

Les principes du puits canadien



I. Approche Technique	2
1. Puits canadien pour préserver l'énergie	2
2. Qu'est ce qu'un puits canadien, un puits provençal ?	2
3. Principes du puits canadien	3
4. Un habitat frais sans climatisation	5
II. Aspects Réglementaires	6
1. Energies renouvelables et réglementation thermique RT2005	6
2. Ventilation et qualité d'air intérieure	7
III. Regles Et Outils De Conception Et De Realisation	8
1. Règles de conception d'un puits canadien	8
2. Règles de pose des échangeurs tertiaires	12
3. Descriptif échangeurs d'air géothermiques	13
4. Exemple de réalisation commentée	15
5. Exemple de dimensionnement du collecteur géothermique	16
6. Quelques photos de réalisations de puits canadiens	17

I. Approche Technique

1. Puits canadien pour préserver l'énergie

Les logements et les bâtiments tertiaires sont à l'origine de 19% des émissions nationales de CO₂ et consomment 46% de l'énergie finale.
(Cf Plan Climat 2004)

L'objectif du **Plan Climat** est de permettre à la France de remplir ses engagements découlant du protocole de Kyoto. Ce plan est un accord international de réduction des émissions de gaz à effet de serre, produites par les activités humaines et à l'origine de la modification actuelle du réchauffement climatique.

Dans le secteur du bâtiment, il s'agit de **renforcer de 15% les économies d'énergie des constructions neuves** (réglementation thermique RT2005), qui intégreront pour la première fois une consommation maximale par m² et une obligation en terme d'énergie renouvelable.

Economies d'énergie, réduction des gaz à effet de serre, entraînent désormais de multiples **solutions d'amélioration** de la performance énergétique.

L'utilisation d'un échangeur air/sol est une bonne alternative d'une application géothermique : les calories du sol sont captées en hiver pour le préchauffage direct de l'air de ventilation et le sol est également utilisé en été pour sa fraîcheur qui est captée par l'air de ventilation.

Le **puits canadien** se présente comme une **solution intelligente et citoyenne de récupération d'énergie** sur le poste ventilation (dans l'habitat, la ventilation représente entre 20 et 30 % des déperditions, dans le tertiaire, ce chiffre peut être plus important) et de plus, en été, il permet un rafraîchissement naturel.

Réduire l'énergie pour notre chauffage en hiver, et apporter également un confort d'été naturellement sont désormais des comportements modernes qui participent au développement durable.

2. Qu'est ce qu'un puits canadien, un puits provençal ?

Le puits canadien est un système géothermique avant tout. Il consiste à utiliser l'inertie thermique du sol pour pré traiter l'air neuf de renouvellement d'air de la maison, des bureaux, de la construction.

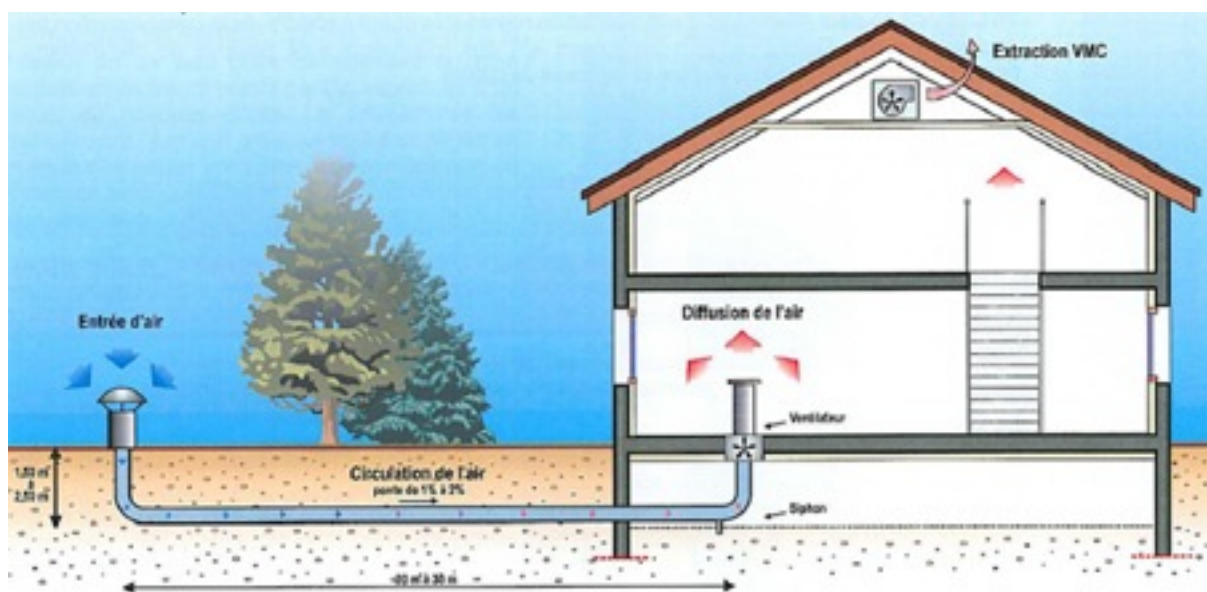
L'air extérieur en France de -20° à +35°C tout au long de l'année comparativement à la température du sol qui elle est d'une stabilité remarquable en moyenne autour de 12°C à quelques mètres de profondeur.

