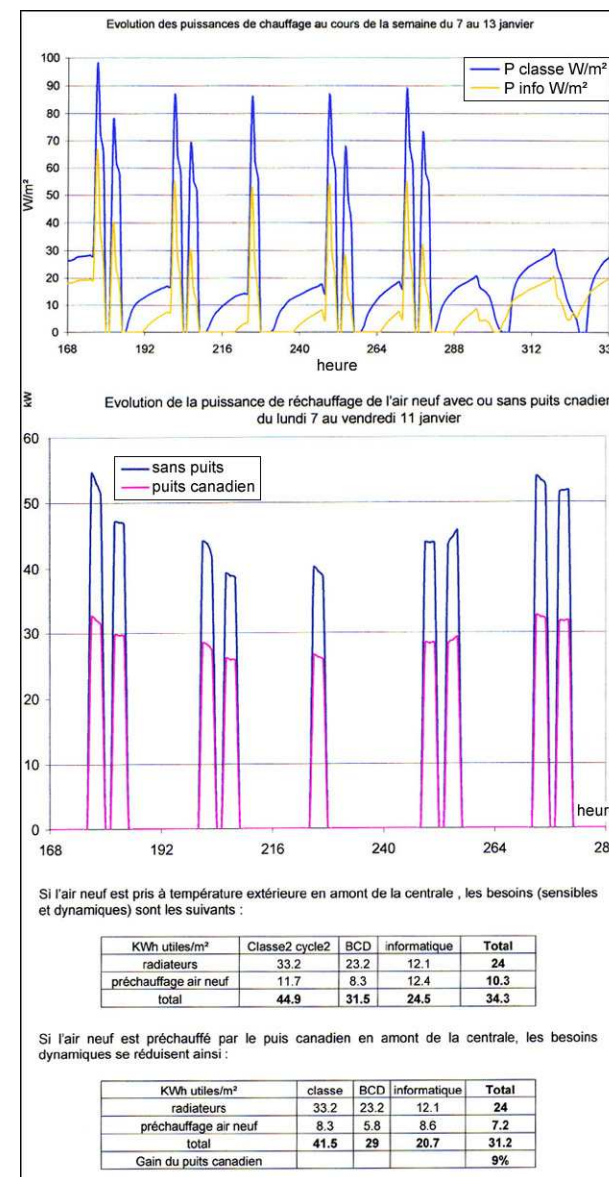
L'histogramme des fréquences de températures dépassées reprend ces mêmes informations de façon synthétique à partir d'une simulation annuelle.

Au vu de ces résultats, il est suggéré au Maître d'Ouvrage qu'il est possible d'éviter l'investissement de stores extérieurs mobiles sur les façades ouest des classes de l'extension.. »*Etamine*



Etamine

Projet	Restructuration et extension - Ecole de la Tour de Salvagny
Sujet d'étude	Analyse de la notice HQE de la phase APD
Source d'information	 Nicolas Molle – Bureau d'études HQE techniques et aérauliques
Description de l'extension	<ul style="list-style-type: none"> - Projet sur un seul niveau sur un vide sanitaire - Procédé constructif de l'extension type ossature bois, toiture légère et bardage - L'inertie est très faible ce qui permet une forte intermittence de fonctionnement
Stratégie énergétique	<ul style="list-style-type: none"> - Ventilation asservie aux besoins pièce par pièce : sondes à détection de présence. - En aval du puits canadien : CTA équipée d'une batterie chaude pour réchauffer l'air à la température de soufflage souhaitée (17°C par 0°C extérieur, 15°C par 15°C extérieur) - Puits canadien By-passer en mi-saison lorsqu'il rafraîchit l'air alors qu'il est encore nécessaire de réchauffer les Locaux.
Type de ventilation	<ul style="list-style-type: none"> - Simple flux par insufflation - Débit soufflé par classe de 522 m³/h (18 m³/h par personne, 29 personnes). - Air neuf préchauffé gratuitement en traversant le puits canadien lorsque la température en sortie de puits est supérieure à la température extérieure. - Sondes de température intérieure, extérieure et en sortie de puits - Salle polyvalente équipée d'une centrale d'air à 3 volets - Le débit d'air neuf est adapté aux besoins par une sonde de qualité d'air.
Coûts prévisionnels	<p>Les deux ventilateurs de soufflage consomment :</p> <p>0,125 W/m³/h en fonctionnement nominal (8500 m³/h à 3,5 m/s) : 1200 heures /an</p> <p>0,5 W/m³/h en fonctionnement haute vitesse (17 000 m³/h à 7 m/s) : 200 heures /an</p> <p>La consommation annuelle est estimée à : 3000 kWh</p>
Système e chauffage	<ul style="list-style-type: none"> - Besoins calculés par simulation thermique dynamique sur la partie Sud Est du site neuf : classe 2 cycle 2, circulation desservant le cycle 2, circulation desservant la BCD et la salle informatique, sanitaires côté Sud. - Les graphiques ci-contre montrent l'évolution des puissances appelées par la classe 2 cycle 2, la BCD et la salle informatique et la puissance de chauffage utile au niveau de la centrale d'air selon qu'il y a puits canadien ou non. - La chaufferie comprend deux chaudières à condensation en cascade. Le réseau primaire de chauffage est à 90°C/70°C pour la production d'ECS - Chauffage ralenti et ventilation arrêtée pièce par pièce en inoccupation - Le rendement global de l'installation (émission, régulation, distribution, production) est de 0.8 sur kWh PCS. - Consommation annuelle (extension) estimée à 90 000 kWh PCS, soit ~ 2600 €/HT/an.
commentaires	Gain de 30% sur les besoins de chauffage de l'air neuf, le gain au global sur les besoins de chauffage des locaux traités en simple flux par insufflation est de 9%



« Le confort thermique en hiver est assuré par les dispositions suivantes :

- Isolation thermique renforcée des vitrages
- Sas entre la classe et la cour pour limiter les courants d'air intempestifs aux inter-classes.
- Emission thermique à température douce par des radiateurs panneaux en allège de façade, assurant la compensation de paroi froide et ayant une fraction d'émission radiative élevée.
- Préchauffage à température neutre de l'air neuf hygiénique

Le confort thermique en été

On peut retenir que les dispositions prises permettent d'obtenir un confort satisfaisant :

- le puits canadien est très efficace pour rafraîchir l'air soufflé ;
- la ventilation nocturne en été sera asservie à la température intérieure des locaux
- elle peut être doublée pendant les périodes de surchauffe estivale pour mieux rafraîchir les locaux
- le débit de ventilation dans la salle d'informatique est doublé constamment
- les protections solaires extérieures à l'ouest ne sont pas indispensables dans les classes, elles apportent en revanche une amélioration assez sensible dans la salle d'informatique
- il est nécessaire de disposer de larges ouvrants dans les circulations pour une ventilation naturelle efficace, ainsi que dans les sas vitrés reliant bâtiments existants et neufs. On risque d'observer des surchauffes importantes dans ces sas s'ils ne sont pas largement ventilés.

Commentaires :

- Débits de ventilation

Préciser les procédures de nettoyage et contrôle de la qualité d'air

La grille d'entrée d'air sera intégrée dans le mur de soutènement créé au sud de la cour cycle 2, suffisamment grande pour que l'ouvrage d'entrée d'air soit visitable donc nettoyable. Une garde de 40 cm permettra d'éviter que des particules entrent dans les tuyaux. Ils auront une légère pente 1/1000.

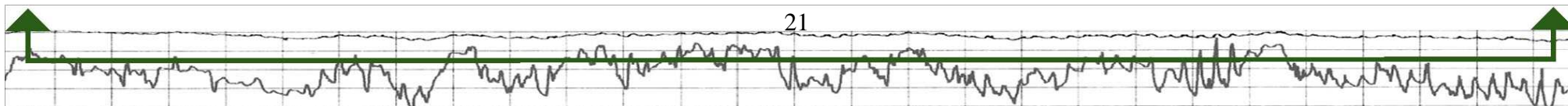
- Système de ventilation


récupération en hiver/free-cooling en été

Pas de comparaison avec un double flux

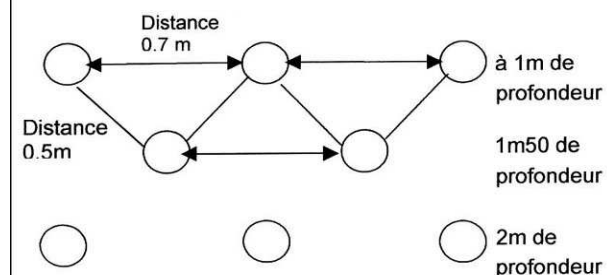
L'intérêt de la récupération d'énergie est très faible en supplément d'un. Or celui ci est nécessaire en confort d'été. La VMC simple flux est donc préférable, car moins chère en investissement, et on économise la consommation d'un ventilateur. Le puits canadien sera équipé d'une sonde de température en entrée, en sortie. »

Etamine




Projet	Restructuration et extension - Ecole de la Tour de Salvagny
Sujet d'étude	Analyse du dispositif du puits canadien de la phase APD (suite)
Source d'information	 Nicolas Molle – Bureau d'études HQE techniques et aérauliques
Description du puits	<ul style="list-style-type: none"> - 14 tuyaux disposés en 3 nappes (voir schéma ci-contre) - Puits canadien By-passer en mi-saison lorsqu'il rafraîchit l'air alors qu'il est encore nécessaire de réchauffer les Locaux. - Ouvrage de prise d'air et d'entrée du local technique centrale d'air - Prise d'air munie d'une grille verticale. La surface de la grille : environ 2 m² - Edicule maçonné duquel partent les 15 tuyaux rigides, en PVC ou en béton. - Le fond de l'édicule maçonné sera 30 à 40 cm plus bas que le dernier tuyau : aucune particule solide (type feuille, terre ;etc) n'entre dans les tuyaux. - Qualité de l'air préservée : pente montante 1/1000 : les débris éventuels restent en amont et la centrale d'air protégé. - En aval, un ouvrage maçonné du même type que l'ouvrage amont permet le regroupement de tous les tuyaux vers la centrale d'air.
localisation	Axe Nord-Sud au droit du local technique de ventilation
Emprise totale en largeur	4 m
confort d'été (et/ou) d'hiver	Essentiellement confort d'été
type de sol	10 cm de sable autour des tuyaux pour éviter la perforation
vitesse de l'air	Le jour: 3.5 m/s seulement La consommation électrique des ventilateurs divisée par 3 par rapport à une vitesse classique de 5m/s La nuit : débit double (7m/s) en période chaude pour un rafraîchissement nocturne
Mise en oeuvre	Durée : environ 15 jours
Débit	8500 m ³ /h
diamètre des tubes	200 mm
longueur des tubes	30 m
profondeur des tubes	3 nappes à 1 m, 1.5 m et 2m de profondeur
vitesse de l'air	5 m/s
matériaux	
Fonctionnement	- Puits canadien By-passer en mi-saison lorsqu'il rafraîchit l'air alors qu'il est encore nécessaire de réchauffer les locaux.

