

Ministère
de l'Agriculture,
des Pêcheries
et de l'Alimentation

Québec 

Direction régionale de la Capitale-Nationale

Adaptation d'un puits canadien pour la ventilation d'une pouponnière en chèvrerie laitière

Chèvrerie des Côtes, St-Jean, Ile d'Orléans

PROGRAMME D'APPUI AU DÉVELOPPEMENT DE
L'AGRICULTURE ET DE L'AGROALIMENTAIRE
EN RÉGION

Jocelyn Marceau ing.,
Direction régionale de la Capitale-Nationale, MAPAQ
Mai 2014

CONTENU

RÉSUMÉ	2
OBJECTIFS DU PROJET	3
Principe du puits canadien	3
Adaptation en production agricole	4
DESCRIPTION DU PROJET	5
Design du puits canadien	5
Equipements et contrôle	8
Coût d'installation	10
SUIVI TECHNIQUE:	12
Performance mécanique	12
Effet de climatisation en été	16
Élimination de l'humidité	16
Qualité de l'air	16
Performance animale :	17
CONCLUSION ET RECOMMANDATION	17
Références	18
Remerciements	18
ANNEXE 1 : Résumé des caractéristiques du puits canadien	19

RÉSUMÉ :

Ce projet a permis d'adapter le concept de géothermie pour la ventilation en production animale. Ce concept aussi appelé puits canadien ou puits provençal pour l'été a été mis à l'essai dans une pouponnière caprine à la *Chèvrerie des Côtes, St-Jean, Ile d'Orléans*. Des observations sur un cycle annuel presque complet ont permis de réaliser qu'en hiver, le taux de changement d'air permet de maintenir une bonne qualité de l'air en introduisant de l'air à plus de 2°C en tout temps. La qualité de l'air dont le taux d'ammoniac avoisinait 25 ppm avant l'installation du puits a été réduit à moins de 10 ppm en tout temps grâce à un taux de renouvellement supérieur et sans frais de chauffage accru. En été le bénéfice n'est pas moindre. Alors qu'avant l'installation du puits, la température ambiante pouvait s'élever à près de 35°C lors de canicule, même pour une température extérieure d'au-delà de 30 °C, la température de la pouponnière s'élevait au plus à 23 °C, ce qui a maintenu des conditions optimales d'élevage. Sous de telles conditions, le puits canadien avait un pouvoir refroidissant de 7700 w. L'avantage pour cette entreprise d'avoir introduit le puits canadien a été que les mortalités et réformes sont passées de 36 à 6% en hiver et de 62 à 15% en été. De plus, les gains de poids ont été ramenés à la normale alors qu'auparavant on enregistrait un déficit de 1,5 et 3 kg après 60 jours en pouponnière. Le puits canadien aurait avantage à être adapté à plusieurs bâtiments agricoles et ce principalement pour assurer la ventilation continue.

OBJECTIFS DU PROJET :

Au point de départ, les conditions de température et de qualité de l'air de la pouponnière de l'entreprise étaient problématiques. À l'été 2012, lors d'une visite, la température intérieure atteignait 33 °C et il y avait une odeur importante d'ammoniac. Comme première intervention, la ventilation a été augmentée, mais le problème de température excessive persistait. Mme Blouin, la propriétaire rapportait de fortes pertes de chevrettes et un gain de poids très lent et par le fait même une période de sevrage trop longue. Le but du projet était d'adapter un puits canadien pour ventiler la pouponnière. La technique du puits canadien est principalement utilisé pour la ventilation domiciliaire, donc pour un débit d'air réduit. Pour une maison, on vise 1/3 à 1/2 changement d'air par heure, tandis que pour une forte occupation animale, on vise plus de changement d'air. Dans ce cas précis, il a été convenu d'assurer tout le débit de ventilation (été comme hiver) par un conditionnement de l'air via un puits canadien.

Ce projet comprend les détails de l'installation et un suivi des conditions environnementales de la pouponnière et une évaluation sommaire de la performance animale.

Principe du puits canadien :

Le principe consiste à utiliser l'inertie thermique du sol pour pré-traiter l'air pour la ventilation des bâtiments. L'air ainsi obtenu est 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).

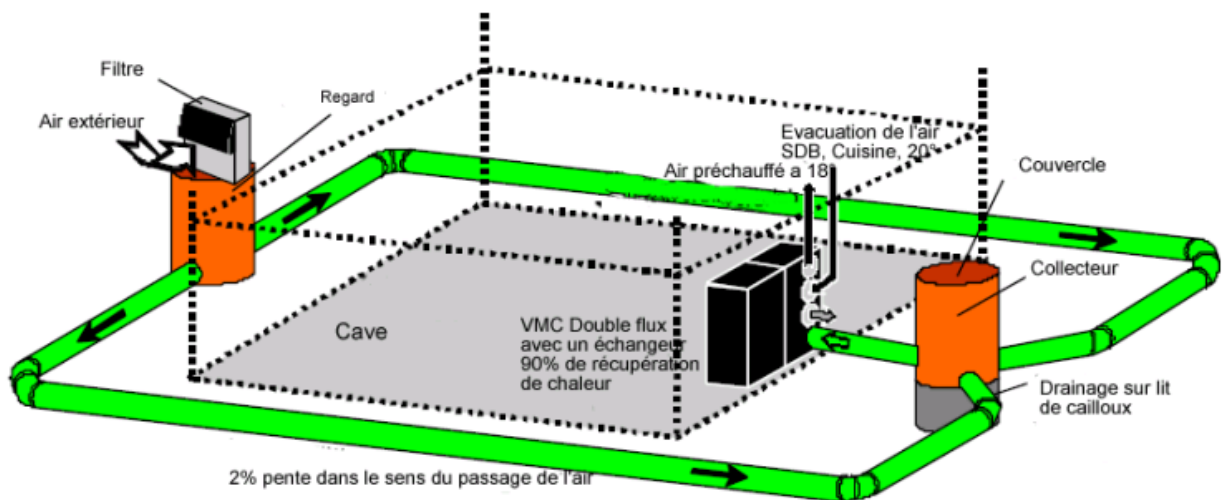


Figure 1 Schéma typique d'un puits canadien adapté pour une résidence. Tiré de http://fr.ekopedia.org/Puits_canadien

Pour une résidence, considérant le faible taux d'occupation, le taux de renouvellement de l'air est de l'ordre d'un changement par 3 ou 4 heures. Dans un bâtiment à forte occupation animale, les débits sont largement supérieurs, de sorte qu'il faudra adapter

le tout à un débit passablement plus élevé. Comme le débit d'air appliqué pour le résidentiel est relativement faible, un simple tuyau de 200 mm de diamètre convient.

En hiver, l'air ayant préalablement passé à travers le puits canadien s'échauffe grâce à l'effet géothermique du sol et cet effet est inverse l'été. La stabilité et le gain thermique dépend toutefois de la profondeur du puits. On vise généralement une profondeur minimale de 2 m pour obtenir un gain intéressant. Plus de profondeur ajoute encore plus de potentiel.