L'air extérieur circule via des canalisations enterrées, posées la plupart du temps lors de la construction, se réchauffe en hiver pour atteindre même par -15° une température de 2 à 5°C .

Les besoins de chauffage liés à la ventilation sont ainsi réduits et le maintien hors gel peut ainsi être naturellement assuré.

En été, de la même manière l'air passant dans les tubes enterrés récupère la fraîcheur du sol et l'introduit dans la maison ou l'immeuble de bureaux (applications tertiaires). Même par $+30^{\circ}\text{C}$ extérieur, l'air peut être ainsi introduit entre 15 et 20°C ! Dans ce cas, le puits canadien est appelé puits provençal.

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour garantir un bon fonctionnement du puits canadien.



Coupe longitudinale sur l'installation d'un puits canadien

Source CETE

3. Principes du puits canadien

3.1 Principe de fonctionnement

En saison froide :

Préchauffage de l'air frais extérieur jusqu'à 14°C . L'air extérieur est introduit à une température supérieure à 0°C , le risque de dégivrage est pratiquement nul.

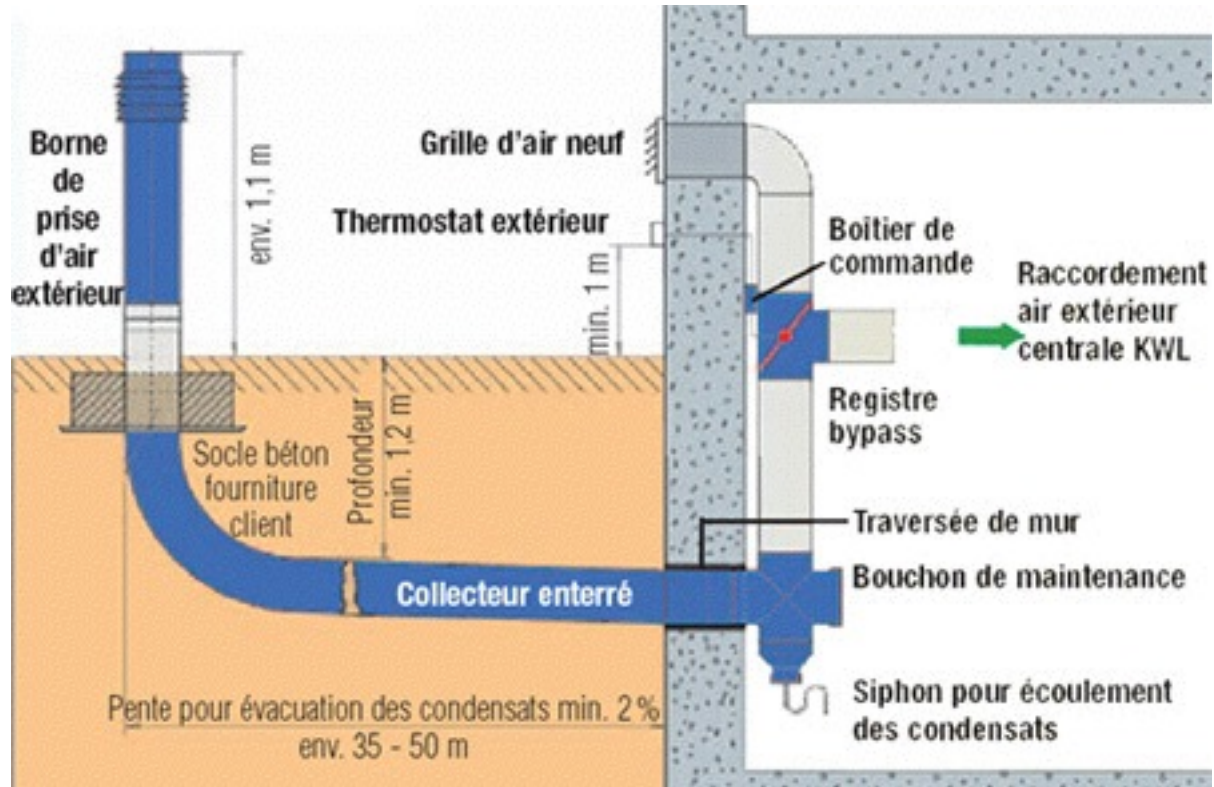
Afin de produire encore plus d'économies d'énergie, il est introduit via un caisson de ventilation double flux à récupération sur l'air extrait. Il en résulte un meilleur rendement de l'échangeur et une plus haute température de soufflage. Le réchauffage de l'air neuf est limité aux périodes de très basses températures.