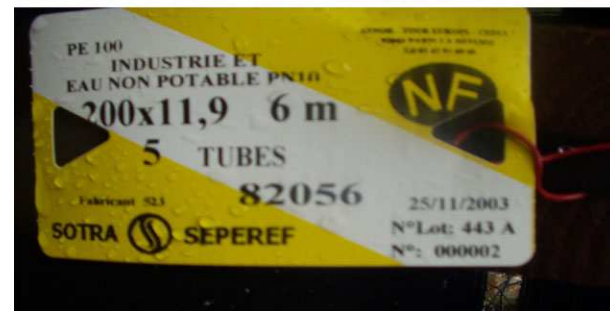
principe de disposition :



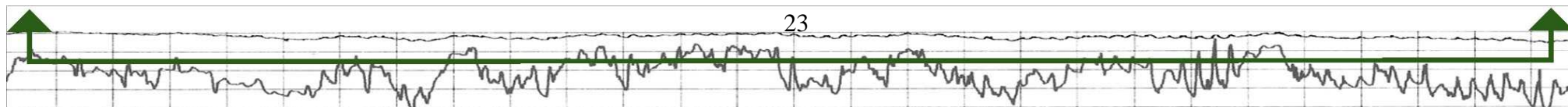
emprise totale en largeur 4 m
profondeur 3m

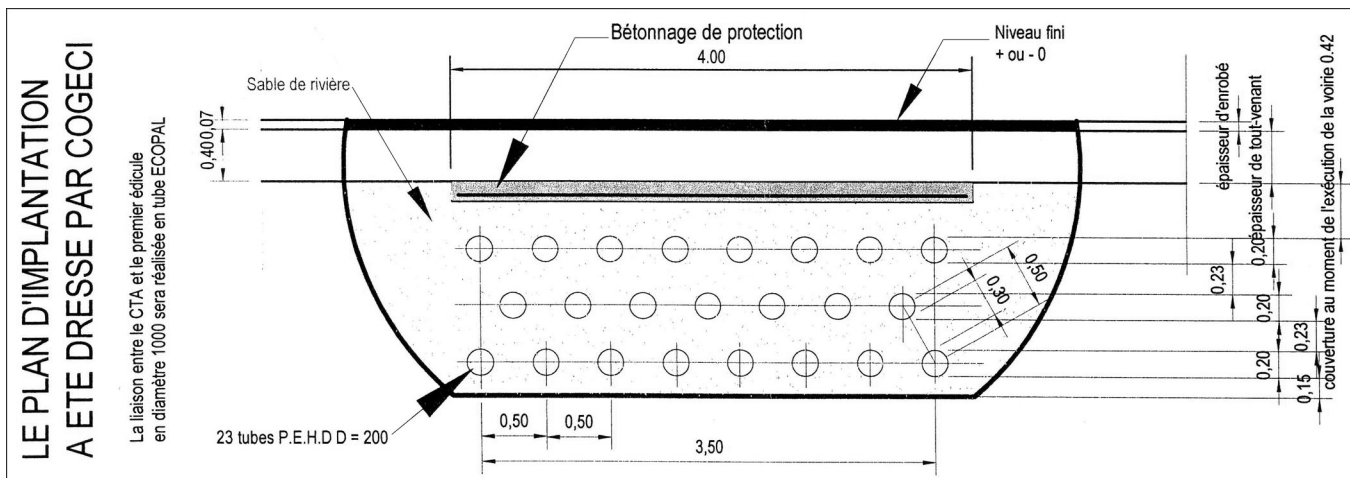
Source : Etamine

Projet	Restructuration et extension - Ecole de la Tour de Salvagny
Sujet d'étude	Analyse du descriptif
Source d'information	 Nicolas Molle – Bureau d'études HQE techniques et aérauliques
Description du puits	<ul style="list-style-type: none"> - 14 tuyaux disposés en 3 nappes (voir schéma ci-dessous) - Pour une qualité de l'air préservée : - Pente montante 1/100 - Le fond de l'ouvrage maçonné est à 2 cm plus bas que le dernier tuyau drain en point bas de la prise d'air - Prise d'air munie d'une grille verticale de surface 2.4 m² (2 grilles de 2m par 0.6m) avec un coefficient de passage de 0.6 : - Vitesse de l'air sur la grille limitée à 1.65 m/s - En aval, un plénum suivi d'une buse servent à collecter les différents tuyaux pour transfert vers la centrale de traitement d'air.
localisation	Axe Nord-Sud au droit du local technique de ventilation
emprise totale en largeur	4 m
confort d'été (et/ou) d'hiver	Essentiellement confort d'été
type de sol	Tuyaux enterrés dans le sable (granulosité fine et bonne conductivité)
Prise d'air	Le plénum d'entrée d'air : dimensions utiles en m (LxHxP) 5x2x0.6
vitesse de l'air	Le jour: réduite à 3 m/s : limitation de la perte de charge La nuit : débit double (7m/s) en période chaude pour un rafraîchissement nocturne
Mise en oeuvre	Durée : environ 15 jours
Débit	8000 m3/h
Entre-axe des tuyaux	Ecart de 50 cm
diamètre des tuyaux	200 mm
longueur des tuyaux	30 m
profondeur des tuyaux	3 nappes à 1 m, 1.5 m et 2m de profondeur
vitesse de l'air	5 m/s
matériaux	Les tuyaux sont lisses, en polyéthylène, soudés entre eux pour une bonne étanchéité
Outils de régulation	<ul style="list-style-type: none"> - Puits canadien By-passer en mi-saison lorsqu'il rafraîchit l'air alors qu'il est encore nécessaire de réchauffer les Locaux. - une sonde de température extérieure, - une sonde de température en sortie de puits, - une consigne de soufflage, - la valeur des sondes de température intérieure de toutes les salles On distingue 2 modes : occupation et inoccupation

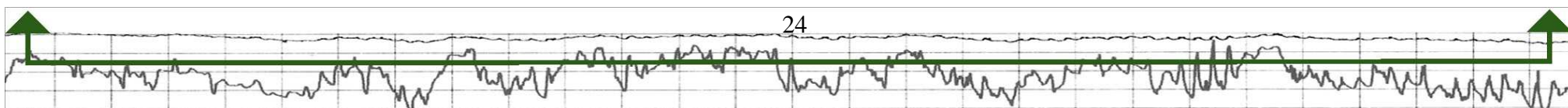


Source : Etamine et Ville de la Tour de Salvagny





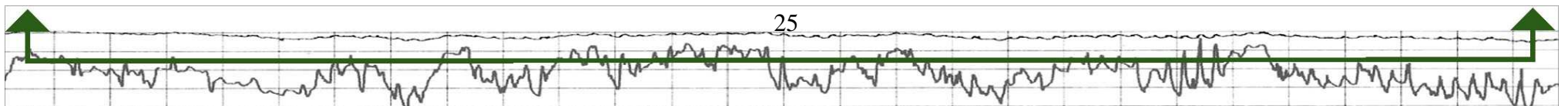
Source : Etamine et Ville de la Tour de Salvagny

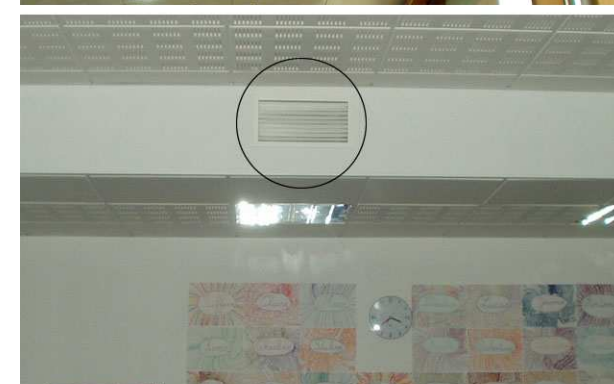
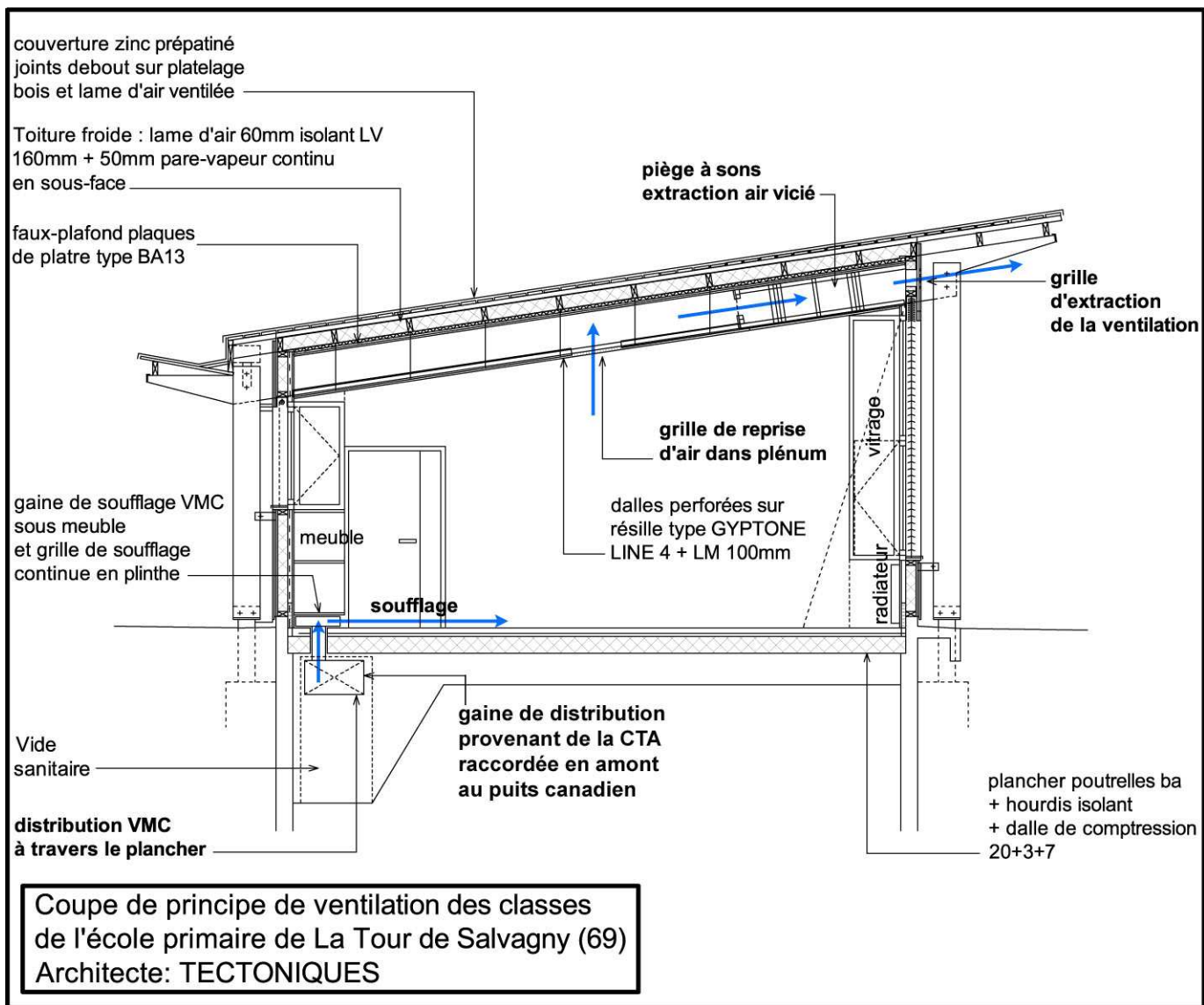