Adaptation en production agricole :

Le principe de ventilation conserverait les mêmes besoins que pour le domiciliaire, mais comme l'occupation 'animale' est plus élevée dans les bâtiments d'élevage, il faut donc s'ajuster à ce besoin. L'apport d'air frais via le tunnel canadien devrait correspondre aux besoins de la ventilation continue pour la production en question. Par exemple, pour la vache laitière on vise 10 L/s-vache, ce qui suppose un taux de changement d'air de l'ordre de 1 à 1,4 changements/heure. Pour les volailles (Poules, poulets,...) on vise 0, 20 L/s kg de poids vif, ce qui peut correspondre à 2,2 à 3 changements d'air par heure. Selon le cas, il faudra adapter le débit et cela influencera le choix des tuyaux et des composantes. Le principe présente aussi de l'intérêt en production végétale. À titre d'exemple, la production de champignon pourrait aussi bénéficier d'effectuer des changements d'air dont la température est améliorée par le puits canadien.

DESCRIPTION DU PROJET

En 2012, la chèvrerie des Côtes subissait d'importantes pertes de chevrettes car la température en été était beaucoup trop élevée. Ces pertes se traduisaient par un faible gain de poids et aussi beaucoup de mortalité. Comme la pouponnière est un endroit plus restreint, il a été convenu que la ventilation couvrirait tous les besoins autant en hiver qu'en été. La chèvrerie est un bâtiment froid de type 'Mégadôme'.

La pouponnière a été aménagée sur pilotis dans la partie haute du bâtiment. Cette section est de 16' x 44' x 8' et peut loger 100 têtes (15 kg) au maximum. Les besoins théoriques¹ de ventilation dans les conditions du Québec sont présentés au tableau suivant. La conception du tunnel canadien est basée sur une ventilation maximale de 12,5 L/s-chevrette ou 1000 L/s. En principe, en été, le puits canadien devrait fournir de l'air plus frais qu'avec une ventilation traditionnelle, ce qui permettrait de réduire le taux de ventilation total. Il a été convenu de ramener le débit de ventilation total à 600 L/s, ce qui permettait d'utiliser des tuyaux collecteurs à diamètre de 460 mm.

Taux de ventilation déduit du guide chèvre (CRAAQ, 2009)

(60 chevrettes)	Taux/tête (L/s)	Débit total (L/s)	changement air/h
Ventilation d'hiver *	0,7	42	1,0
Ventilation d'été *	12,5	750	18,7

*Pour des chevrettes de 36 kg on établit à 1,4 L/s la ventilation continue d'hiver et à 25 L/s pour le contrôle de chaleur en période estival. Comme les chevrettes y séjournent à au plus 15 kg de poids, les valeurs de design ont été établies à 50% de ces valeurs

Design du puits canadien :

La surface d'échange thermique avec le sol et le tuyau est un facteur important à déterminer pour obtenir un rendement satisfaisant. Pour un diamètre donné, un tuyau trop court fera en sorte que le gain thermique ne soit pas suffisant. Par contre, un tuyau excessivement long n'améliorera pas beaucoup le gain potentiel. Par exemple, en été, si le sol est à 18°C, il devient presque impossible d'obtenir une température d'air à sa sortie de 18°C. Obtenir une température de l'ordre de 21 à 23°C lorsque la température extérieure est à 30°C, s'avère intéressant, sans avoir à investir démesurément sur d'importantes longueurs de tuyaux à enfouir. D'ailleurs en allongeant la surface d'échange, cela nécessiterait une puissance de ventilation plus élevée due aux pertes de charge. La vitesse optimale pour favoriser le transfert de chaleur à travers la paroi du tuyau s'établit autour de 3 m/s, valeur qui a servi de base pour le projet. Comme le débit utilisé est passablement élevé, un radier de tuyaux parallèles a dû être dimensionné en s'assurant que la distribution de l'air à travers chacune des branches



- ¹ Comité Chèvre. L'élevage de la chèvre, 439 pages, Le centre de références en agriculture et agroalimentaire du Québec.

soit égale. Pour ce faire, l'entrée d'air et la sortie d'air étaient opposées diagonalement. Dans le cadre de ce projet, un logiciel de calcul a été utilisé afin de faciliter les décisions notamment sur les longueurs de tuyaux à enfouir. L'hypothèse de design était d'obtenir de l'air ayant un gradient de 4°C par rapport à la température moyenne du sol. Le logiciel suggérait une longueur de 20 m. Toutefois, comme le site est constitué de schiste et que les tuyaux pouvaient être enfouis à au plus 2 m, il a été décidé de rallonger les tuyaux. La longueur du radier a été établie à 38 m (125') de tuyaux de 200 mm PVC raccordé à l'entrée et à la sortie par un tuyau collecteur PVC de 460 mm de diamètre.



Figure 2 Aménagement d'un puits canadien pour la ventilation de la pouponnière de la chèvrerie. L'emplacement du réseau a été fait en sol schisteux à une profondeur moyenne de 2 m.

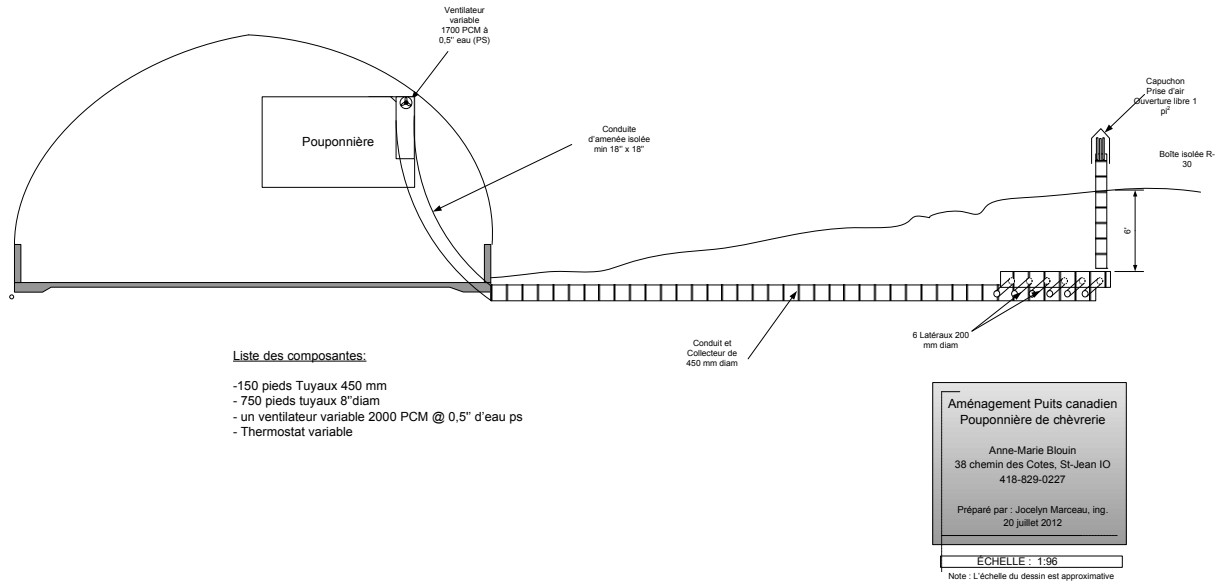


Figure 3 Vue en coupe du puits canadien. La pouponnière isolée (facteur isolant approximativement R-20) est aménagée sur pilotis à l'intérieur de la bergerie froide. La conduite d'amenée d'air est recouverte d'un isolant à l'approche du bâtiment où le recouvrement de sol est inférieur à 1 m.