En saison chaude :

L'échangeur d'air géothermique rafraîchit l'air extérieur, entraînant ainsi une sensation de fraîcheur dans la pièce.

En périodes intermédiaires :

L'amenée d'air neuf passe soit par le collecteur enterré soit par la prise d'air directe, en fonction de la température extérieure. La commande est automatique par thermostat ou manuelle.



3.2 Principe d'installation d'un puits canadien

Afin d'obtenir un bon rendement d'échange thermique, le collecteur doit être enterré à une profondeur minimum de 1,20 mètres. A cette profondeur, la température du sous-sol reste à peu près constante toute l'année. Pour bénéficier d'une température de sous-sol plus importante et gagner en constance, il faut enfouir le collecteur plus profondément.

Lors de l'enfouissement, respecter une pente pour l'évacuation des condensats d'au moins 2%.

Pour favoriser l'échange thermique, la vitesse de passage de l'air dans le tube ne doit pas dépasser 2,5m/s. Respecter une distance minimum de 1 mètre entre les collecteurs si le réseau est divisé en tronçons parallèles.

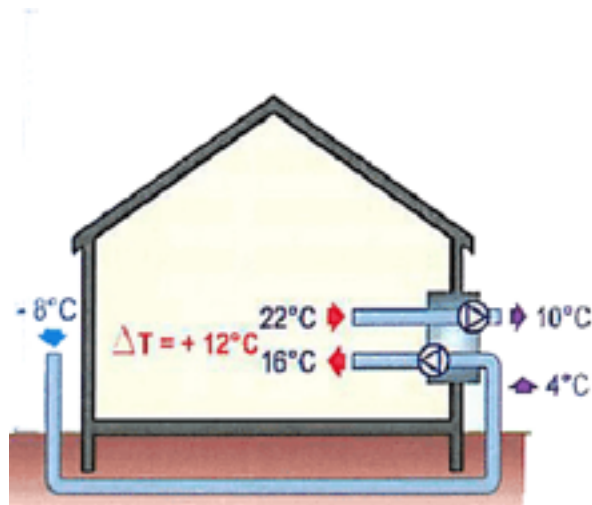
Afin de réduire les pertes de charges, il est recommandé d'avoir un rayon de courbure d'au moins 50 cm.

3.3 Puits canadien et VMC double-flux

EN HIVER

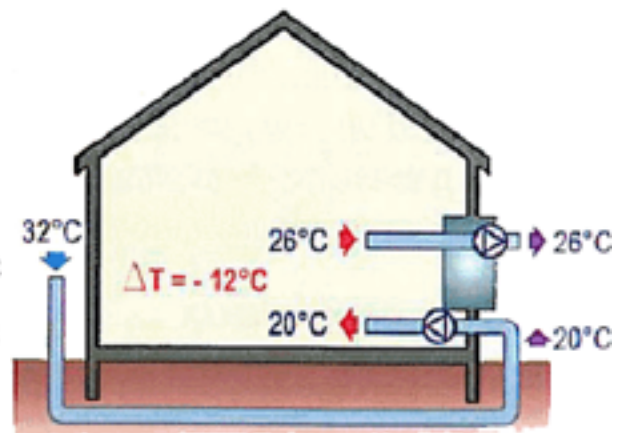
En hiver, l'air est pré-chauffé naturellement en captant la chaleur du sol et est introduit à une température supérieure à 0°C; sur le schéma à + 4°C.

Afin de produire plus d'économies d'énergie, il est introduit via un caisson de ventilation VMC double-flux qui récupère les calories de l'air extrait.



EN ÉTÉ

En été, l'air est rafraîchi naturellement en captant les frigidités du sol et rentre dans la maison ou l'immeuble à 20°C (dans l'exemple ci-dessous). Il est nécessaire de bipasser le récupérateur d'échange sur le caisson VMC afin d'introduire en direct l'air frais.



