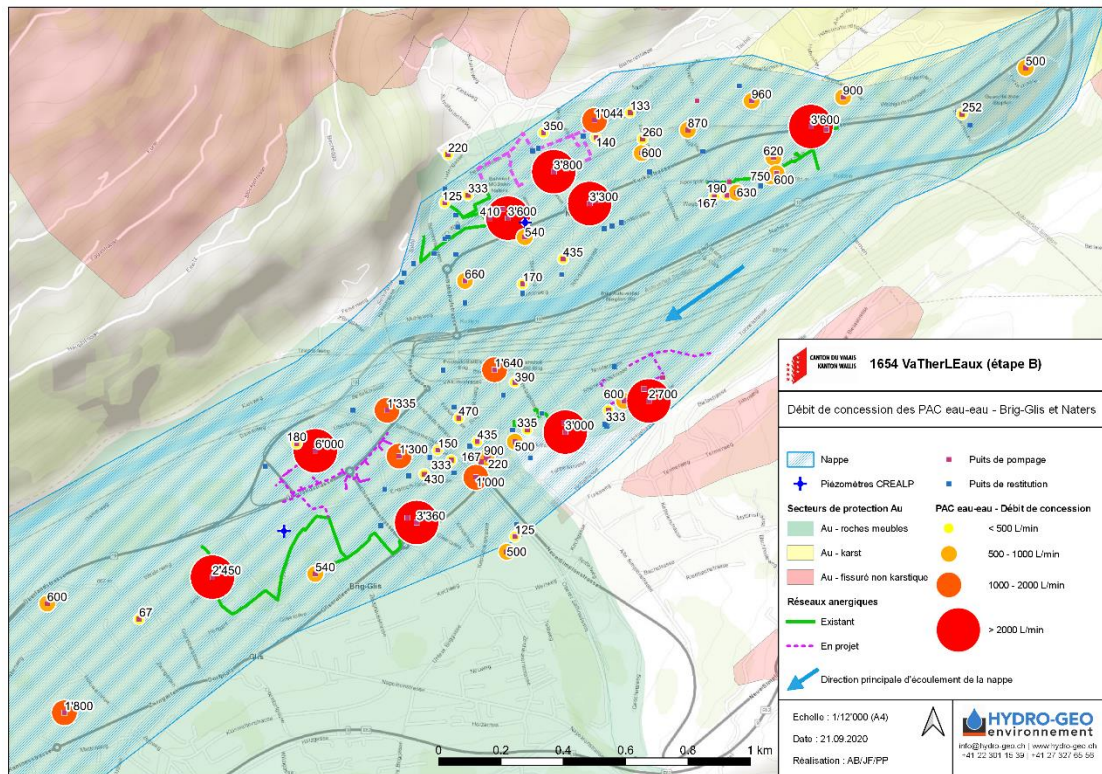


Valorisation thermique des nappes phréatiques dans le respect de la législation fédérale sur la protection des eaux :

Etape B Phase A :

Inventaire des PAC eau-eau valaisannes et analyse des réseaux d'anergie des communes de Brig-Glis et Naters



Dossier 1654
version 1.2

Octobre 2020



Table des matières

1. Problématique et mandat	1
2. Données valaisannes récupérées	2
2.1 Données SEN.....	2
2.2 Données SEFH.....	2
2.3 Données commune Brig-Glis	2
2.4 Données commune Naters	2
3. Statistiques de la Base de données (BD) des installations de PAC eau-eau valaisannes..	3
4. Analyse détaillée des réseaux anergie des communes de Brig-Glis et Naters.....	7
4.1 Nombre et débits des installations de PAC eau-eau	7
4.2 Evolution des températures de la Nappe du Rhône	8
4.3 Modélisations des installations de PAC eau-eau dans les rapports de faisabilité transmis au SEN.....	11
4.4 Analyse détaillée des réseaux d’anergie	12
4.4.1 Brig-Glis.....	12
Réseau d’anergie Rhonesand.....	13
Réseau d’anergie Glismatta-Glisergrund	18
Réseau d’anergie Jesuitenweg	23
4.4.2 Naters	28
Réseau d’anergie Krommen-Kelbach	29
Réseau d’anergie Lötschgraben	31
Réseau d’anergie Sportplatz.....	33
4.4.3 Synthèse des données sur les réseaux d’anergie	35
4.5 Plan directeur de l’énergie de la commune de Brig-Glis.....	37
5. Conclusions et recommandations.....	39
Liste des Figures.....	42



1. Problématique et mandat

L'utilisation de la chaleur des nappes par puits de pompage et de restitution pour une installation de PAC eau-eau est relativement commune en Suisse avec plus de 5'000 installations, dont environ 700 en Valais. La norme SIA 384/7 traite de l'exploitation de la chaleur des eaux souterraines et vise le dimensionnement optimal des puits de pompage et de restitution d'une installation de PAC eau-eau.