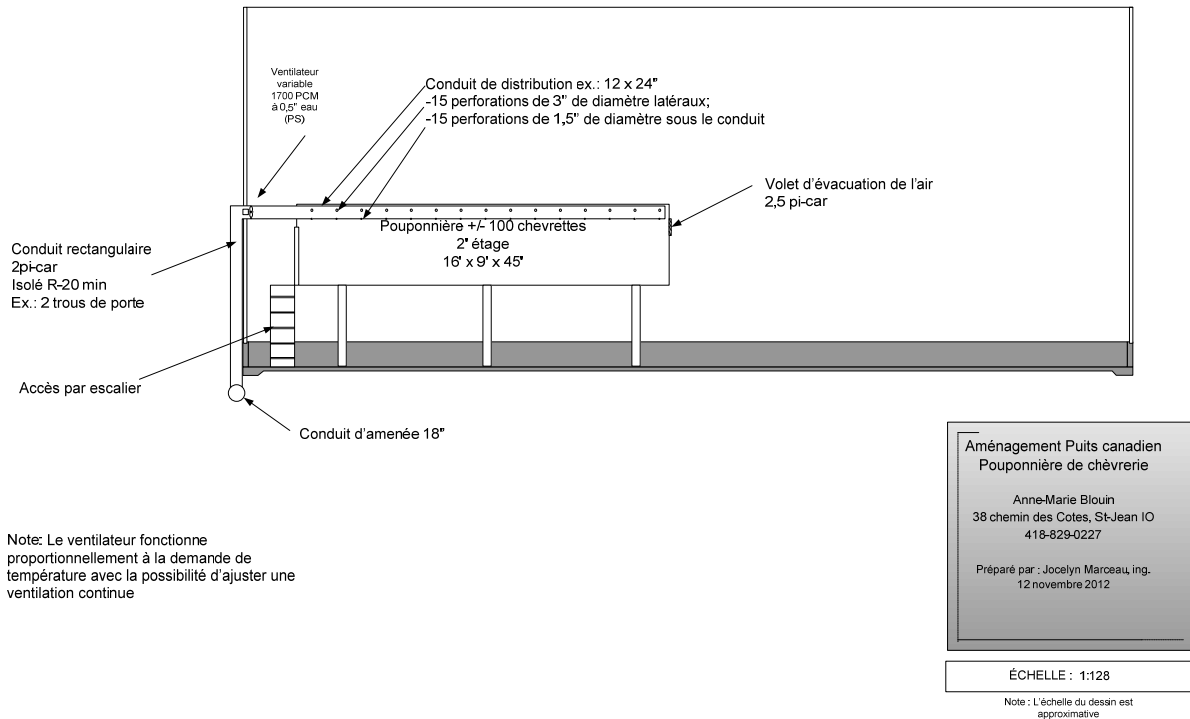


Figure 4: Vue longitudinale de la chèvrerie illustrant la pouponnière sur pilotis. L'air est distribué via un conduit perforé. L'air vicié est expulsé par des volets gravitaires.

Equipements et contrôle:

Afin de diminuer la vitesse de circulation de l'air dans la pouponnière, un conduit de distribution perforé a été aménagé pour répartir l'air frais. Le ventilateur choisi débite théoriquement 800 L/s (1700 pi³/min) à une pression statique de l'ordre de 125 Pa (0,5" d'eau). Le contrôleur électronique (thermostat) régule la température selon une consigne et varie l'intensité de ventilation de 0 à 100% du débit sur un différentiel de 2⁰C. Lorsque la température intérieure est sous la valeur de consigne, le contrôleur peut fonctionner par intervalle à un débit minimum pré établi.

Un chauffage d'appoint de 5 kw électrique permet de combler au besoin le déficit de chaleur. Le système est actionné par un thermostat indépendant et règle générale, il a été ajusté 3 ou 4⁰C sous la consigne du contrôleur électronique afin d'éviter tout conflit d'opération.

La sortie d'air est gravitaire (volet gravitaire) puisque la ventilation est à pression positive. Donc l'évacuation de l'air vicié est passive et synchronisée avec le fonctionnement du ventilateur.



Figure 5 Pouponnière de 40' x 16' x 8' isolée et ventilée mécaniquement aménagé sur pilotis dans la chèvrerie froide (Mégadôme)



Figure 6 Six (6) Tuyaux de 200 mm de PVC formant le radier du puits canadien. Ces tuyaux étaient raccordés à l'entrée de même qu'à la sortie par un collecteur de 460 mm de diamètre



Figure 7: Conduite isolée du côté extérieur qui achemine l'air à l'intérieur



Figure 8 Conduite isolée à l'entrée de la pouponnière



Figure 9 Thermostat électronique contrôlant la vitesse du ventilateur. En ventilation minimale, on fixe le débit minimal en % et le cycle de départ-arrêt se fait en % d'un cycle de 3 minutes.



Figure 10 Conduite de distribution à l'intérieur de la pouponnière. Les taches brunes au plafond correspond au panache de distribution d'air. En été l'air frais refroidit le PVC, ce qui crée un peu de condensation et ainsi l'accumulation de poussière sur le revêtement. Les volets sur le mur d'en face sont ouverts par pression positive lorsque le ventilateur du puits fonctionne.



Figure 11: Emplacement du puits canadien après le semis. Noter la cheminée d'entrée d'air de 460 mm de diamètre. Un capuchon et un grillage seront aménagés.

Coût d'installation :

Le puits canadien a été aménagé à environ 10 m du bâtiment. En profondeur entre 2 et 2,5 m de profondeur, le sol était constitué de schiste qui a dû être brisé à l'aide d'un marteau piqueur, ce qui a ralenti le chantier et fait augmenter les coûts. Les tuyaux collecteurs de 460 mm et surtout les raccords de 200 mm à 460 mm sont assez dispendieux. Le coût total de l'installation s'élève à 23573\$.

Tuyaux: (240 m x 200 mm \varnothing) + (30 m x 460 mm \varnothing) + Raccords	10 217,00 \$
Pelle, Marteau piqueur et boteur	11 255,00 \$
Ventilateur 406 mm (16")	486,31 \$
Contrôleur Électronique (1 variable + 1 ON-OFF)	414,83 \$
Conduit - matériaux	400,00 \$
Installation 40 h @ 20\$/h	<u>800,00 \$</u>
	23 573,14 \$

SUIVI TECHNIQUE :

Les travaux ont été réalisés en septembre et octobre 2012. Pour effectuer le suivi technique, des sondes de température et d'humidité relative (Hobo) ont été placées à différents endroits et le suivi a été réalisé de novembre 2012 à mars 2014:

- 1- Extérieur près de l'entrée d'air
- 2- Dans le mégadôme (chèvrerie froide)
- 3- Dans la conduite en aval du ventilateur
- 4- Dans la pouponnière

Ces 4 sondes faisaient l'acquisition des données sur une base continue à toutes les 10 minutes d'intervalles. De plus 2 thermocouples ont été placés dans le sol sur la paroi extérieure d'un tuyau du radier:

1. à 3 m de la cheminée de l'entrée d'air;
2. à 3 m de la sortie où près de l'entrée dans le bâtiment.