4. Un habitat frais sans climatisation

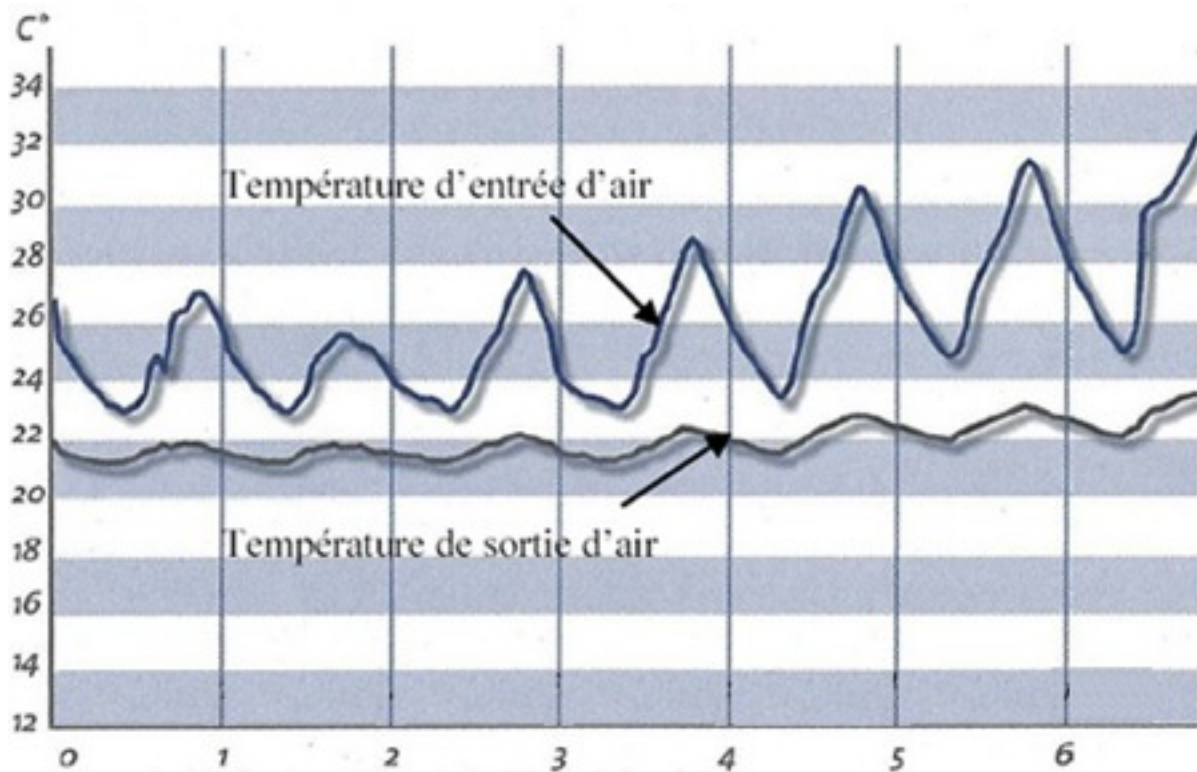
Le puits canadien appelé puits provençal en été, est particulièrement bien adapté dans les régions de fortes chaleurs dès que la température est voisine de 30°C.

Les avantages, eu égard à la nouvelle réglementation thermique RT2005, des énergies renouvelables et la valorisation du rafraîchissement naturel sont certains :

- **Economiques** : faible consommation électrique.
- **Ecologiques** : les puits canadien n'utilisent pas de fluides frigorigènes, ni de compresseur et consomme peu d'électricité.
- **La performance** : les coefficients de performance peuvent atteindre des valeurs entre 10 et 20 (contre 2 à 4 pour des climatisations classiques).
- **La maintenance** est restreinte.
- **L'investissement** est en fait reporté sur l'enfouissement des puits dans le sol.
- **Coût énergétique** : très faible par rapport à une climatisation classique.
- **Coût de maintenance** : très faible par rapport à une climatisation classique.
- **Intégration possible** avec d'autres systèmes de climatisation.
- **Association** avec une machine frigorifique de puissance réduite pour écrêter les pointes.

Le graphique ci-dessous permet de mesurer à quel niveau de température l'air est introduit en plein été nuit comme jour autour de 21°C.

Variations de température de l'air à l'entrée et à la sortie d'un puits provençal sur 9 jours en juillet à Toulouse



Temps écoulé (en jours) depuis le début de la période
Source du graphique "Fraîcheur sans clim" Thierry Salomon

II. Aspects Réglementaires

1. Energies renouvelables et réglementation thermique RT2005

La RT 2005 est située dans le cadre de la directive européenne « performance énergétique des bâtiments » de janvier 2003. Bien que son architecture générale ne s'éloigne pas de celle la RT 2000, la RT 2005 s'inscrit dans une démarche plus globale que celle-ci. Elle franchit un nouveau pas vers les objectifs à long terme, consistant à réduire de 75% les consommations énergétiques à l'horizon 2050. La RT 2005 s'insère donc dans un contexte de renforcement général des performances, avec un **objectif d'amélioration de 15% des performances des constructions neuves** : par exemple, disparition progressive des droits à déperdition pour les ponts thermiques.

Le coefficient **Cep** du bâtiment, exprimé en kWh d'énergie primaire par m² de SHON, devra être inférieur à un Cep de référence, mais aussi à un Cep max, coefficient maximal

Pour le bien être des habitants et préserver le bâti, une ventilation mécanique contrôlée est indispensable.

Plus important encore, les centrales double-flux permettent de créer une atmosphère saine et agréable dans les logements modernes sur-isolés et étanches ainsi que dans les appartements pollués des villes.

