

Dimensionnement d'un puits canadien

Soumis par Bruno Herzog

Dimensionnement d'un puits canadien (partie 3)

Le puits canadien, appelé aussi puits provençal, est un système géothermique dit de surface.

Ce système sert surtout de climatisation naturelle. Il est basé sur le simple constat que la température à 2 mètres de profondeur est à peu près constante, environ 17°C (64°F) en été et 4°C (40°F) l'hiver.

```
if (window.showTocToggle) { var tocShowText = "afficher"; var tocHideText = "masquer"; showTocToggle(); }
```

Principe

Utiliser l'inertie thermique du sol pour pré-traiter l'air ventilant les bâtiments. L'air ainsi obtenu est "meilleur", plus chaud en hiver et plus froid en été. La température du sol à 2 m de profondeur est d'environ 15° en été et 5° l'hiver (peut sensiblement varier en fonction du climat).

Mise en oeuvre

Faire circuler l'air dans un tuyau enterré à plus ou moins 2 mètres de profondeur (plus c'est profond plus on se rapproche d'une température constante de 10°C (cf. Graphique). Le flux est facilement maintenu grâce à un ventilateur. Les tuyaux ne doivent pas être d'un diamètre trop important afin de faciliter les échanges thermiques .

Ce système est encore, malheureusement, très insuffisamment utilisé alors que son coût d'installation serait marginal s'il était prévu lors de la construction.

- Technique de fabrication

Le dimensionnement d'un puits Canadien ne peut se faire sans une approche globale de la ventilation de la maison.

Schéma de principe du puits canadien combiné avec une ventilation mécanique contrôlée à récupération de chaleur double flux.

- Précaution

La partie active des tuyaux enterrés ne sera pas placée sous la maison ni le long des fondations sous peine d'un "pompage" de la chaleur de la maison... et un effet totalement négatif (c'est la maison qui chauffe - ou rafraîchit - le puits !

Qualité de l'air

L'objectif est d'éviter les pollutions qui pourraient résulter du système (odeurs, humidité, bactéries, ...).

Voici donc quelques recommandations:

- Utiliser pour l'entrée du puits canadien un matériau faiblement émissif (vapeur, odeur, …) ex: aluminium, tôle, etc.
- Protéger au minimum l'entrée à l'aide d'une grille fine pour éviter que des animaux y pénètrent (rongeurs, moustiques, …)
- Si vous optez pour un filtre (2-5 mm) penser à l'entretien régulier de ce dernier tous les 4 mois. La pratique veut que la filtration soit de plus en plus fine depuis l'extérieur vers l'intérieur.
- Placer l'entrée à une hauteur suffisante (1,20 m) pour éviter d'aspirer de la poussière et loin des sources de pollution (route, compost, …)
- L'entrée doit être accessible pour le nettoyage.
- Ne pas placer l'entrée au milieu de plantes vertes.
- Avant la première mise en route nettoyer le tuyau et ainsi contrôler l'écoulement et du surplus d'eau.

Type de tuyaux:

- PVC: Le moins cher, pas très écologique. Peut 'éventuellement' dégager des vapeurs nocives dues au mode de fabrication. Mauvaise conductivité thermique- a déconseiller
- Polyéthylène (PE): Le plus écologique, mais assez chers.
- Tuyaux annelés de protection de câbles électriques (TPC): Très bon marché pour des petits diamètres. Annelé à l'extérieur mais lisse à l'intérieur. Ils peuvent être posés en parallèles. Utilisez du conduit spécialement développé pour les puits canadien et non la TPC standard
- Tuyaux de béton : Utilisé pour des diamètres supérieurs à 300mm. Les raccords sont difficiles à étanchéifier. pas étanche au radon
- Tuyau en Grès vitrifié- C'est le matériau écologique par excellence. Les raccords sont étanches et permettent une utilisation dans tous les type de sol ainsi que dans la nappe phréatique.

Conseils:

- Le tuyau doit avoir une stabilité suffisante pour supporter l'enfouissement dans la terre.
- L'étanchéité est également importante pour éviter l'infiltration des eaux souterraines et la propagation de bactéries. Veiller particulièrement aux raccords entre les différents tuyaux et privilégiez des raccords à joints à lèvres types

assainissement. Ne pas coller les raccords pour éviter le risque de rupture lors du remblai et surtout le risque de dégagement de vapeur nocive due aux colles.

- Le matériau utilisé ne doit pas dégager de vapeur nocive comme cela peut être le cas du PVC par exemple lorsqu'il est soumis à des températures élevées (>30°).
- Le tuyau sera de préférence lisse à l'intérieur pour diminuer les pertes de charges et rester en régime laminaire. Pour l'extérieur privilégier les tuyaux annelés pour augmenter l'échange thermique entre le sol et le tuyau.