Les données de ces deux thermocouples ont été recueillies ponctuellement lors des visites. L'analyse porte sur les deux extrêmes soient les conditions estivales et les conditions hivernales lorsque la pouponnière était utilisée.

Performance mécanique :

Au départ , la performance du système de ventilation a été mesurée en fonction du pourcentage d'activation du contrôleur. À l'aide de capteur anémométrique, le débit de ventilation a été mesuré sous différentes intensités. Le graphique de la figure12 le représente.

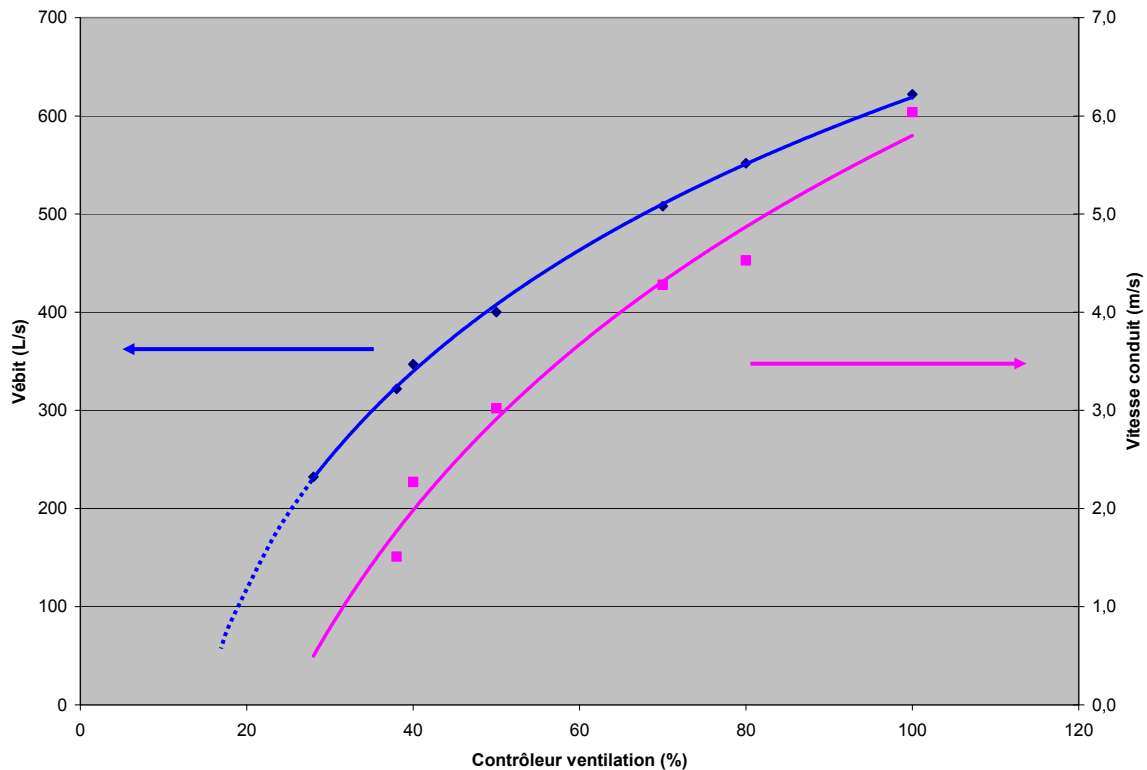


Figure 12: Courbe de performance du ventilateur de 16'' en fonction du pourcentage affiché au contrôleur RM 1VD (1 stage) et vitesse mesurée dans la gaine de distribution dans la pouponnière

Le graphique suivant indique l'évolution des températures sur une période d'une année. Fait à remarquer, en novembre la consigne a été diminuée car la pouponnière était vide. Toutefois, le puits canadien était maintenu à faible débit et sans chauffage. En tout temps de l'année l'air à l'entrée a varié dans un écart entre 2 et 20°C. Si la pouponnière avait été ventilée avec de l'air provenant de l'extérieur l'écart se situerait plutôt entre -31 et 32 °C. Par exemple, le 2 janvier 2014, alors que la température extérieure a atteint -31 °C, l'air ayant été conditionné dans le puits canadien a été réchauffé à 2 °C. Ce qui correspond à un gain thermique de 33 °C, qui aurait été compensé par chauffage. Le chauffage d'appoint demeure quand même requis, mais la consommation aurait été beaucoup moindre selon les propriétaires.

En été, comme par exemple le 16 juillet 2013, la température extérieure était de 32 °C. La température désirée dans la pouponnière se situait autour de 20 °C. Or, la température s'est maintenue à 23 °C sous un débit de ventilation maximal (100%). La température de l'air conditionnée dans le puits canadien était abaissée à 20 °C. Dans les mêmes circonstances en 2012 alors que le puits canadien était inexistant, la température aurait été de l'ordre de 33-35 °C.

Pour la température du sol dans le puits du côté extérieur aux tuyaux, on remarque que l'entrée est plus influencée par l'air extérieur que la température mesurée près de la sortie du puits. En été, par exemple le 16 juillet, pour une température d'air à l'entrée de 32 °C, alors que la température de sol à l'entrée du puits est de 19 °C, au même moment à la fin du puits la température du sol est de 13 °C. Cela démontre l'influence de la température de l'air sur la température du sol et cet effet est inversé en hiver.

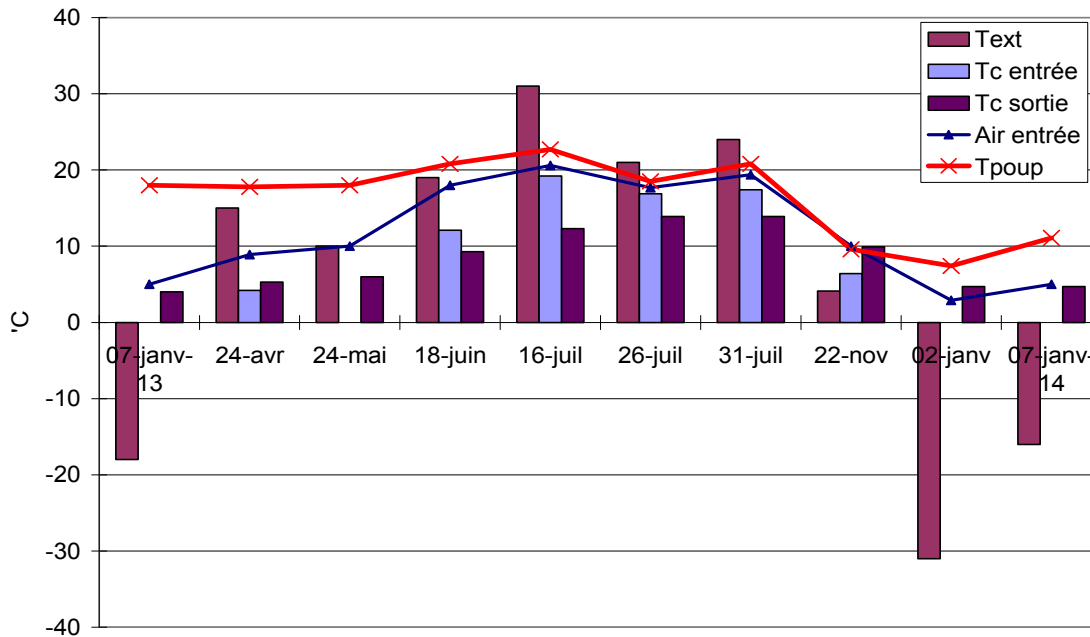


Figure 13 Mesures effectuées à quelques reprises au cours des 12 mois d'observations: Température de la pouponnière, de l'air à l'entrée, à l'extérieur et la température de contact au niveau du puits canadien à 3 m de l'entrée et à 3 m de la sortie