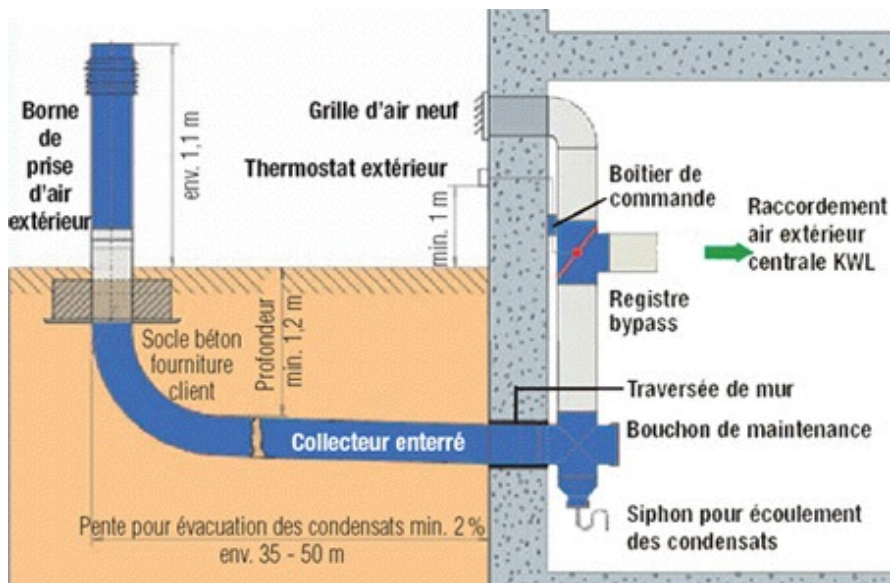
Des études ont montré que les personnes vivant dans des espaces clos et mal ventilés souffrent fréquemment de maux de tête et d'allergies diverses. Sachant que nous passons 90% de notre temps dans des lieux fermés, il est indispensable de préserver la qualité de l'air que nous respirons.

III. Regles Et Outils De Conception Et De Realisation

1. Règles de conception d'un puits canadien

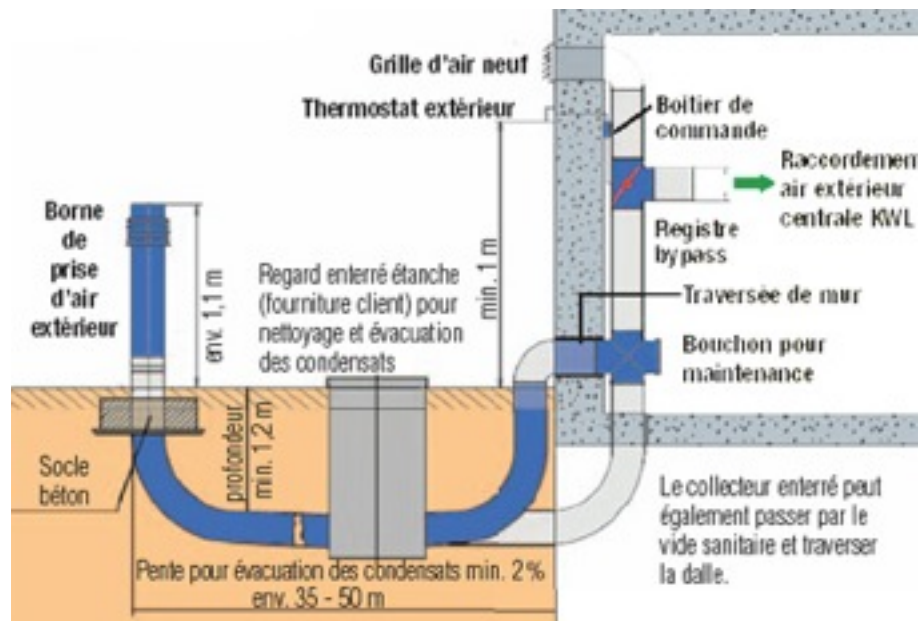
1.1 Installation en bâtiment avec ou sans sous-sol

RAPPEL DU PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



Plan de principe pour installation en bâtiments avec sous-sol

Le collecteur enterré débouche en pente douce dans le sous-sol du bâtiment en traversant le mur extérieur.



Plan de principe pour installation en bâtiments sans sous-sol

La traversée de mur est hors-sol. Pour la maintenance, prévoir un regard étanche avec pompe de relevage des condensats (fourniture client).

En saison froide :

Préchauffage de l'air frais extérieur jusqu'à 14°C. L'air extérieur est introduit à une température supérieure à 0°C, le risque de dégivrage est pratiquement nul. Afin de produire encore plus d'économies d'énergie, il est introduit via un caisson de ventilation double flux à récupération sur l'air extrait. Il en résulte un meilleur rendement de l'échangeur et une plus haute température de soufflage. Le réchauffage de l'air neuf est limité aux périodes de très basses températures.