De la prise d'air au soufflage de la salle de classe

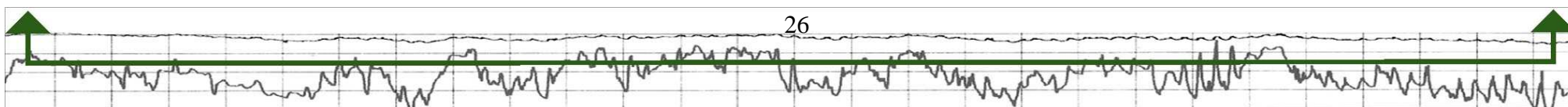


Source : Etamine et Ville de la Tour de Salvagny





Source : Etamine et Ville de la Tour de Salvagny

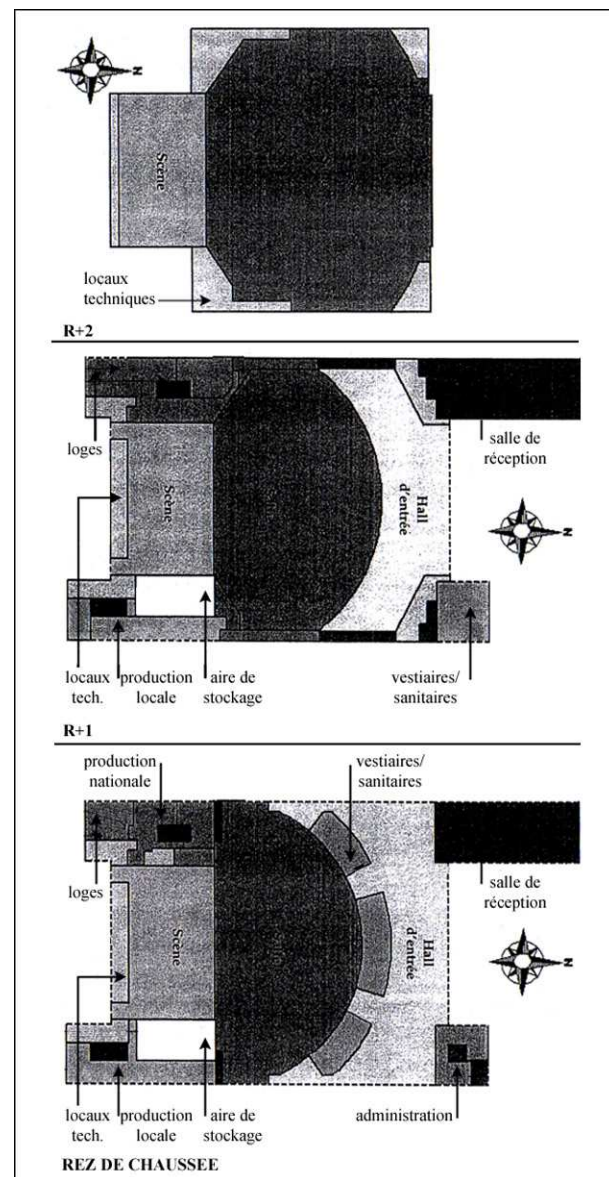





ETUDE DE CAS	
Projet	Zénith de Dijon – Construction d’une salle de spectacle à Dijon
Taille du projet	11 000 m ²
Source d’information	M. Appert Communauté de l’agglomération dijonnaise
Equipe	Chaix et Morel et associés – architectes
Calendrier	Inauguration Septembre 2005



Projet	Zénith de Dijon – Construction d'une salle de spectacle à Dijon
Sujet d'étude	Description du projet et de la galerie canadienne du zénith de Dijon
Auteur de l'étude	ALTO ingénierie : « étude énergétique pour le choix d'une solution de production performante » (les conclusions de cette étude : en annexe)
Outils utilisés pour l'étude	Simulations avec le logiciel CA-SIS développé à partir du logiciel TRNSYS
Source d'information	Communauté de l'agglomération dijonnaise
Programme	<ul style="list-style-type: none"> - Une salle de spectacle: capacité 7000 places - des loges - des zones de stockage - une partie administrative
Consigne de chauffage	<ul style="list-style-type: none"> - Pour la zone administrative : 22°C et en période d'inoccupation : 16°C - Pour les autres zones : 20°C et en période d'inoccupation : 14°C (P<48h) sinon : 8°C - Période de remise en température à 4h du mardi au vendredi et à 0h le lundi
Consigne de rafraîchissement	- Pour le hall, la scène et la salle : 25°C
Type de ventilation	Double flux pour la plupart des locaux
Débits de renouvellement	<ul style="list-style-type: none"> - Scène : 20 000 m³/h - Salle de spectacle : 120 000 m³/h - Hall d'entrée : 40 000 m³/h - Pour les autres locaux : en fonction de l'occupation
Description de la galerie canadienne	Taux de renouvellement global du bâtiment : 1.73 Vol/h
confort d'été (et/ou) d'hiver	4 canalisations circulaires
type de sol	Confort d'été et d'hiver
surface d'échange air/sol	Sol argileux
débit	2513 m ²
diamètre des canalisations	Débit qui transite dans les galeries : 140 000 m ³ /h
longueur des canalisations	2 m
profondeur des canalisations	100 m
matériaux	Partie supérieure 3m en dessous du sol
Coût prévisionnel du puits	Les tuyaux sont lisses, en polyéthylène, soudés entre eux pour une bonne étanchéité
commentaires	380 000 € HT
	Au sujet du puits canadien l'étude conclut : « La solution PAC+ puits permet l'obtention du confort toute l'année. » mais « ...il apparaît nécessaire d'optimiser le dimensionnement de ces canalisations »



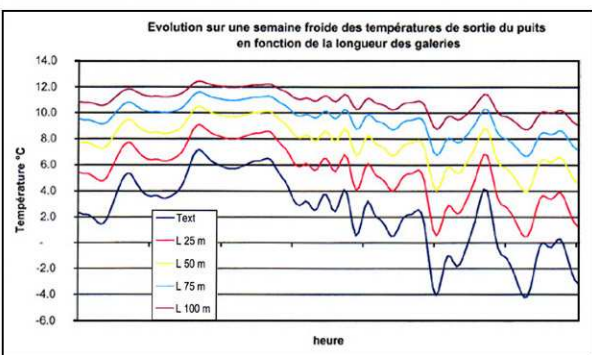
Source : Alto

Projet	Zénith de Dijon – Construction d’une salle de spectacle à Dijon
Sujet d’étude	Analyse du rapport intermédiaire « optimisation énergétique »
Auteur de l’étude	 TRIBU
Outils utilisés pour l’étude	Logiciel TRNSYS
Source d'information	Communauté de l’agglomération dijonnaise
Programme	- une salle de spectacle: capacité 7000 places - des loges - des zones de stockage - une partie administrative
Description de la galerie canadienne	4 canalisations circulaires
confort d’été (et/ou) d’hiver	Confort d’été et d’hiver
type de sol	Sol argileux -
surface d’échange air/sol	2513 m ²
diamètre des canalisations	2 m: donnée invariable pour des raisons de coûts : éléments préfabriqués
longueur des canalisations (voir schémas ci-contre)	100 m « ... Nous avons choisi 4 longueurs en accord avec les dimensions du terrain : 25, 50, 75 et 100 m. Cette dernière valeur correspond à la longueur du bâtiment... En hiver, pour des conditions extrêmes de température (-4°C), on constate un gain de 5°C pour un puits de 25 m alors qu'on atteint un gain de 13°C pour une galerie de 100 m... En été, la galerie de 100 m permet d'atteindre une température de sortie relativement stable par rapport à la température extérieure. Par contre, on constate qu'une galerie de 25 m a peu d'effet sur les températures dépassant 28°C. »
profondeur des canalisations	Partie supérieure 3m en dessous du sol (voir schéma sur page suivante)
vitesse de l’air	3 m/s (voir schéma sur page suivante)
matériaux	les tuyaux sont lisses, en polyéthylène, soudés entre eux pour une bonne étanchéité
commentaires	

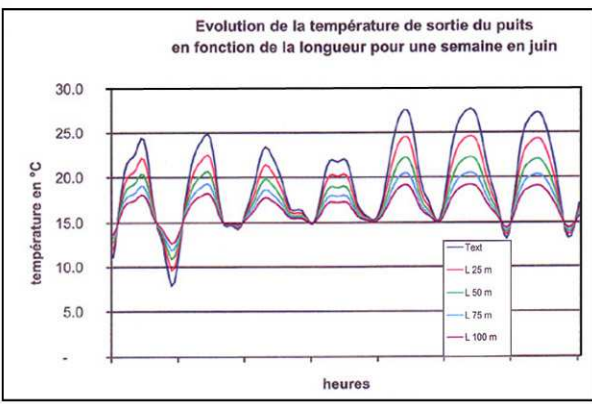
Influence de la longueur des galeries sur les performances des puits en hiver et en été