Remarque corrective: A moins d'avoir de petits diamètres et de petites vitesses le régime d'écoulement dans un tuyau n'est pas laminaire. Cela n'est pas souhaité dans le cas des puits canadiens. Le régime n'est donc pas laminaire. Un bon moyen de s'en rendre compte est de calculer le nombre de Reynolds (nombre qui permet de caractériser le régime d'écoulement). Il est important de savoir que les transferts thermiques sont plus élevés avec un écoulement turbulent qu'avec un écoulement laminaire. En outre les pertes de charges en régime laminaire ne sont pas nécessairement plus faibles qu'en régime turbulent.

remarques complémentaires :

- nature du sol : L'expérience a montré que les sols rocheux ont une plus grande efficacité thermique, ce qui va compenser les difficultés de mise en oeuvre, et ne doit donc pas faire renoncer. Il faut aussi savoir que le sol au dessus des puits reste froid plus longtemps au printemps, et que la zone ne doit pas être utilisée comme jardin de primeur.

[]

Évacuation des condensats

En particulier l'été, lorsque l'air se refroidit de l'eau peut se condenser. Il convient d'évacuer ces condensats. Mais il est rare d'en observer car l'air se recharge très vite en humidité.

Finalement le puits canadien est un amortisseur de température et d'humidité.

La condensation est le processus par lequel la vapeur d'eau dans l'atmosphère est retournée à son état liquide initial. Lors du passage de l'air chargé d'humidité dans les conduits du puits canadien, il va au fur et à mesure se refroidir et condenser, donc libérer l'eau qu'il contient lorsqu'il atteint le point de rosée. Dans la pratique, le puits canadien est un bon régulateur d'humidité et les condensats sont peu nombreux.

Evacuation :

L'évacuation des condensats doit se faire par un intermédiaire un siphon étanche dans la cave ou à l'aide d'une pompe placée dans le regard de visite extérieur. Il est déconseillé de percer le fond du regard pour permettre l'écoulement par infiltration dans le sol sur un lit de cailloux par exemple. Il y a un risque important d'infiltration d'eau par ce biais lorsque la nappe phréatique viendrait à monter ou également lors d'une forte précipitation (orage) par infiltration le long de la tranchée. On ne peut pas garantir que le sol restera sec indéfiniment et le principe de précaution impose pour garantir un air sain sur le long terme.

Concernant le Radon

Le radon est un gaz radioactif d'origine naturelle. Il provient de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans la croûte terrestre. Il est présent partout à la surface de la planète et provient surtout des sous-sols granitiques et volcaniques ainsi que de certains matériaux de construction. Le radon peut s'accumuler dans les espaces clos, et notamment dans les maisons. Les moyens pour diminuer les concentrations de radon dans les maisons sont simples:

- aérer et ventiler les maisons, les sous-sols et les vides sanitaires;
- améliorer l'étanchéité des murs et des planchers.

Dans les 31 départements les plus concernés, les autorités locales doivent faire procéder à un dépistage de ce gaz radioactif dans certains lieux ouverts au public pour des séjours prolongés (en particulier, les établissements

d'enseignement et les établissements sanitaires et sociaux). Allier, Ariège, Hautes-Alpes, Ardèche, Aveyron, Calvados, Cantal, Corrèze, Corse du Sud, Haute-Corse, Côtes-d'Armor, Creuse, Doubs, Finistère, Indre, Loire, Haute-Loire, Lozère, Haute-Marne, Morbihan, Nièvre, Puy-de-Dôme, Hautes-Pyrénées, Rhône, Saône-et-Loire, Savoie, Haute-Saône, Deux-Sèvres, Haute-Vienne, Vosges, Territoire de Belfort

Le Radon peut être insufflé dans la maison à l'aide du puits canadien si le tuyau, apportant l'air depuis l'extérieur, n'est pas étanche.

Recommandations: Utilisez plusieurs longueurs de gaine de protection pour câbles électriques (lisse à l'intérieur) diam 160 mm ou 110 mm en longueurs de 25m pour éviter les raccords. Une attention particulière doit être portée à l'enrobage du tuyau avec de la terre pour éviter les cavités où le Radon pourrait se loger.

Par mesure de précaution, effectuez une mesure de Radon sur plusieurs semaines dans la maison à l'aide d'un dosimètre qui sera analysé par un labo (20-40 €);)

Différentes possibilités de pose des tuyaux

Toutes les configurations sont envisageables, mais il faut garder à l'esprit que moins il y aura de coudes, moins grande seront les pertes de charge et de ce fait la puissance du ventilateur sera également réduite. La pose du tuyau s'effectuera en fonction de la configuration du terrain.