En saison chaude :

L'échangeur d'air géothermique rafraîchit l'air extérieur, entraînant ainsi une sensation de fraîcheur dans la pièce.

En périodes intermédiaires :

L'amenée d'air neuf passe soit par le collecteur enterré soit par la prise d'air directe, en fonction de la température extérieure. La commande est automatique par thermostat ou manuelle.

1.2 Collecteur géothermique

MATERIAUX ET UTILISATION

Le collecteur doit être en polyéthylène co-extrudé de qualité alimentaire. La traversée de mur également en polypropylène, avec revêtement extérieur granuleux. Les joints d'étanchéité de la traversée de mur et de la borne de prise d'air sont en élastomère. Le collecteur est flexible, annelé à l'extérieur et lisse à l'intérieur, livré en 2 couronnes de 25 mètres (Avantages: faible résistance au passage de l'air, dépôts de poussières moins importants, nettoyage facilité). Le collecteur géothermique est spécialement étudié pour être enterré (SN 6 selon EN ISO 9969).

Cette notice s'applique aux installations enterrées et se base sur la norme DIN-EN 50086-2-4, Systèmes de conduits pour installations électriques, parties 2-4: "Règles particulières pour les systèmes de conduits enterrés dans le sol".



CALCUL STATIQUE POUR LE COLLECTEUR GEOTHERMIQUE

La pose des échangeurs géothermiques EWT ne nécessite pas de calcul statique sous réserve des conditions suivantes:

- Hauteur de remblayage minimum de 1,20 m sous chaussée ou charge mobile SLW 60 selon DIN 1072;
- Hauteur de remblayage maximum: 6,00 m. Pour des recouvrements plus importants, il est nécessaire de calculer les coefficients de déformation et de tension du tuyau. Le remblayage des tranchées doit être réalisé dans les règles de l'art.
- Matériau de remblayage: sable 0/4 mm;
- Conditions de remblayage: B1 ou B4 ainsi que A1 et A4 suivant ATV A 127 paragraphes 6.2 et 5.2. Si ces conditions ne sont pas remplies, prévoir un calcul statique (par ex. ATV-Arbeitsblatt A 127 E, édition 1998).

ATTENTION: Avant l'installation du collecteur, prendre les mesures nécessaires sur le chantier pour éviter les eaux stagnantes. De plus, il est conseillé de rendre les raccords étanches afin d'éviter les infiltrations d'eau.

SUPPORTAGE ET REMBLAYAGE DU COLLECTEUR

Le supportage et le remblayage du collecteur EWT doivent être réalisés avec le plus grand soin afin de limiter le risque d'affaissement du conduit flexible et de garantir une efficacité et une longue durée de vie de l'échangeur. Le respect de la norme DIN EN 1610: 1997 (voir également la norme DIN 4033) définissant la mise en oeuvre et l'essai des branchements et collecteurs d'assainissement s'impose. Conformément à cette norme, paragraphe 7, le collecteur devra être posé sur un lit de sable épaisseur minimum 10 cm (ou plus si nécessaire).

Le lit de sable devra être compacté à une densité Proctor normale de 95 %. En cas de présence d'eau souterraine ou de nappe phréatique, il faudra veiller à la stabilité du remblai et surtout éviter son délitement.

POSE

Vérifier avant la pose si les tuyaux n'ont pas été abîmés pendant le transport.

L'installation des tuyaux doit se faire selon DIN EN 1610 paragraphe 8. Le collecteur géothermique Helios est flexible sur sa longueur. Un lit de sable propre, compacté et ayant

une pente régulière est la base nécessaire pour un fonctionnement optimal. Le ou les collecteurs devront être positionnés sur ce support et reposer de toute leur longueur en évitant tout risque de poinçonnage. Le remblaiement de la zone d'échange (depuis le fond de la tranchée jusqu'à 30 cm au-dessus du tube

1.3 Borne de prise d'air avec filtre



DOMAINE D'UTILISATION

L'aspiration de l'air extérieur se fait par une borne de prise d'air avec filtre à poche intégré classe G3. La borne de prise d'air extérieur est en acier inoxydable. Un filtre à poche de classe G3 est intégré dans la borne de prise d'air, évitant la pénétration de volatiles, insectes et impuretés.

MONTAGE

Le diamètre intérieur du tube est prévu pour l'emboîtement du collecteur géothermique avec les joints d'étanchéité. Sceller le tube à encastrer à environ 20 – 25 cm de profondeur. Selon la nature du sol, la borne peut être fixée sur une dalle béton ou maintenue en place par des pavés posés sur la bride. Emboîter le collecteur géothermique (avec joint d'étanchéité) et le faire dépasser d'environ 10 – 15 cm au dessus du sol dans le tube à encastrer. Le capuchon à lamelles et la borne de prise d'air sont emboîtés. Le capuchon à lamelles peut être retiré de la borne de prise d'air sans outil, par ex. pour changer le filtre à poche.