La figure 14 illustrent qu'en hiver la température de l'air entrant dans la pouponnière est toujours au dessus de zéro. Même si la ventilation est maintenue au minimum, on remarque qu'il y a un important gain de température. Par exemple, le 6 mars, alors que la température extérieure était autour de -20°C , si cet air provenait directement de l'extérieur, un préchauffage de l'ordre de 3 kw aurait été requis pour l'amener à 2°C . Une chaufferette d'appoint de 5 kw comblait au besoin le déficit de chaleur selon le cas.

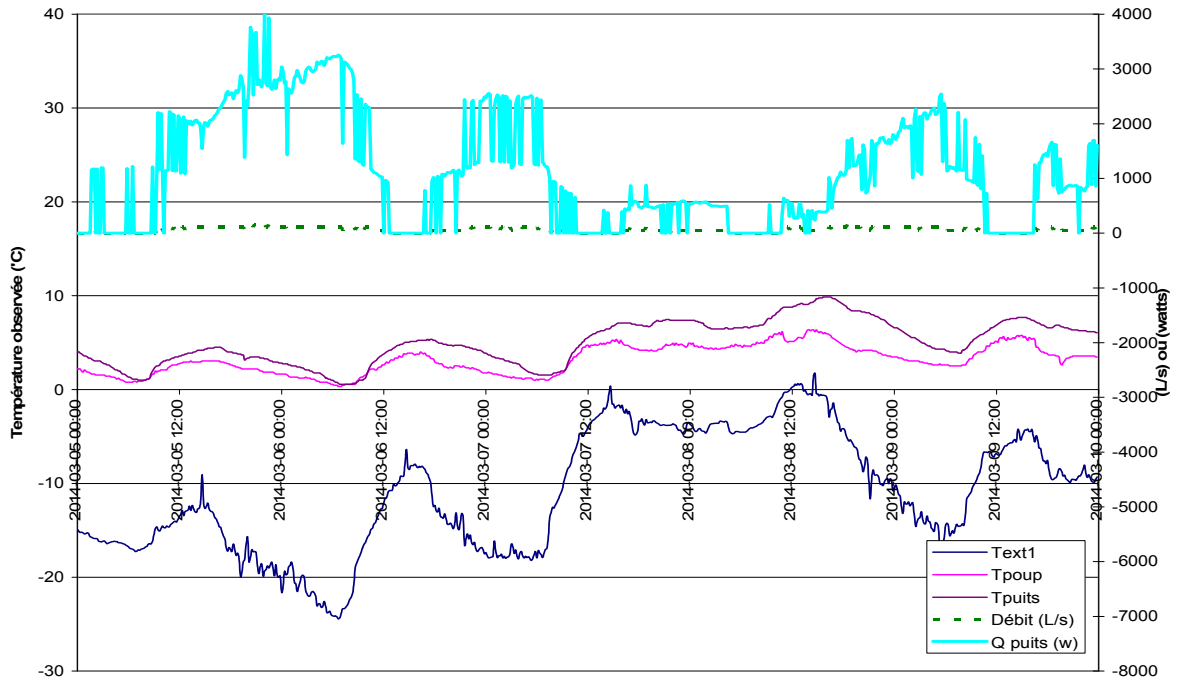


Figure 14: Évolution des températures sous des conditions hivernales. Dans le cas présenté, il n'y avait pas de chevrettes dans la pouponnière et aucun chauffage. Comme la consigne de température était plus élevée que la température enregistrée dans la pouponnière, la ventilation fonctionnait par intermittence à une intensité de 18% et à 50% du temps. Ce débit correspond approximativement à 1 changement d'air par heure. Le passage de l'air à travers le puits canadien provoque une élévation de température parfois au-delà de 20°C, ce qui correspondait à un gain de chaleur de l'ordre de 3000 w.

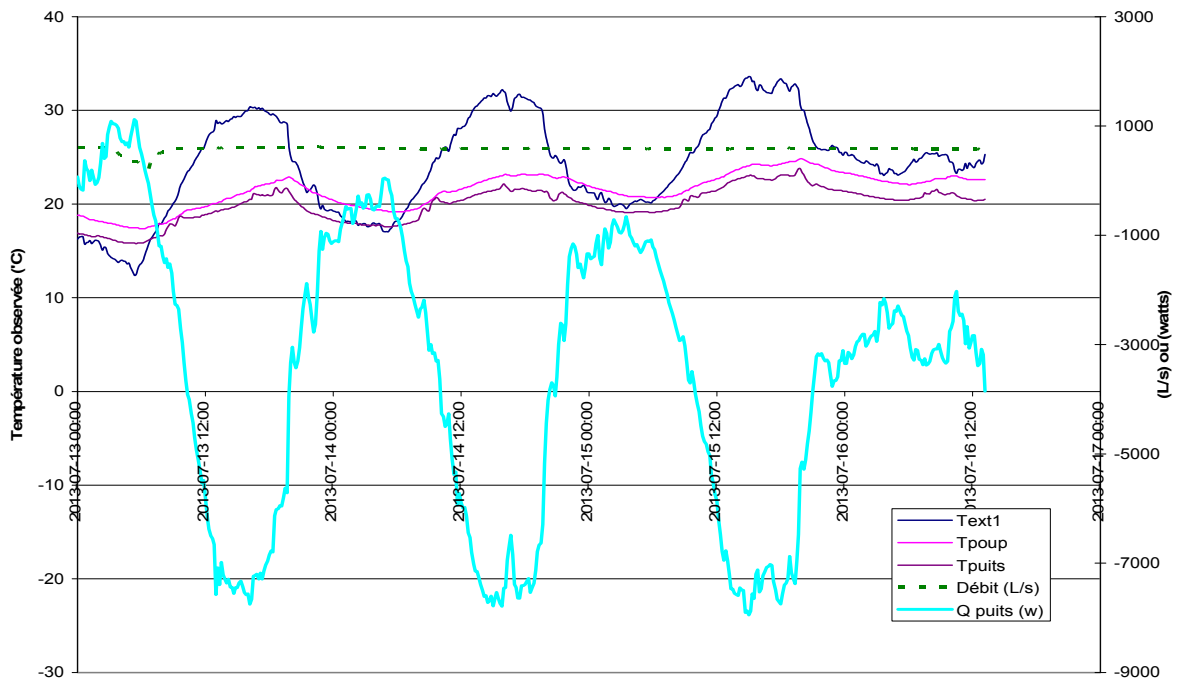


Figure 15 : Évolution des températures sous des conditions estivales. La ventilation demeure presque maximale et correspond approximativement à 15 changements d'air par heure. La température de la pouponnière se maintenait approximativement 2°C au dessus de la température de l'air frais introduit. Compte tenu du débit de ventilation, le pré-refroidissement de l'air correspondait à plus de 7000 w .