Température du sol	Constante : 15°C
Profondeur	Telle que la température du sol soit constante
Coefficient de l'échange air/sol	20,25 W/m ² K , valeur calculée pour un sol argileux
Vitesse de l'air	3 m/s
Longueur	Variable (de 25 à 100m)
Diamètre	2 m
Surface d'échange	Surface du cylindre

Résultats pour une semaine froide



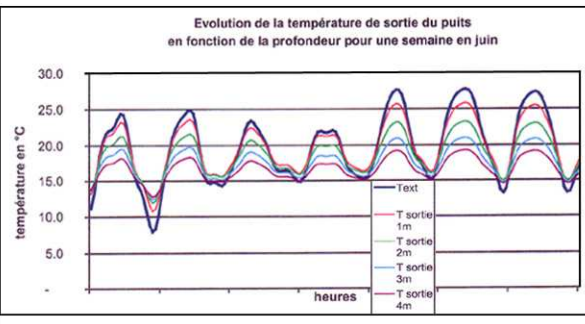
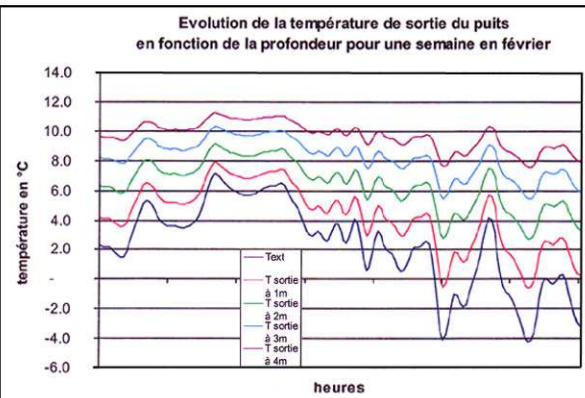
Résultats pour une semaine chaude



Source : Tribu

Influence de la profondeur des galeries sur les performances du puits en hiver et en été

Température du sol Voir paragraphe 5.1	Oscille autour de 14°C sur l'année. Les oscillations ont une amplitude qui est fonction de la profondeur
Profondeur	Variable (de 1 à 4 m)
Coefficient de l'échange air/sol	20,25 W/m ² K, valeur calculée pour un sol argileux
Vitesse de l'air	3 m/s
Longueur	100 m
Diamètre	2 m
Surface d'échange	Surface du cylindre



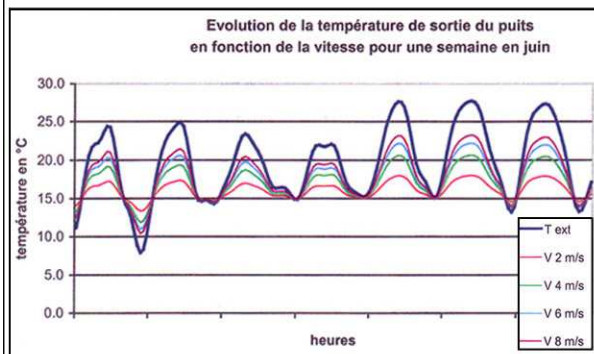
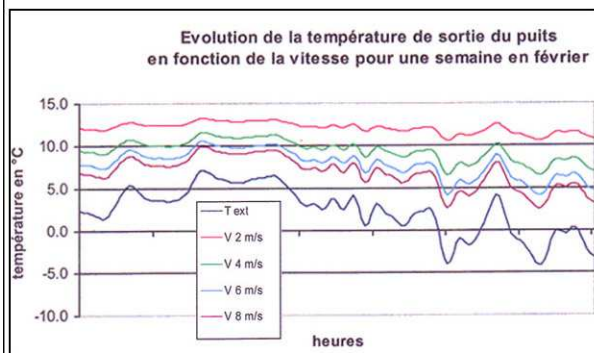
Source : Tribu

Projet	Zénith de Dijon – Construction d'une salle de spectacle à Dijon
Sujet d'étude	Analyse du rapport intermédiaire « optimisation énergétique » (suite)
Auteur de l'étude	TRIBU
Outils utilisés pour l'étude	Logiciel TRNSYS
Source d'information	Communauté de l'agglomération dijonnaise
Programme	Une salle de spectacle: capacité 7000 places
Description de la galerie canadienne	4 canalisations circulaires
longueur des galeries	100 m (voir schéma page précédente)
profondeur des galeries (voir ci-contre à gauche)	Partie supérieure 3m en dessous du sol « Plus on enterre profondément le puits, plus la température se stabilise et plus la capacité d'échange augmente. En particulier, quand on augmente la profondeur de 2 m à 3m, on a un gain sur les températures extrêmes d'environ 2°C (+2 en hiver et -2°C en été). Cette amélioration est substantielle et nous encourageons vivement une solution où la partie haute du puits serait à 3m. »
vitesse de l'air (voir ci-contre à droite)	3 m/s « Pour augmenter les échanges terre/air, la vitesse devrait être la plus faible possible, mais cette contrainte est dictée par les débits d'air hygiénique. Cependant, nous encourageons fortement à choisir une vitesse inférieure à 3 m/s. »

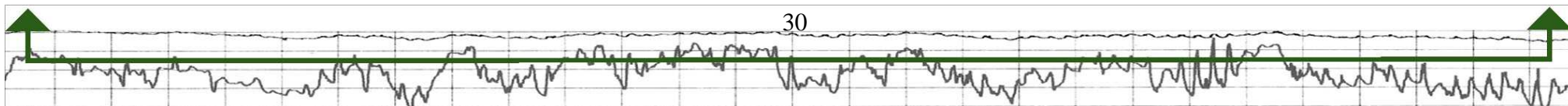
Influence de la vitesse des galeries sur les performances du puits en hiver et en été


Hypothèses :

Température du sol	Constante : 15°C
Profondeur	Telle que la température du sol soit constante
Coefficient de l'échange air/sol	Variable car dépend de la vitesse
Vitesse de l'air	Variable de 2 à 10m/s
Longueur	100 m
Diamètre	2 m
Surface d'échange	Surface du cylindre



Source : Tribu



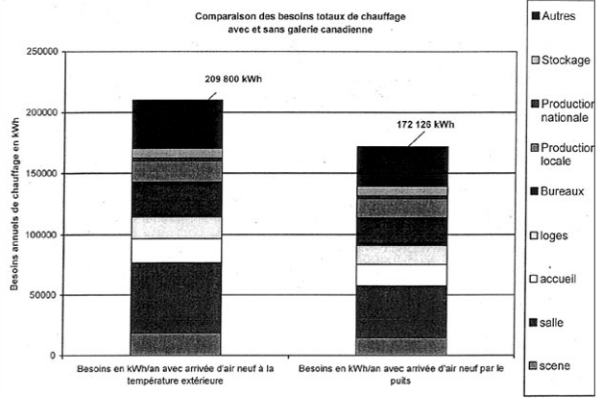
Projet	Zénith de Dijon – Construction d’une salle de spectacle à Dijon
Sujet d’étude	Analyse du rapport définitif : « optimisation énergétique »
Auteur de l’étude	 TRIBU
Outils utilisés pour l’étude	Logiciel TRNSYS
Source d’information	M. Appert – Communauté de l’agglomération dijonnaise
Programme	Une salle de spectacle: capacité 7000 places, des loges, des zones de stockage, une partie administrative
Type de ventilation	Double flux pour la plupart des locaux
Description du puits	4 canalisations circulaires
diamètre des galeries	2 m
longueur des galeries	100 m
profondeur des galeries	Partie supérieure 3m en dessous du sol
Vitesse de l’air	4m/s au maximum
Gain sur les besoins de chauffage	« Le puits permet de réduire les besoins de chauffage durant la saison de chauffe. Voici un tableau (ci-contre) qui permet de comparer les besoins en chauffage avec et sans puits canadien. Dans ces deux hypothèses, les consommations des auxiliaires, et notamment les auxiliaires de ventilation, sont considérés comme identiques. Les besoins de l’ensemble du bâtiment sans puits canadien sont de 209 800 kWh/an. Lorsque l’air neuf est amené par les galeries canadiennes, les besoins sont réduits à 172 126 kWh/an. Globalement, le puits permet de diminuer les besoins de 20% ... »

Paramètre	Scénario	Eclairage	
Occupation	Nous avons considéré deux types d’occupation dans ce bâtiment : * l’occupation de la zone administrative (1 personne pour 12 m2) * l’occupation de la salle de spectacles (7000 places) durant les semaines suivantes : semaines 1, 5, 7, 9 à 12, 14 à 16, 19, 47, 50 à 52 puis 9 représentations en juillet		Le scénario de fonctionnement de l’éclairage est identique à celui de l’occupation. Les ratios d’éclairage des différents locaux sont les suivants : * hall, bureaux, accueil, loges, production nationale et production locale : 15 W/m2. * scène : nous avons considéré environ 520 kW installés avec un taux de simultanéité de 50% et un taux d’utilisation de 60%, soit une puissance foisonnée de 78 kW
Horaires d’ouverture	Bureaux : de 8 à 12H et de 14 à 17H en occupation et de 7 à 8h, 12h 14H, 17 à 18H en occupation partielle et cela du lundi au vendredi. Salle de spectacles occupée de 20h à 23h. Occupation des locaux annexes négligeables du fait de leur utilisation intermittente (loges, hall, ...).	Consigne de chauffage	Zone administrative : 22°C en occupation, 16°C quand locaux vides Autres locaux : 20°C en occupation, 14 °C en période d’inoccupation inférieure à 48h, 8°C dans les autres cas
		Informatique et apports divers	Pour les bureaux, le scénario de fonctionnement de l’informatique est déterminé en fonction de l’occupation. On suppose que l’informatique fonctionne à 80% en période d’occupation (de 8h à 12h et de 14h à 18h), à 40% en période d’occupation partielle (de 12h à 14h et de 17h à 18h) et à 10% en période d’inoccupation. Nous supposons un poste informatique par personne pour les bureaux (ordinateurs, imprimantes et appareillages divers soit 150 W).

détail des gains de consommation par zone :

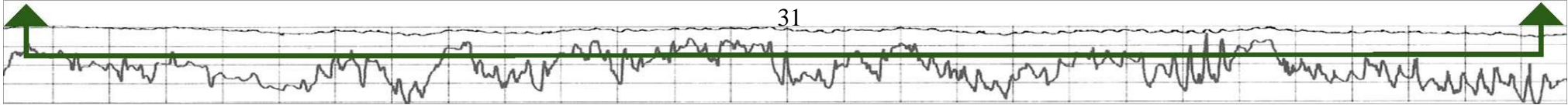
Local	Besoins en kWh/an avec arrivée d’air neuf à la température extérieure	Besoins en kWh/an avec arrivée d’air neuf par le puits	Gain sur les besoins
Scène	18540	14623	24 %
Salle	57890	42561	31 %
Accueil	20103	18095	11 %
Loges	17890	15624	14 %
Bureaux	28521	23105	21 %
Production locale	17252	15159	13 %
Production nationale	2503	2300	8 %
Stockage	7684	7500	2 %
Autres	39413	33159	17 %
Total	209799	172126	20 %


L’histogramme ci-dessous présente le cumul des consommations par zone dans les deux hypothèses.