PERTES DE CHARGE

Selon la pollution de l'air, le filtre s'encrasse plus ou moins vite. Les filtres produisent une résistance au passage de l'air, qui augmente avec l'encrassement, réduisant les performances du ventilateur.

La perte de charge "filtre propre" est donnée sur le diagramme ci-contre en fonction du débit d'air. Lors de la sélection du ventilateur, il faut tenir compte de cette valeur et ajouter une majoration pour l'encrassement du filtre.

NETTOYAGE

Retirer le capuchon à lamelles (sans outil), ôter le filtre à poche. Enlever le joint de fixation et sortir le filtre à poche. Epousseter le filtre ou le laver à l'eau savonneuse. Remettre le filtre en position et le replacer dans la borne. Remboîter le capuchon à lamelles sur la borne de prise d'air; Veiller à l'étanchéité à l'air. Si le filtre est abîmé après plusieurs nettoyages, il est nécessaire de le changer.

2. Règles de pose des échangeurs tertiaires

En l'absence de norme spécifique pour les échangeurs d'air géothermiques, leur mise en oeuvre pourra être réalisée conformément au fascicule 70 du cahier des clauses techniques générales (CCTG), à la norme NF EN 1610 et dans tous les cas selon les règles de l'art (voir notice Helios N° 91 616).

Terrassement et pose

En l'absence de norme spécifique pour le terrassement, on pourra se référer au DTU 12 ainsi qu'aux normes NF-P 94 et NF-P 98-331.

Pour la réalisation d'une tranchée grande largeur destinée à recevoir l'échangeur d'air géothermique, on procédera à une fouille en grande masse, profondeur 1,5 m à 3,50 m fond de fouille. La terre végétale sera décapée et mise soigneusement de côté. On l'utilisera pour le remblayage autour et au dessus des canalisations.

Le reste de terre sera stocké à proximité et réemployé pour le remblaiement de la tranchée. Avant la pose des canalisations, on procédera au réglage du fond de fouille avec élimination des points durs et compactage. Une pente de 2% sera respectée pour l'écoulement des condensats vers un siphon ou un regard placé au point bas du réseau.



Les tubes devront être posés sur un fond de fouille stabilisé dans 10-15 cm de sable fin 0-4 mm (\geq DN 250 = 0-8 mm) et compacté. Ils devront être bloqués sur toute leur longueur, à gauche et à droite, avec du sable tassé à la main, au compacteur léger ou avec une plaque vibrante.

Pour l'assemblage des tubes, positionner le joint dans la deuxième rainure, repérer la profondeur d'emboîtement du manchon, lubrifier le joint et l'intérieur du manchon puis emboîter à la main ou à l'aide d'une barre à mine en prenant soin d'intercaler une cale en bois pour protéger le tube.



Remblaiement et compactage

Recouvrir les canalisations de 30 cm de sable 0-4 mm (\geq DN 250 = 0-8 mm) puis détremper au jet et tasser au compacteur léger ou avec une plaque vibrante. Faire de même avec la terre végétale puis avec la terre excavée. A partir de 1 m de terre en recouvrement, il est possible de compacter avec des machines lourdes du type rouleau compacteur.

Le rendement d'un échangeur d'air géothermique dépend en grande partie du bon compactage et de la nature du remblai. Ne pas hésiter à détremper au jet pour solidariser le tube avec son entourage et ce quel que soit le type de sol.

La pose des échangeurs d'air géothermiques ne nécessitent pas de calcul statique sous réserve d'un recouvrement minimum sous chaussée de 1,20 m et inférieur à 6 m.

Contrôle et nettoyage

Pour le contrôle des réseaux et en l'absence de norme spécifique aux échangeurs d'air géothermiques, on pourra se référer à la norme NF EN 1610 "Mise en oeuvre et essai des branchements et collecteurs d'assainissement".

A ce jour, tous les contrôles ont été négatifs quant à la présence de bactéries pathogènes dans l'air à la sortie des échangeurs d'air

géothermiques. Toutefois, par mesure de précaution, nous recommandons de placer un filtre à air et un grillage à l'entrée pour éviter l'introduction de rongeurs, insectes, pollens et autres matières organiques. En l'absence de norme sur l'hygiène des réseaux de ventilation dans l'habitat et le tertiaire et dans l'attente de publication de la norme prEN-15239 "Inspection des systèmes de ventilation",

nous préconisons une inspection et un nettoyage éventuel tous les 5 ans.

3. Descriptif échangeurs d'air géothermiques

Pour maisons individuelles et petits tertiaires

Tube flexible de couleur bleu en polyéthylène co-extrudé, PE-HD à l'extérieur et PELD à l'intérieur, de qualité alimentaire sans matière recyclée ni dégagement de solvants.

Les matières premières utilisées permettent de garantir une stabilité du produit à plus de 50 ans (qualité minimum PE 63). Températures limites d'utilisation:

-40 °C et +80 °C.