Effet de climatisation en été :

La figure 15 illustre un cas typique d'été correspondant à une canicule. Du 13 au 16 juillet 2013, la température maximale était de l'ordre de 30°C. Le ventilateur du puits canadien opérait à débit maximal (600 L/s) et au lieu d'admettre de l'air à la température ambiante, un refroidissement de l'ordre de 10 °C était enregistré. L'air à l'entrée atteignait au plus 22 °C. et la pouponnière se maintenait environ 2 °C de plus que l'air entrant. Dans les mêmes circonstances sans puits canadien, la température aurait atteint au mieux 30 °C, ce qui était devenu problématique en 2012 alors que le puits était inexistant. En situation de canicule comme celle montrée sur ce graphique, le puits canadien a généré une puissance maximale de climatisation de l'ordre de 7,5 kw et une puissance moyenne de 4 kw pendant quatre jours consécutifs.

Élimination de l'humidité :

Les chèvres adultes produisent en moyenne 72 w de chaleur sensible et 38 w de chaleur latente². On peut assumer que les chevrettes dont le poids moyen est de 15 kg produisent approximativement 30% de ces valeurs. En d'autres termes, une chevrette doit éliminer 20 g³ d'eau à l'heure, ce qui correspond à 13 w et produirait également 24 w de chaleur sensible. Pour 60 chevrettes, la chaleur latente correspond donc à 780 w ou 1,15 kg d'eau évaporé à l'heure et 1440 w de chaleur sensible. Le graphique suivant montre que l'écart entre la température de l'air à l'entrée de la pouponnière et celle de la sortie demeure presque constante à 2 °C et correspond assez bien avec la valeur de 1440 w en considérant que la chaleur perdue par conduction est presque nulle sous des conditions estivales.

Pour l'élimination de l'humidité, la courbe en bleu montre qu'il y a une élimination variable entre le jour et la nuit. Le taux d'enlèvement d'eau est maximal (2 kg/h) le jour où la température de l'air à l'entrée est un peu plus élevée puisqu'il a un meilleur pouvoir séchant. Toutefois, la nuit le taux d'élimination baissait jusqu'à 1 kg. La moyenne d'enlèvement d'eau par ventilation s'établissait en moyenne à 1,53 kg/h pour les 4 jours illustrés sur le graphique, ce qui correspond assez bien aux 20 g/h par heure produit par les chevrettes.

Qualité de l'air :

Un des indices de la qualité de l'air dans les bâtiments d'élevage concerne la concentration d'ammoniac. Pour les chèvres on vise une valeur inférieure à 10 ppm. À l'été 2012, alors que les conditions d'élevage semblaient déficientes, il était apparent qu'en plus de la chaleur excessive, une odeur forte d'ammoniac pouvait être décelée. Avant d'apporter des correctifs, un taux de l'ordre de 25 ppm de NH₃ a été enregistré. Le ventilateur d'extraction d'air en place ne parvenait pas à abaisser ce taux d'une part parce que la puissance de celui-ci était trop faible et surtout que l'admission d'air 'frais' provenait de la chèvrerie (intérieur du mégadôme). La ventilation a été modifiée en fonctionnant à pression positive et tout changement d'air provenait désormais du puits canadien. Suite à cette modification, le taux d'ammoniac s'est toujours situé en deçà de 10 ppm et ce même en hiver où le taux de renouvellement de l'air est significativement plus faible.

² Comité Chèvre. L'élevage de la chèvre, 439 pages, Le centre de références en agriculture et agroalimentaire du Québec

³ 2450 J/g d'eau évaporé

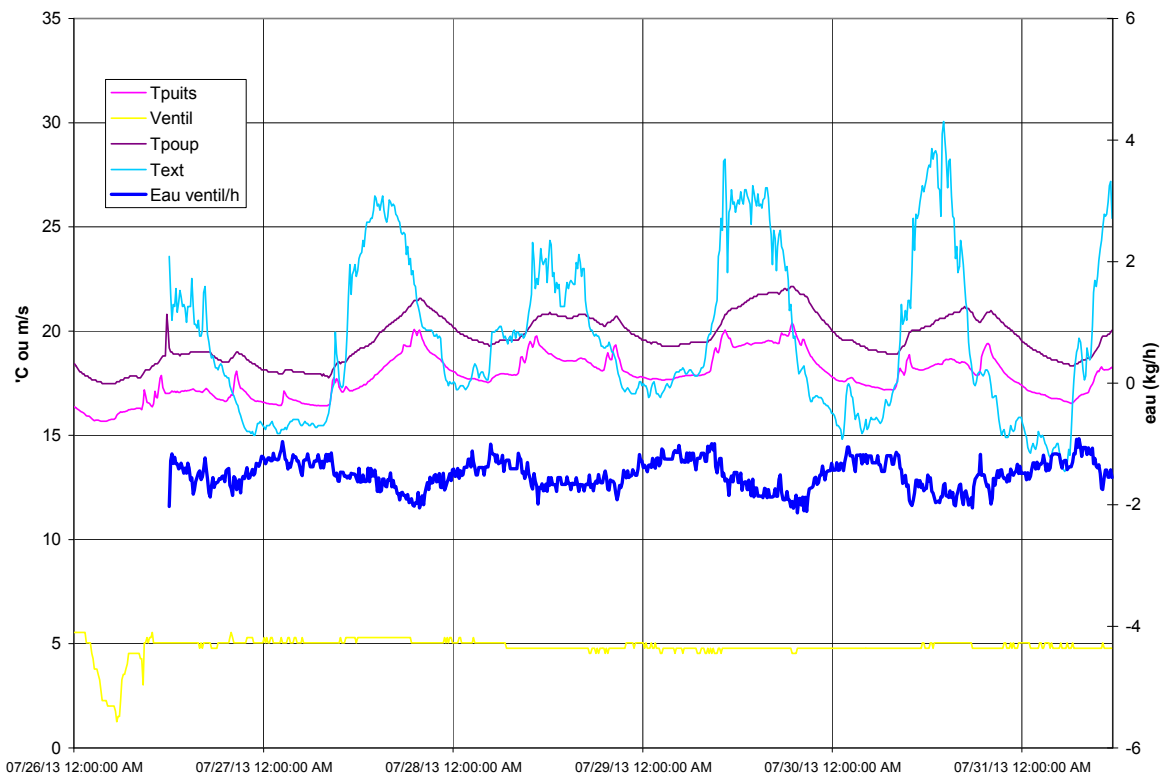


Figure 16: Évolution de l'élimination de l'humidité par la ventilation entre le 26 et le 31 juillet 2013 alors que la ventilation se maintenait à débit maximal et constant de 600 L/s et une vitesse dans la gaine de ventilation avoisinant 5 m/s. La pouponnière contenait approximativement 60 chevrettes. La courbe en bleu représente l'eau éliminée par la ventilation : $Eau\ ventil/h = Ventil * (g_{air\ entrant} - g_{air\ sortant}) * masse\ volumique\ de\ l'air\ entrant$.