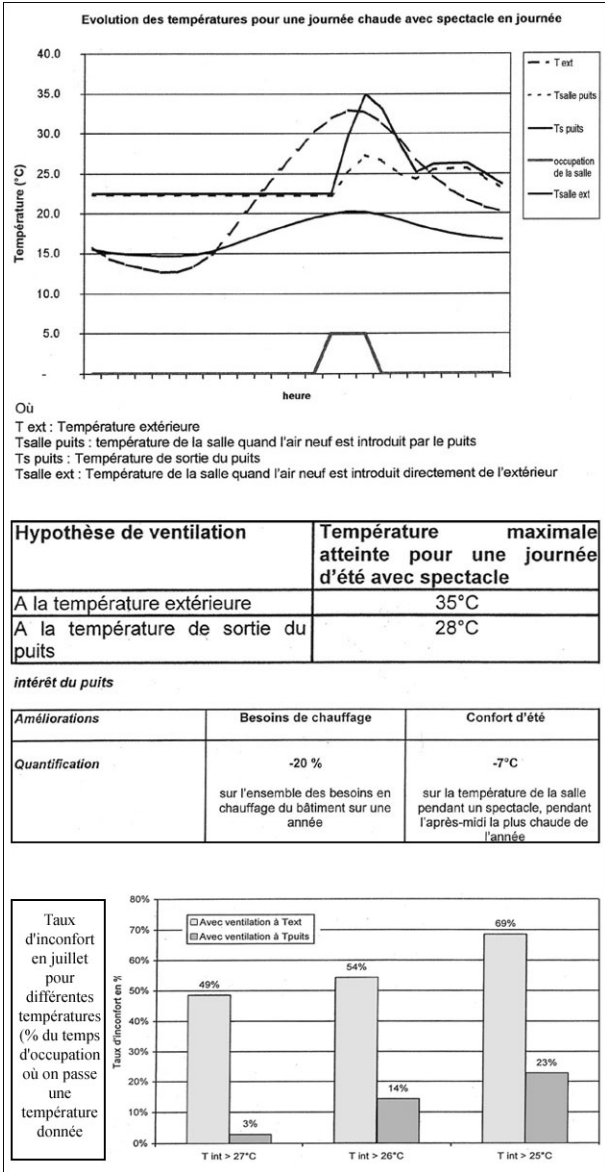


Récapitulatif :

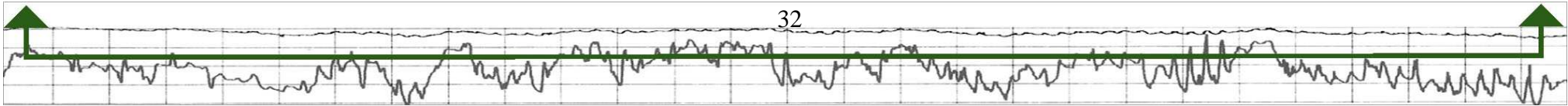
Hypothèse d’arrivée d’air neuf	Besoins en chauffage en kWh/an	Ecart en %
A la température extérieure	209 800	Réf
A la température de sortie du puits	172 126	-20%



Projet	Zénith de Dijon – Construction d’une salle de spectacle à Dijon
Sujet d’étude	Analyse du rapport définitif : « optimisation énergétique » (suite)
Auteur de l’étude	 TRIBU
Outils utilisés pour l’étude	Logiciel TRNSYS
Source d’information	M. Appert – Communauté de l’agglomération dijonnaise
Type de ventilation	Double flux pour la plupart des locaux
Description du puits	4 canalisations circulaires
Gain sur les besoins de chauffage	(voir page précédente)
	<p>« Le puits canadien permet donc de réduire les besoins et, par voie de conséquence, les consommations de chauffage. Il présente un autre intérêt, plus difficilement quantifiable mais non moins intéressant. Le puits peut être utilisé pour diminuer les problèmes d’inconfort dans la salle de spectacle, soumise à des charges thermiques importantes.</p> <p>Durant la période d’occupation, la température du puits est très inférieure à la température extérieure, c’est pourquoi la température de la salle est inférieure lorsqu’elle est ventilée via le puits. »</p> <p>« Le gain sur le confort d’été est obtenu grâce au puits canadien. Une donnée permet d’apprécier le gain sur le confort d’été procuré par le puits, il s’agit du taux d’inconfort de la salle.</p> <p>Nous rappelons que le taux d’inconfort est défini, pour cette étude, comme le % du temps d’occupation de la salle (au mois de juillet) où la température intérieure dépasse une température de confort d’été. Nous donnons ce taux d’inconfort pour trois valeurs de températures de confort : 25, 26 et 27°C.</p> <p>Le graphe (ci-contre) permet de comparer les performances de confort d’été entre une solution sans puits (l’air neuf est introduit à la température extérieure) et une solution avec puits.</p> <p>Les galeries canadiennes permettent de réduire l’inconfort :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de 94 % pour une température de confort de 27°C (on passe de 49% sans puits à 3 % de taux d’inconfort avec puits) - de 74 % pour une température de confort de 26°C - de 67 % pour une température de confort de 25°C <p>Le puits apporte donc une amélioration significative du confort d’été et permet de s’affranchir d’une installation de climatisation sans pour autant mettre en péril la qualité de l’ambiance dans la salle de spectacles pendant la saison chaude.</p> <p>Le puits canadien est le seul moyen non-énergivore d’assurer le confort d’été dans la salle de spectacle.</p>
Gain confort d’été	

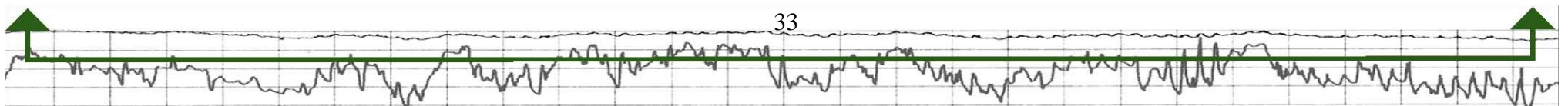


Source : Tribu





Source : Communauté Urbaine de Dijon



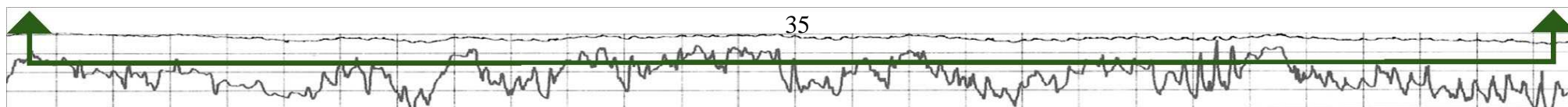
C_LES PROJETS DE LOGEMENTS

- 1_ L'étude d'Aldes
- 2_ L'expériences de B. Herzog
- 3_ La circulaire du CETE Lyon
- 4_ Les kits

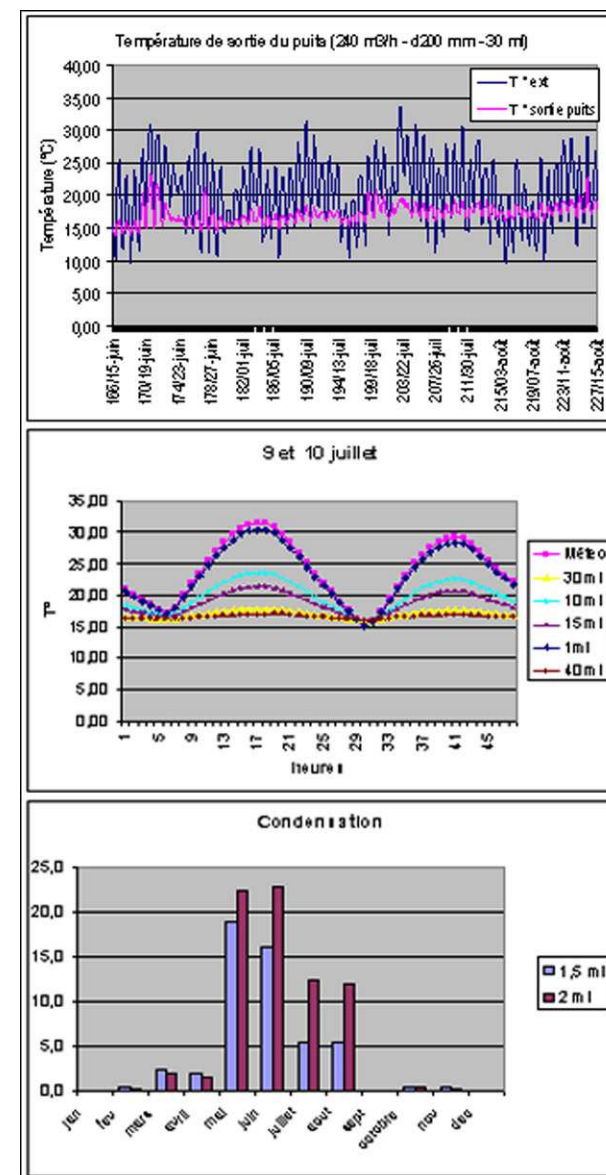
Projet	TEMPERATION® GEOTHERMIQUE l'air rafraîchit par le sol
Sujet d'étude	Système optimal en consommation par températion géothermique
Auteur de l'étude	ALDES
Outils utilisés pour l'étude	Pour la qualité de l'air : puits test pour une campagne de mesures Pour les performances thermiques : simulations
Source d'information	M. Chardon et M. Issert du groupe ALDES
Conversation téléphonique avec M. Chardon (Aldes)	<p>Le propos de cette étude est davantage d'évaluer la qualité de l'air à la sortie du puits enterré, que le calcul des performances thermiques fait par simulations.</p> <p>Il s'agit de s'attacher à l'évaluation des problèmes d'hygiène et d'étudier le système de distribution</p> <p>D'ailleurs pour des raisons sanitaires les responsables du projet partent du principe qu'il y a un échangeur à plaques à la sortie du puits de façon que l'air neuf provienne de l'extérieur et non pas du puits.</p> <p>En hiver lorsque l'habitation possède un échangeur double flux dont le rendement est 90% le puits canadien n'apporte pas de gain.</p> <p>Le puits canadien à un réel intérêt pour le confort d'été et permet la mise hors gel de l'habitation en hiver</p>
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - énergie renouvelable exploitée : fraîcheur du sol - consommation moyenne : 100 W - rafraîchissement ressenti : de 3 à 5°C dans le logement
Principe	<ul style="list-style-type: none"> - rafraîchissement de l'air neuf de ventilation par circulation dans un puits enterré - diffusion de l'air dans chaque pièce principale - mise hors gel et réduction des déperditions thermiques en hiver
Résultats	La température de l'air soufflé sera abaissée de 5 à 10°C, soit de 15 à 25 °C selon les cas. Les débits d'air neuf de ventilation vont de 20 à 60 m³/h par pièce. On obtient un rafraîchissement de 3 à 5 °C selon le climat et le type de puits enterré.
Description du système double flux	<p>La VMC double flux doit intégrer un by-pass de l'échangeur et fournir 2 débits de soufflage. Par rapport à une installation classique :</p> <p>tous les conduits véhiculant l'air neuf en dehors du volume rafraîchi/chauffé doivent être isolés.</p> <p>La prise d'air neuf de la VMC est raccordée à une vanne 3 voies connectée à une prise d'air extérieure d'une part et à l'arrivée du puits d'autre part.</p>
Composition du puits	<ul style="list-style-type: none"> - 1 prise d'air à l'abri des intempéries (pluie, neige), protégée par un grillage des feuilles mortes, des rongeurs, des insectes et équipée d'un système de filtration - 1 réseau diamètre 200 mm vertical puis horizontal avec une pente d'au moins 3% dans le sens de l'écoulement d'air - 1 manchon pour la traversée de mur - 1 dispositif d'évacuation des condensats vers l'égout avec siphon et clapet anti-retour