Fabrication selon DIN 16961, annelé Ø 200 à l'extérieur et lisse Ø 174 à l'intérieur, livré en deux couronnes de 25 m avec un raccord de liaison et des joints ou en une couronne de 50 m.

La rigidité annulaire du collecteur selon la norme EN ISO 9969 est supérieure ou égale à 8 kN/m² soit SN 8. Classe de protection des raccords: IP 67.

Les manchons et joints d'origine garantissent une étanchéité suffisante pour la pose en terrain avec faible présence de nappe phréatique. En cas de présence permanente d'eau, il est conseillé de recouvrir les raccords d'une bande autocollante en polyéthylène rétractable à froid type KSB.



Pour installations tertiaires et industrielles, DN 150 à 600 mm.

Tube rigide en polyéthylène (PE-HD) coextrudé de qualité alimentaire, sans matière recyclée ni dégagement de solvants, couleur noir extérieur et jaune intérieur. Les matières premières utilisées permettent de garantir une stabilité du produit à plus de 50 ans (qualité minimum PE 63).



Températures limites d'utilisation: -40 °C et +80 °C.

Fabrication selon DIN 16961-1 (prEN 13476), annelé à l'extérieur et lisse (Ø 150 à 600 mm) à l'intérieur, livré en barre de 6 m avec un raccord de liaison monté et un joint profilé. La rigidité annulaire du collecteur selon la norme EN ISO 9969 est supérieur ou égale à 10 kN/m² soit SN 10. Toutes les pièces de formes sont éprouvées en usine à une dépression de 0,5 bar. Après pose, le réseau d'échangeur géothermique complet peut être éprouvé à une pression de 0,1 à 0,5 bar.

Les manchons et joints d'origine garantissent une étanchéité pour la pose en terrain avec présence constante de nappe phréatique.

Conductibilité thermique

L'indice de conductibilité thermique est déterminé selon la norme DIN 52612, sur un échantillon standard.

PE-HD	Polyéthylène	0,38 - 0,51 W/mK
PP	Polypropylène	0,17 - 0,22 W/mK
PVC-U	Polychlorure de vinyle	0,14 - 0,17 W/mK

A diamètre et épaisseur de paroi identiques, le PE-HD a une conductibilité thermique 2 fois supérieure au PP et 2,5 fois supérieure au PVC-U

Transport et stockage

Le transport et le stockage des tubes ne posent pas de problème particulier. Cependant, les précautions habituelles devront être respectées afin d'éviter toute détérioration des tubes :

- Eviter les manutentions brutales, ne pas jeter les tubes du camion.
- Ne pas traîner les tubes sur le sol, ne pas les percer etc...

Les tubes et accessoires en PEHD ou PP-C sont résistants aux U.V. et peuvent être stockés à l'extérieur pendant une durée de 12 mois. Les joints profilés doivent par contre être protégés des U.V.

Le stockage des tubes devra s'effectuer de préférence sur les palettes d'origine en veillant à ce que l'aire de stockage soit plane et propre. Eviter toute déformation des tubes. Stocker de préférence les couronnes à plat et boucher les extrémités pour éviter l'introduction d'insectes ou de rongeurs.

4. Exemple de réalisation commentée

Helios a un programme de calcul qui lui permet de déterminer avec précision les puissances récupérées.

Exemple : Sélection pour un échangeur d'air géothermique de 7500 m³/h à Clermont Ferrand.

- Consommation chaud (hiver) récupérée : 23 598 kwh/an
- Consommation froid (été) récupérée : 11 277 kwh/an
- Budget matériel : 30 000 €

MAISON NF HQE en France

La maison, qui porte de le nom d'Artemis, a été conçue et construite par Maisons Hanau, et a obtenu la première certification NF démarche HQE® délivrée en France.

Cette maison témoin, que le constructeur a voulu être une vitrine de l'état de l'Art en la matière, réalise un excellent score en cumulant 93 points pour un total possible de 110 sur le référentiel NF Maison Individuelle démarche HQE® !

Un label, une double exigence

Le nouveau label NF Maison Individuelle démarche HQE® associe en une même certification :



- **NF Maison Individuelle**, la seule marque officielle de qualité en maisons individuelles. La marque NF Maison Individuelle est délivrée par AFAQ-AFNOR. Un constructeur certifié NF Maison Individuelle respecte un référentiel qui porte aussi bien sur la qualité de la conception que sur l'organisation des travaux et le strict respect de critères techniques.
- **Démarche HQE®**, la seule démarche environnementale reconnue. C'est pour préserver l'équilibre naturel de la planète que la démarche HQE® a été élaborée par l'Association HQE, reconnue d'utilité publique.

6. Quelques photos de réalisations de puits canadiens



Ensemble immobilier - Pose de collecteurs géothermiques



Montage de tubes et regards intermédiaires