Performance animale :

Dans, un projet de suivi d'un programme d'élevage, l'entreprise la Chèvrerie des Côtes a tenté de différentes façons de limiter les pertes qui apparaissaient beaucoup plus élevées que l'optimum visé⁴. Le tableau suivant résumé depuis 2011 le rendement animal de l'entreprise par rapport aux valeurs optimales visées.

	Optimum visé	Avant		Après	
		Oct-nov 2011		Oct-nov 2013	
Naissances Été		42		16	
Mortalité et réforme - Été	15%	15	36%	1	6%
Poids à 2 mois (kg)	14	12,5	-1,5	14	0
		Mars-avril 2012		Mars-avril 2013	
Naissances Hiver		47		52	
Mortalité et réforme - Hiver	15%	29	62%	8	15%
Poids à 2 mois (kg)	14	11	-3	14,5	0,5

⁴ Élaboration d'un plan d'élevage des chevrettes de race laitière. 2013. Projet CDAQ-6527. Société des éleveurs de chèvres laitières de race du Québec. Rapport de projet

Avant l'usage du puits canadien, les pertes s'élevaient à 36 et 62% sous forme de mortalité ou de réforme. Depuis l'usage du puits canadien, les pertes ont été réduites à 6 et 15% et rencontrent actuellement l'objectif de moins de 15% visé par le plan d'élevage. Au sevrage, alors qu'il est visé un poids vif de 14 kg, avant l'usage du puits canadien, les chevrettes avaient un déficit de poids de 1,5 et 3 kg alors que maintenant l'objectif du 14 kg a été atteint et même dépassé de 0,5 kg pour la cohorte d'hiver.

Conclusion et recommandation:

Ce projet a permis d'adapter un système de géothermie bien connu en Europe, mais faiblement utilisé en Amérique. En Europe, on se sert du puits canadien pour faire la ventilation de base des maisons. Ce projet a permis d'appliquer ce principe de ventilation en production animale. C'est bien connu, en hiver les bâtiments agricoles sont souvent mal ventilés. L'usage d'un puits canadien permet de ventiler adéquatement un bâtiment en utilisant un taux de changement d'air approprié sans refroidir inutilement ce dernier. En effet, lors des froids extrêmes le puits a permis d'admettre de l'air à plus de 2°C plutôt qu'à -32°C dans certaines occasions. Il en résulte une économie d'énergie importante et surtout un confort animal accru. En été, l'effet n'est pas moindre car le puits canadien agit de façon inverse. Au lieu que l'air y soit réchauffé, il y est plutôt refroidi et agit en climatisation. Sans puits canadien, la température de la pouponnière s'élevait à l'occasion à plus de 35°C. À l'été 2013, avec le puits canadien, la température de la pouponnière s'est élevée à au plus 23°C. Dans ces circonstances, le puits canadien apportait un pré-refroidissement de l'air ventilé de l'ordre de 7000 w de puissance et le tout possible grâce à un ventilateur ne consommant que 200 w.

Pour l'entreprise la Chèvrerie de Côtes, l'aménagement d'un puits canadien a amélioré significativement les conditions ambiantes de leur pouponnière et la qualité de travail. L'amélioration la plus significative s'est traduite par un gain significatif en rendement animal, car les pertes par mortalité ou réforme qui auparavant se chiffraient autour de 36 et 62% se situent désormais sous le seuil visé de 15%. De plus, les gains de poids atteignent désormais le 14 kg visé après 60 jours en pouponnière alors qu'auparavant, les chevrettes étaient plus chétives de 1,5 à 3 kg. La qualité de l'air et les meilleures conditions ambiantes ont eu un effet direct sur l'amélioration du rendement animal.

Au niveau design, l'outil de calcul *Mon Puits canadien* a aidé à dimensionner le puits. Un différentiel de 2°C entre la température du sol et l'air sortant du puits supposait une longueur de conduite de 20 m. Or, dans le cadre de ce projet, il a été possible d'obtenir un différentiel de 2°C, mais la conduite était d'une longueur de 38 m, soit presque le double. La valeur de conductivité thermique utilisée par défaut était de 0,5 w/m/°C, ce qui s'avère trop élevé. La valeur de conductivité thermique du PVC serait de 0,17 w/m/°C⁵. D'autre part, la conductivité thermique du sol dans l'outil est de 1,3 w/m/°C alors que pour un sol sec, comme celui où est situé le puits s'apparente davantage à une valeur de 0,75 w/m/°C⁶. En réutilisant cet outil avec ces deux valeurs de conductivité thermique, l'outil nous proposerait une longueur de conduite de 30,2 m ce qui s'approche de notre situation. Cet outil peut servir de guide d'aide à la décision, mais il faut faire attention dans le choix des constantes qui conduisent à une longueur de conduite appropriée. Il faut bien comprendre que même

⁵ http://fr.wikipedia.org/wiki/Conductivit%C3%A9_thermique

⁶ http://fr.wikipedia.org/wiki/Conductivit%C3%A9_thermique

en doublant la longueur des conduites, le gain thermique n'augmente pas dans la même proportion. Cela permet seulement de s'approcher de la température du sol. Lorsque le débit d'air est maximal en situation estivale, obtenir un différentiel de l'ordre de 4 °C entre la température moyenne du sol et la température de l'air à sa sortie constitue un objectif très intéressant.

Quant à l'aménagement du puits canadien, un radier de tuyaux latéraux réuni à un collecteur d'entrée et un autre à la sortie, fait en sorte d'augmenter significativement les coûts et ce surtout pour les raccords. Il est sans doute possible de réduire de façon importante les coûts lors d'une construction neuve en se servant de la tranchée de drainage aménagée en périphérie du bâtiment, cet espace permettrait de placer des tuyaux tout le tour du bâtiment et ramener les sorties à un point unique sans 'T' ni coude. Ainsi, on pourrait utiliser presque la même longueur de tuyau qui donnerait la même surface d'échange, mais sans collecteur. Il s'agirait d'aménager une boîte souterraine pour collecter les différents tuyaux et cela permettrait de réduire considérablement les coûts..

Afin de favoriser le bien-être et le rendement animale, cette technique de ventilation aurait avantage à être adaptée à plusieurs bâtiments agricoles. Afin de réduire les coûts d'aménagement d'un tel système, il serait souhaitable de planifier avant même la construction d'un bâtiment, l'aménagement d'un puits canadien qui satisfera les besoins de ventilation continue pour le cheptel animal.