Source : Aldes

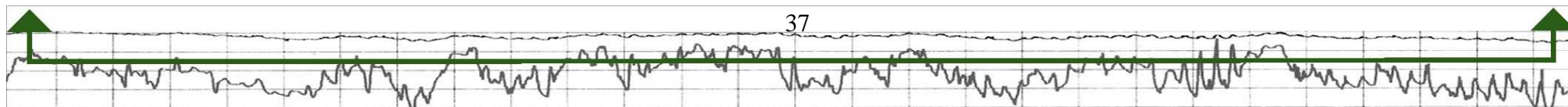


Projet	TEMPERATION® GEOTHERMIQUE l'air rafraîchit par le sol
Sujet d'étude	Système optimal en consommation par températion géothermique (suite)
Auteur de l'étude	ALDES
Outils utilisés pour l'étude	Pour la qualité de l'air : puits test pour une campagne de mesures Pour les performances thermiques : simulations
Source d'information	M. Chardon et M. Issert du groupe ALDES
Conception	Principaux critères pour une bonne efficacité
Confort d'été (et/ou) d'hiver	Confort d'été
type de conduit	La qualité de l'échange dépend de la conductivité du matériau utilisé
Distance minimum autour du conduit et surface de terrain	Pour éviter l'épuisement de la source de fraîcheur, le conduit doit être à 1 mètre minimum de tout obstacle (fondations, autre conduit, ...) et la surface du terrain doit être suffisante pour que la chaleur transmise au sol puisse être évacuée.
Quantité d'air neuf rafraîchit	L'utilisation du débit de pointe de ventilation assure un bon rafraîchissement en augmentant la puissance apportée par rapport au débit de base.
Distribution de l'air	L'utilisation d'une VMC pour distribuer l'air neuf permet de respecter le principe de balayage des pièces principales vers les pièces techniques et de rafraîchir ainsi l'ensemble du logement.
diamètre des canalisations	2 m
longueur du conduit	Un conduit long (minimum 30 mètres) permet d'obtenir un rafraîchissement plus important et d'annuler les variations de température de l'air en sortie de puits au cours de la journée.
profondeur du conduit	Une profondeur de 1,5 mètre minimum est nécessaire pour avoir une température du sol suffisamment fraîche.
Vitesse de l'air	Le diamètre du conduit est fixé à 200 mm pour rester sous la valeur de 3 m/s jusqu'à un débit de 240 m ³ /h, ce qui permet d'avoir un bon échange thermique et des pertes de charges réduites.
Qualité sanitaire de l'air	En attendant les résultats des études en cours visant à évaluer la qualité sanitaire de l'air en sortie d'un puits enterré, toutes dispositions doivent être prises pour limiter les risques, notamment <ul style="list-style-type: none"> - conduit rigide et lisse évitant la stagnation des condensats et permettant l'entretien - conduit à propriétés bactéricides - dispositif de by-pass du puits

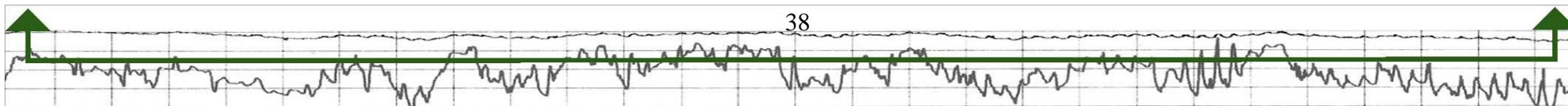



Source : Aldes

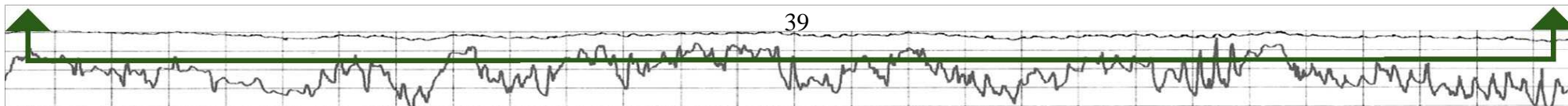
Projet	Une maison individuelle
Sujet d'étude	Une maison bioclimatique équipée d'un puits canadien
Source d'information	Bruno Herzog
Description du bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> - une construction bioclimatique en ossature bois - isolation en granulés de liège pour les murs (18 cm d'épaisseur), en laine de lin pour les combles (24 cm) - profit maximum des apports passifs du soleil - capteur solaire de 20 m² couplé à un ballon de 2000l pour le chauffage de la maison ainsi que l'eau chaude sanitaire - chaudière à plaquettes servant d'appoint - respiration des murs garantie par des matériaux tels que Fermacell, pare vapeur, liège, OSB et bardage en mélèze - étanchéité de l'ensemble soignée pour éviter les pertes d'énergies. - associée à une ventilation double flux pour assurer des échanges d'air et d'humidité réguliers et permanents
Débit de renouvellement	<ul style="list-style-type: none"> - volume de la maison est de 800 m³ environ, e - air renouvelé toutes les trois à quatre heures soit 240 m³/h de besoin d'apport d'air de l'extérieur.
Description du puits	
confort d'été (et/ou) d'hiver	Confort d'hiver et confort d'été
Fonctionnement en hiver	L'objectif est de réchauffer l'air avant qu'il n'entre dans la maison. Pour un échange thermique maximum, l'air devra circuler dans la gaine à une vitesse de 1 m/s environ.
Fonctionnement en été	L'objectif est de rafraîchir au maximum la maison en cas de forte chaleur. La maison bioclimatique a été conçue pour gérer au maximum l'apport passif du soleil par les baies vitrées et donc de créer des zones ombragées pour éviter un apport calorifique important en journée (store extérieur, plantation au sud...). Le puits canadien ne vient qu'en complément à toutes ces mesures. Pour un maximum d'efficacité, le débit de l'air devra être plus important pour renouveler l'ensemble de l'air de la maison toutes les deux heures.
Fonctionnement en inter-saisons	La température de confort se situe entre 18 et 22 °C et le système sera déconnecté en cas de besoin par un by-pass pour ne pas subir l'effet inverse pour cette période.
commentaires	



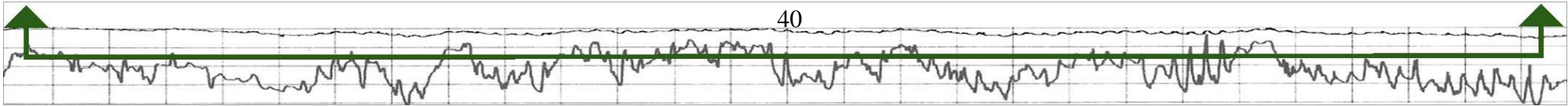
Projet	Une maison individuelle
Sujet d'étude	Une maison bioclimatique équipée d'un puits canadien (suite)
Source d'information	Bruno Herzog
Débit de renouvellement	<p>- volume de la maison est de 800 m³ environ</p> <p>- air renouvelé toutes les trois à quatre heures soit 240 m³/h de besoin d'apport d'air de l'extérieur.</p>
Etude avec le logiciel GAEA	<p>Le logiciel de simulation GAEA que l'on peut consulter sur internet (http://nesal.uni-siegen.de/), a été utilisé pour optimiser l'installation. Voici certains résultats :</p> <p>Constantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Volume de la maison 800 m³ 2) Température 20 °C 3) Température du By-pass 18°C et 25°C 4) 1 tuyau de 50 m, diam. 184 mm (int.), à 1,9 m de profondeur 5) Pour obtenir la somme des pertes de charge, il faut additionner la perte de charge propre à chaque élément du circuit (voir abaques du fournisseur en fonction du débit) <p>Pour un tuyau de 50 m de long avec un diamètre de 184 mm, pour un débit de 240 m³/h la perte de charge est de seulement 75,80 Pa. La puissance du ventilateur est d'autant plus élevée que le débit est important. Comme vous pouvez le constater, on passe de 8,42 W à 100 W avec un débit seulement trois fois supérieur. En fonction du débit, le réchauffement ou le refroidissement de l'air permettra de dégager un apport énergétique plus ou moins important. Mais cet apport se fera au détriment de la puissance du ventilateur. Il va falloir trouver le juste milieu entre un investissement plus important et un apport énergétique un peu inférieur.</p> <p>Étant donné que le ventilateur dispose souvent de deux vitesses, le choix d'un débit de 240 m³/h pour l'hiver et un débit de 400 m³/h l'été est l'option prise.</p> <p>Le logiciel permet également de simuler différentes autres solutions pour le choix des échangeurs ainsi que de simuler les aspects économiques de votre installation. La version « démo » est téléchargeable gratuitement et utilisable durant dix jours.</p> <p>Une fois de plus la nature nous apprend que tous les éléments dont nous avons besoin pour notre bien-être sont à portée de main.</p>
commentaires	