Recommandations:

- Lors de la conception évitez coudes et angles.
- Une pente de min 2% dans le sens de l'aspiration pour l'évacuation des condensats.
- En cas de présence d'une forte concentration de Radon dans le sol, seule une solution étanche sera envisageable.
- Gardez une distance suffisante entre les différents tuyaux. (Min 0.8 m)

Dimensionnement du puits canadien

Calculs

Le calcul d'un puits canadien est fonction de plusieurs paramètres. Voici les principaux :

- Le volume de la maison
- Le débit nécessaire en hiver et en été
- Le choix de la ventilation de la maison (VMC, aération naturelle, …)
- L'architecture (bioclimatique, matériaux, isolation, serre, …)
- La nature du sol (Sablonneux, argileux, nappe phréatique,…)
- La place disponible pour l'enfouissement du tuyau

- La localisation géographique
- Budget]

Hypothèses

L'idée de cet article est de vous donner les clefs pour pouvoir déduire la solution idéale pour votre configuration à partir de l'exemple décrit ci-dessous. Il s'agit d'une construction: ossature bois bioclimatique avec des matériaux sains. L'isolation est de 18 cm en granulés de liège pour les murs et de 24 cm de laine de lin pour les combles. La maison a été conçue pour profiter au maximum des apports passif du soleil. Un capteur solaire de 20 m² accouplé à un ballon de 2000l pour l'hydro-accumulation prend en charge le chauffage de la maison ainsi que l'eau chaude sanitaire. L'appoint est une chaudière à plaquettes. La respiration des murs est garantie par le choix des matériaux respirant tel que Fermacell, pare-vapeur, liège, OSB et bardage Mélèze. Un soin particulier a été apporté pour l'étanchéité de l'ensemble pour éviter les pertes d'énergies. De ce fait, le choix s'est porté sur une ventilation double flux pour assurer un échange d'air, d'humidité réguliers et permanents de l'ensemble de la maison en récupérant l'énergie refoulée par la ventilation. Le volume de la maison est de 800 m³ environ et l'air sera renouvelé toutes les 3 à 4 heures soit 240 m³/h de besoin d'apport d'air de l'extérieur.

Trois modes de fonctionnement

- En hiver: L'objectif est de réchauffer l'air avant qu'il n'entre dans la maison. Pour obtenir le maximum d'échange thermique l'air devra circuler à une vitesse de 1 m/s environ.
- 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 obtenir le maximum d'efficacité, le débit de l'air devra être plus important pour renouveler l'ensemble de l'air de la maison toutes les 2 heures.
- En intersaison: La température de confort est comprise entre 18 et 22° et le système sera déconnecté en cas de besoin par un by-pass pour ne pas rafraichir la maison alors que la température extérieure est proche de la température de confort.

Calculs: Le logiciel GAEA a été utilisé pour optimiser l'installation, en voici certains résultats :

Constantes:

- Volume de la maison 800 m³
- Température consigne 20°
- Température du By-pass 18° et 25°
- 1 tuyau de 50 m en PE (polyéthylène) diam 184mm (Int) à 1.9m de profondeur
- Pour obtenir la somme des pertes de charge, il faut additionner la perte de charge pour chaque élément du circuit (voir abaques du fournisseur en fonction du débit)

Débit (m3/h)
 Renouvellement de l'air (1/h)
 Pertes de charge Pa(seulement pour puits canadien)
 Puissance ventilateur (Watt)

240
 0.3
 75.80
 8.42

320
 0.4
 93.13
 13.80

400
 0.5
 114.27
 21.16

560
 0.7
 167.38
 43.40

800
 1
 272.50
 100.93

Le tableau ci-dessus permet de vérifier que pour un tuyau de 50 m de long avec un diamètre de 184, 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 Watt à 100 Watt avec un débit seulement 3 fois supérieur.

Débit (m3/h)
 Réchauffement de l'air (Kwh/a)
 Rafraîchissement de l'air (Kwh/a)
 Heures de fonctionnement (heures par an)
 T sortie min (hiver) pour Tentrée (-12.7)
 T sortie max (été) pour T entrée (31.7)

240
 1830
 258
 4607
 1.7
 17.9

320
 2226

340.9
4648
0.3
19.2

400
2560
401.8
4683
-0.9
20.3

560
3119
484.1
4754
-2.6
22

800
3848
548.3
4930
-4.4
24

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 comme le souligne le tableau précédent. Il va falloir trouver le juste-milieu entre un investissement plus important et un apport énergétique un peu inférieur. Etant donné que le ventilateur dispose souvent de 2 vitesses, pour ma part, je fais le choix d'un débit de 240 m³/h pour l'hiver et un débit de 400 m³/h l'été.

Le logiciel permet également de simuler différentes autres solutions pour le choix des échangeurs ainsi que de simuler les aspects économiques de votre installation. Une fois de plus la nature nous apprend que tous les éléments dont nous avons besoin pour notre bien-être sont à porté de main.