Références :

- Comité Chèvre. L'élevage de la chèvre, 439 pages, Le centre de références en agriculture et agroalimentaire du Québec
- Élaboration d'un plan d'élevage des chevrettes de race laitière. 2013. CDAQ. Projet 6527. Société des éleveurs de chèvres laitières de race du Québec. Rapport de projet
- *Le Puits Canadien' : Le guide pratique pour la mise en œuvre d'un puits canadien* aux éditions Eyrolles. ISBN 978-2-212-12141-4 , <http://www.econologie.com/le-puits-canadien-articles-1827.html>
- *Le Puits Canadien, du concept à la mise en œuvre': Le guide pour concevoir et réaliser soi-même, son puits canadien comme un professionnel.* [[lire en ligne](#)] ISBN 978-2-7466-1481-9
- *Mon Puits canadien, Application de calcul de transfert de chaleur du sol.* <http://monpuits.est-ici.org/>
- *Puits canadiens/provençaux - Guide d'information*, publié par le CETIAT, 02/2008 [[lire en ligne](#)]
- Puits Canadien, Ekopedia, http://fr.ekopedia.org/Puits_canadien
- Échangeur air-sol, Wikipedia, http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89changeur_air-sol
- *Dimensionnement du "puits climatique"*, ADEME, rapport final, projet PREBAT, 22/08/2009, <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=9225A17D6E47322E1DE25487798004A31176806431440.pdf>
- Puits canadien : comment le dimensionner ? Les contraintes à respecter pour un bon fonctionnement, <http://www.ecohabitation.com/guide/fiches/puits-canadien-dimensionner>

Remerciements :

Ce projet a été rendu possible grâce à la bonne collaboration d'Anne-Marie Blouin, propriétaire qui a compilé les données de rendement animal de l'entreprise et son conjoint Karl Rousseau qui a réalisé les travaux d'aménagement du puits canadien et l'installation du système de ventilation.

ANNEXE 1 : Résumé des caractéristiques du puits canadien :

	Valeurs	Description
Profondeur d'enfouissement	2 à 2,3 m	Sol schisteux à 2 m
Surface de tuyaux	Latéraux= 7,1 m ² Collecteurs= 1,3 m ² 8,4 m ²	Tuyaux PVC de 200 mm et Tuyaux Collecteurs 460 mm
Isolation	2 RSI	En sol aucune À moins de 1 m de la surface et hors sol: Panneau isolant 2 RSI
Ventilateur	Q= 800 L/s @ 125 Pa	Ventilateur axial
Distribution d'air	Vitesse d'air < 0,1 - 0,2 m/s	Conduite uniformément perforée
Contrôleur	ECS-2M	1 palier variable et 1 ON- OFF Débit minimal Cycle 3 min
Hiver : Préchauffage-air	3 kw @ 110 L/s Gain de 20°C	Température minimale sol= 4°C
Hiver : taux de transfert de chaleur mesuré	381 w / m ²	À débit de ventilation intermédiaire par exemple à 110 L/s
Été : Pré-refroidissement de l'air	7 kw @ 600 L/s Baisse de 10°C	Température moyenne maximale sol= 15,8°C
Été : taux de transfert de chaleur mesuré	916 w / m ²	À débit de ventilation maximal (600 L/s) le refroidissement sensible de l'air correspondait à 7700 w.

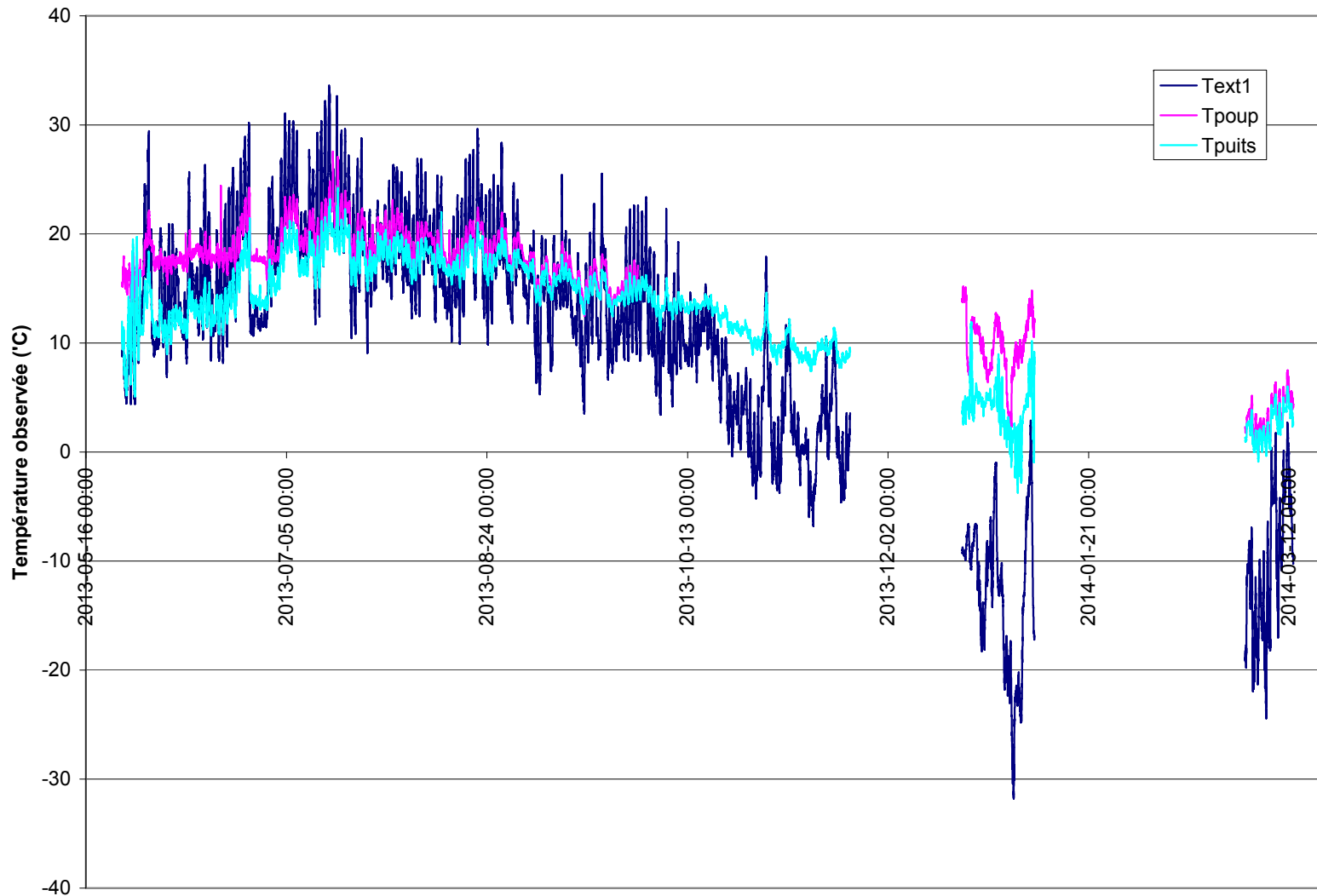


Figure 17: Évolution des températures: Text1: à l'extérieur à l'ombre; T poup: de la pouponnière; T puits: mesurée à l'entrée de la pouponnière. Il y a eu des périodes de panne d'acquisition de la fin novembre à la mi-décembre et du 7 janvier au 1 mars 2014.