Projet	Circulaire provisoire
Sujet d'étude	Le puits canadien ou puits provençal
Source d'information	
Gestion passive de la température	Il facilite la gestion passive de la température d'un bâtiment tout au long de l'année. Pour cela, il puise l'énergie du sol dont la température à quelques mètres de profondeur reste relativement constante.
Description du puits	
Longueur du puits	Inférieur à 30 mètres Pour une longueur supérieure : création d'un réseau de conduit
Ecart entre les tuyaux	Distance : 5 fois le diamètre des tuyaux
Localisation du puits	Aux abords du bâtiment ou sous le bâtiment
Profondeur du puits	Puits canadien : entre 1.5 et 2.5 mètres Puits provençal : entre 1 et 1.5 mètres
Pente des canalisations	De 1 à 3% dans le sens d'écoulement de l'air pour évacuation des condensats d'été
Vitesse de l'air	En hiver : moyenne de 1m/s En été : autour de 3m/s En inter-saison : puits bi-passé sur prise direct
Ventilateur	Dimensionné en fonction du débit d'air à traiter
Résultats	En hiver : Air extérieur réchauffé à une température de 2 à 5°C maintien hors gel du bâtiment En été : air extérieur refroidi à une température située entre 15 et 20°C.
Critères à prendre en compte	<ul style="list-style-type: none"> - Pour le puits canadien, on recherche l'inertie saisonnière du sol pour le préchauffage permanent de l'air neuf sans accroissement des débits d'hygiène. - Pour un puits provençal, on recherche le déphasage journalier de la température extérieure et une production de froid par accroissement des débits pendant la journée. - localisation géographique du bâtiment - nature du sol - place disponible pour l'installation des conduits - bonne évaluation du débit d'air nécessaire en hiver et en été - type de ventilation installée (naturelle, simple-flux ou double-flux)
Fonctionnement en inter-saisons	La température de confort se situe entre 18 et 22 °C et le système sera déconnecté en cas de besoin par un by-pass pour ne pas subir l'effet inverse pour cette période.
commentaires	Compétition thermique entre un puits et les équipements de ventilation double-flux.



LES KITS



De plus en plus de fabricants proposent des kits sur mesure.
(Aéroplus, Canada-clim)

Puits canadien en kit

Spécialiste dans de nombreux domaines liés aux énergies renouvelables (aérothermie solaire, système autonome de brassage des eaux...), la société Aéroplus propose depuis le mois de juin, un puits canadien en kit. Tout droit venu d'Allemagne, ce système permet de réduire sa facture de chauffage l'hiver et de se passer de climatisation l'été. Pour en savoir plus, courez vite lire l'article p. 34.

Ce kit comprend un ventilateur, des tuyaux, des rehausses, des joints, des filtres, bref tout ce qu'il faut pour passer à l'action rapidement.

Prix : 3 530 euros HT, hors pose.

Aéroplus


21, route de Claireau

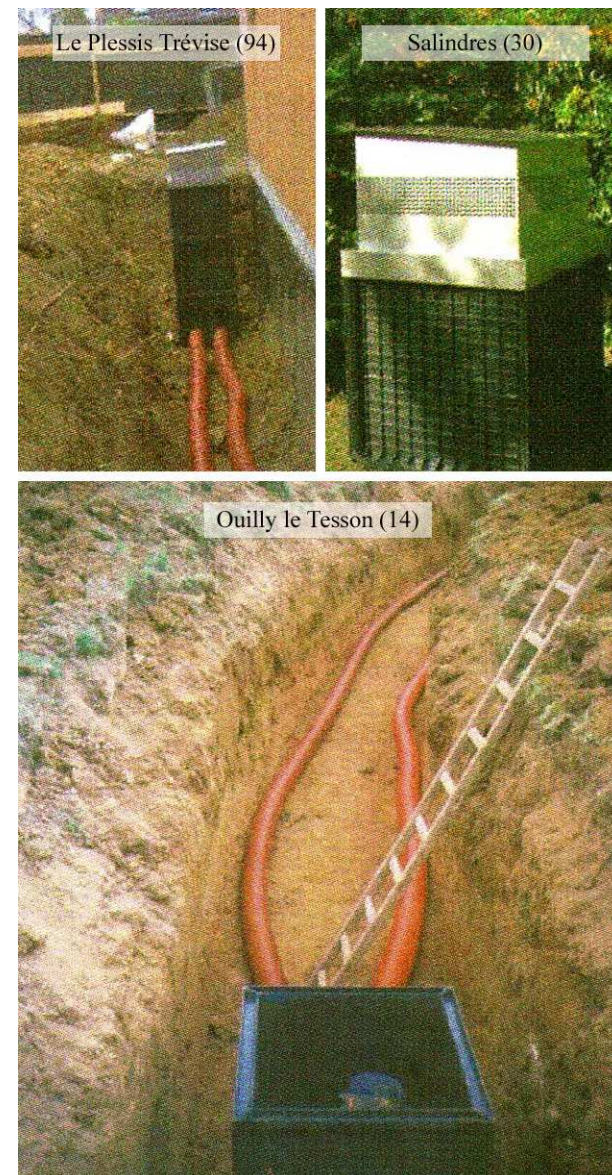
17600 Sablonceaux

Tél. : 05 46 94 85 11

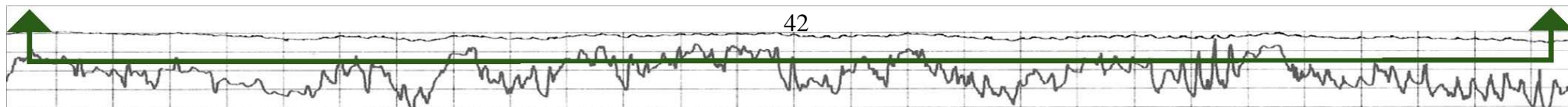



*Revue- La maison écologique, bimestriel n°22,
août-septembre 2004, article « puits canadien en kit », p6*

Projet	Kits de climatisation par puits canadiens
Sujet d'étude	Kits pour maison individuelle
Auteur de l'étude	 Canada-Clim : www.Canada-clim.com
Source d'information	M.Consigny au salon 2005 « bâtir sain », www.Canada-clim.com
Rôle du puits canadien	<ul style="list-style-type: none"> - Amortisseur thermique et hygrométrique pour un renouvellement d'air tempéré toute l'année - confort d'été: température de l'air à la sortie du puits entre 18 et 25°C pour une température extérieure de 25 à 35°C - confort d'hiver: économies d'énergie pour le chauffage
Fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> - prise d'air neuf par un regard équipé d'un filtre - circulation de l'air dans des canalisations étanches enterrées - air dirigé vers les pièces d'habitations par un ventilateur de faible puissance(100W) - air extrait par VMC ou par défaut d'étanchéité des menuiseries (maisons anciennes) - profondeur du conduit : au moins 1.5 mètres
Kits Canada-clim pour maisons individuelles	Etudiés pour les constructions individuelles en travaux neufs ou en réhabilitation
un regard initial d'entrée d'air	En polypropylène Hauteur totale comprise entre 1m80 et 2m40
un couvercle	Adapté au regard En inox étanche
des tubes	En polyéthylène double paroi sans raccord Longueur unitaire 25 ou 50 m (2 à 4 longueurs)
un regard de sortie	En polyéthylène avec couvercle inox, muni en option d'un clapet motorisé pour la ventilation nocturne. Dans tous les cas les regards sont visitables pour permettre la surveillance et le nettoyage des canalisations enterrées.
un ventilateur	Choisi en fonction des pertes de charge de l'installation
ou une centrale double flux	Avec possibilité de by-pass en été
type de conduit	La qualité de l'échange dépend de la conductivité du matériau utilisé

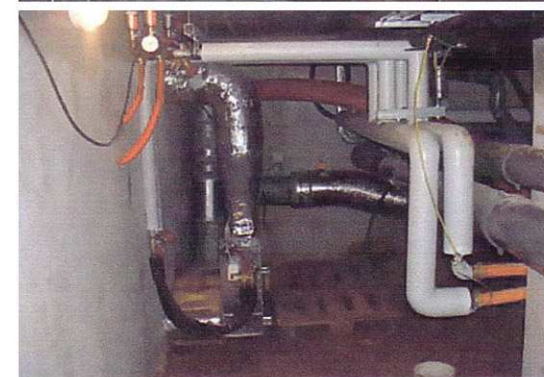


Source : Canada-Clim



Projet	Kits de climatisation par puits canadiens
Sujet d'étude	Kits pour immeuble collectif
Auteur de l'étude	 Canada-Clim
Source d'information	M.Consigny au salon 2005 « bâtir sain », www.Canada-clim.com
Rôle du puits canadien	<ul style="list-style-type: none"> - Amortisseur thermique et hygrométrique pour un renouvellement d'air tempéré toute année - confort d'été: température de l'air à la sortie du puits entre 18 et 25°C pour une température extérieure de 25 à 35°C - confort d'hiver: économies d'énergie pour le chauffage
Fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> - prise d'air neuf par un regard équipé d'un filtre - circulation de l'air dans des canalisations étanches enterrées - air dirigé vers les pièces d'habitations par un ventilateur de faible puissance(100W) - air extrait par VMC ou par défaut d'étanchéité des menuiseries (maisons anciennes) - profondeur du conduit : au moins 1.5 mètres
Kits Canada-clim pour maisons individuelles	Etudiés pour les constructions individuelles en travaux neufs ou en réhabilitation
un regard initial d'entrée d'air	En polypropylène Hauteur totale comprise entre 1m80 et 2m40
un couvercle	Adapté au regard En inox étanche
des tubes	En polyéthylène double paroi sans raccord Longueur unitaire 25 ou 50 m (2 à 4 longueurs)
un regard de sortie	En polyéthylène avec couvercle inox, muni en option d'un clapet motorisé pour ventilation nocturne. Dans tous les cas les regards sont visitables pour permettre la surveillance et le nettoyage des canalisations enterrées.
un ventilateur	Choisi en fonction des pertes de charge de l'installation
ou une centrale double flux	Avec possibilité de by-pass en été
type de conduit	La qualité de l'échange dépend de la conductivité du matériau utilisé

Résidences pour personnes âgées à Presles (95)



Source : Canada-Clim

CONCLUSION

Il existe quatre leviers pour améliorer le confort d'été dans le bâtiment : la protection solaire, la maîtrise des apports internes, l'inertie et la ventilation.

Le puits canadien ou provençal est une solution thermique dite passive, que l'on installe en amont du système de ventilation et qui se sert de l'inertie thermique du sol pour préchauffer ou refroidir l'air intérieur du bâtiment.

Il présente donc un grand intérêt pour les bâtiments qui n'ont pas d'inertie.

Il s'agit de mettre en place une stratégie énergétique car s'agissant du confort d'été ou d'hiver les dimensionnements ne sont pas les mêmes.

S'agit-il de bénéficier de l'inertie du sol toute l'année ou bien de remédier au problème de confort d'été rencontré dans le bâtiment ?

C'est difficile à dire tant les paramètres à prendre en compte sont nombreux.

Ceci étant, on peut considérer qu'en France, le problème lié au confort d'été est plus important que celui lié au confort d'hiver et ce pour plusieurs raisons :

D'une part, le rendement d'un puits canadien dépend de la différence de température entre l'air extérieur et le sol : plus elle est grande, plus le gain de degrés à la sortie sera grand. Or les jours de grand froid sont peu nombreux et le système de chauffage (indispensable) peut suffire à palier au problème.

D'autre part, en augmentant la profondeur de quelques mètres, on améliore le rendement hivernal, mais le prix du terrassement risque de devenir prohibitif, pour un gain limité lorsqu'il est mis en concurrence avec le rendement du récupérateur sur air vicié double flux.

Néanmoins, dans le cas de l'habitat entre autre la solution du puits canadien et provençal peut s'avérer être économique lorsqu'il n'y a pas d'échangeur double-flux....

De manière générale, le puits canadien peut réduire, à moindre coût, les besoins d'énergie d'un bâtiment tout au long de l'année, à condition qu'il soit intégré dès l'esquisse dans le processus d'élaboration du projet.

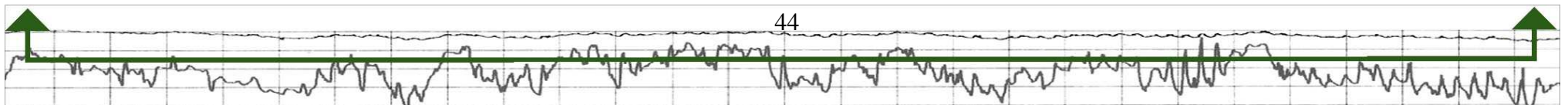
« La VMC, imposée par la législation pour évacuer l'humidité de votre maison, rejette de l'air chaud (et toute l'énergie contenue avec) à l'extérieur grâce à un moteur électrique. Mais, tout rejet d'air vicié implique son remplacement par de l'air venant de l'extérieur. À cette fin, des ouvertures artificielles (les ouïes d'aspiration dans les cadres de fenêtres), sont prévues pour permettre l'entrée d'air frais. Ces ouvertures sont autant de ponts thermiques superflus: en été, on réchauffe la maison, en hiver on chauffe inutilement le quartier. »

La maison écologique, bimestriel n°22, août-septembre 2004, p34 à 38, Bruno Herzog

Le puits canadien permet de concevoir un bâtiment étanche et donc de limiter les ponts thermiques.

Si le gain énergétique en hiver est partiel et ne sert qu'à préchauffer l'air, le puits provençal peut remplir entièrement son rôle à savoir éviter la climatisation en été. S'ajoute à cela une mise en œuvre plus facile et la mise hors gel en hiver.

La grande force du puits canadien réside dans sa simplicité, propice à l'auto construction, mais il est indispensable de prendre en compte tous les paramètres qui influent sur les performances thermiques, énergétiques et économiques de chaque projet.



Lorsque le projet est complexe il existe des méthodes de calcul pour le dimensionnement d'un puits canadien.

J'en ai pris connaissance, néanmoins ne les maîtrisant pas, je ne ferais que les citer :

_le logiciel TRNSYS

_ Le logiciel de simulation GAEA que l'on peut consulter sur internet (<http://nesal.uni-siegen.de/>).

_la méthode de calcul sur le pouce ainsi que le logiciel mis au point par Pierre Hollmuller

Il reste un grand potentiel d'investigation sur la technique du puits canadien et les personnes compétentes en la matière, s'accordent toutes pour dire que les retours d'expérience des années à venir seront instructifs.

D'ailleurs l'ADEME de bourgogne devrait recevoir dans le premier trimestre de cette année les résultats d'une campagne de mesures menée sur la galerie canadienne installée au zénith de Dijon.

Je souhaitais par ce mémoire apporter des réponses aux questions suivantes : (liste non exhaustive)

Quand faut-il installer un puits canadien ?

Quel type de sol est intéressant ?

Quel matériel utiliser et à quel prix ?

Quels sont les meilleurs matériaux ?

Quels sont les avantages du puits canadien ?

Quels sont les gains énergétiques, économiques?

Quel est le temps de mise en œuvre ?

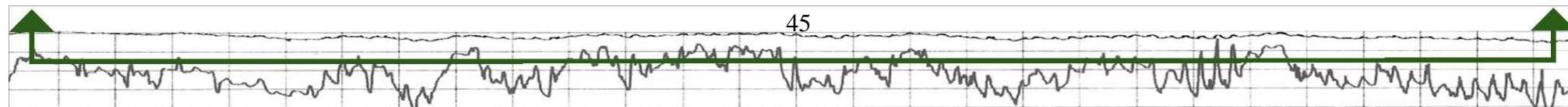
A quelle profondeur faut-il enterrer le puits ?

Quelle est la vitesse de l'air dans le tube?

Quels sont les problèmes de maintenance que l'on peut rencontrer ?

Quels sont les problèmes sanitaires que l'on peut rencontrer ?

Situé entre la documentation commerciale d'un fournisseur et les calculs d'un bureau d'étude, ce mémoire tend à démontrer que la technique du puits canadien ou provençal peut s'inscrire dans le cadre d'une démarche environnementale.



BIBLIOGRAPHIE

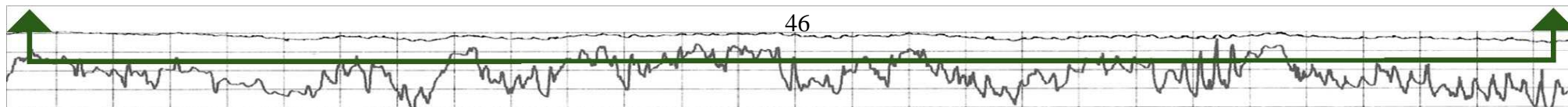
- *Architecture d'été. Construire pour le confort d'été*, Jean Louis Iazard, édition Edisud 1993
 - *Fraîcheur sans clim'*, Thierry Salomon et Claude Aubert, édition Terre vivante l'écologie pratique, 2004-2005
 - *Passive cooling of buildings*, editors M. Santamouris and D. Asimakopoulous, edition JamesXJames, 1996, ground cooling, p 306 à 405
 - Le guide de l'habitat sain, Drs Suzanne et Pierre Déoux, 2ème édition, Medieco éditions 2002-2004
 - [http: www.unige.ch/cyberdocuments/theses2002/HollmullerP/these_front.html](http://www.unige.ch/cyberdocuments/theses2002/HollmullerP/these_front.html)
- Thèse No 3357 de Pierre Hollmuller présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Genève
« Utilisation des échangeurs air/sol pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments »

REVUES

- La maison écologique, bimestriel n°22, août-septembre 2004, p34 à 38, Bruno Herzog
- La maison écologique, bimestriel n°10, août-septembre 2002, p28 à 30
- « Le puits canadien vous rafraîchira l'été », Nature et progrès n°27, janvier février 2001

SITES WEB

- helios.fr
 - paul.lueftung.net
 - www.Canada-clim.com
 - www.aeroplus.org
- site d'un bureau d'étude spécialisé en bâtiment bioclimatique
- www.ideemaison.com/construc/conf/pcanad.htm
- un chapitre entier consacré au principe du puits canadien
- www.herzog.nom.fr/html/modules.php?name=news&file=article&sit=32
- site abordant les puits canadiens
- www.ekopedia.org/puits_proven%C3%A7al
 - www.unige.ch/cyberdocuments/theses2002/HollmullerP/these_body.html
 - www.euronto.com/gredyco/phenomenes/puits_proven%E7al.htm



REMERCIEMENTS

Merci pour le temps accordé à mes requêtes et la rapidité des réponses.

Conseil municipal de la Tour de Salvagny_M. Munoz

M. Molle_Bureau d'étude HQE Etamine

M. Sarrion

M. Hamadou

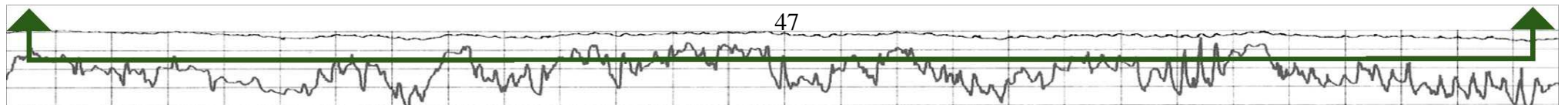
Sophie Brindel-beth_Architecte-ingénieur HQE

Tectoniques (Architectes)

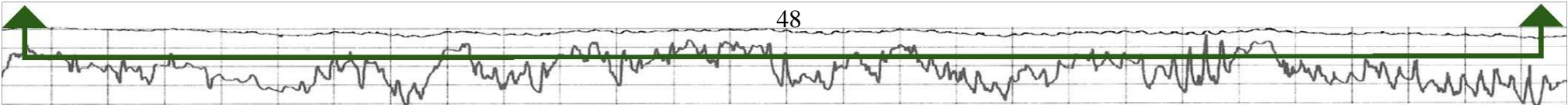
ADEME de Bourgogne_M. Sergent

Communauté urbaine de Dijon_M. Appert

Aldes_M. Chardon et M. Issert



ANNEXES



REPORTAGE PHOTOS DE BATIMENTS EQUIPES DE PUIITS CANADIEN VISITES LORS DU VOYAGE EN ALLEMAGNE, AUTRICHE ET SUISSE

Agence d'architecture de Hermann Kaufmann



Ecole écologique - Mäder



Maison passive avec façade textile



Solar fabrik - Freiburg