Un premier rapport a permis de réaliser une base de données initiale des PAC eau-eau valaisannes avec 167 installations, dont une douzaine auraient eu semble-t-il des problèmes divers : colmatage Fer/Manganèse, eau très dure/corrosion ou problèmes non identifiés¹. Les PAC à problèmes sont essentiellement bas-valaisanne avec une occurrence de quelques pourcents par rapport à toutes les PAC de la BD, même s'il reste difficile d'évaluer exhaustivement le nombre de PAC eau-eau ayant eu des problèmes et le type de problèmes (mauvaise conception, mauvaise réalisation, chimie des eaux, problème thermique, ...). Comme l'étude hydrogéologique de faisabilité n'est obligatoire que pour des débits autorisés supérieurs à 500 l/min, quelques centaines de villas ne figurent pas dans cette base de données.

Une fiche des bonnes pratiques pour l'exécution d'une PAC eau-eau a été élaborée avec pour but une diffusion aux bureaux d'études (énergie et hydrogéologie), aux porteurs de projets et maîtres d'ouvrage, ainsi qu'aux communes (Annexe 1). Cette fiche technique doit permettre de transmettre une information uniforme et explicite, et ainsi d'inciter un meilleur retour d'informations de la part des maîtres d'ouvrage aux autorités, afin de nourrir la base de données cantonale sur le long terme.

L'objectif du projet VaTherLEaux sera d'émettre des recommandations générales pour une gestion optimale de la ressource en eaux souterraines au niveau d'un territoire local (commune, canton), en lien avec la nouvelle stratégie énergétique.

Pour atteindre ce but, cette seconde étape du projet VaTherLEaux a poursuivi trois axes :

1. Finaliser l'inventaire le plus exhaustif possible des PAC eau-eau de la plaine du Rhône entre Brig et le Bouveret ;
2. Réaliser une étude sur la concurrence et la complémentarité entre PAC eau-eau et réseau d'énergie avec l'évaluation des impacts potentiels sur la ressource nappe via l'exemple des communes de Brig et Naters ;
3. Réaliser des investigations scientifiques et techniques sur deux zones tests afin d'évaluer les problèmes physico-chimiques et leurs impacts thermiques et chimiques liés aux PAC eau-eau ;

Ce rapport décrit en détail les points 1 et 2. Le 3^{ème} point sera traité ultérieurement.

¹ Hydro-Géo Environnement et CHYN, 2019, *Valorisation thermique des nappes phréatiques dans le respect de la législation fédérale sur la protection des eaux : Phase initiale de récolte des données valaisannes*, mandat 1426, Canton du Valais



2. Données valaisannes récupérées

Afin de réaliser ce mandat, des données ont été récupérées auprès du Canton et des communes concernées par l'analyse spécifique (Brig-Glis et Naters).

2.1 Données SEN

Le Service de l'Environnement (SEN) de l'Etat du Valais a transmis plus de 130 rapports de faisabilité des PAC eau-eau, dont environ 80 concernent les communes de Brig et Naters. Une extraction de la base de données des forages du SEN et des forages à but géothermique du géocadastre valaisan géré par le CREALP² a été fournie. Enfin, les données horaires sur plusieurs années de 3 piézomètres proches de la zone de Brig-Naters ont également été fournis.

2.2 Données SEFH

Le service de l'Energie et des Forces Hydrauliques (SEFH) a fourni une liste des installations de PAC eau-eau subventionnées par le canton du Valais. Ce fichier Excel contient une quarantaine d'installations (moitié villas et moitié logements collectifs) dont 8 installations concernent des PAC eau-eau, principalement des logements collectifs avec des puissance de chauffage de 35 à 240 kW. Ces données ont été intégrées à la BD des PAC eau-eau.

2.3 Données commune Brig-Glis

La commune de Brig a transmis son plan directeur de l'énergie 2018 (« masterplan énergie »), les schémas techniques de ses réseaux d'anergie, les données mensuelles et horaires de ces réseaux ainsi qu'une synthèse des principaux éléments hydrogéologiques et énergétiques les concernant.

2.4 Données commune Naters

La commune de Naters a transmis quelques documents généraux « Cité de l'énergie ». La société EnBag, qui gère les réseaux d'anergie de Naters, a mis à disposition les schémas de principe et les plans des réseaux d'anergie, des données horaires et mensuelles de différents paramètres ainsi qu'une synthèse des principaux éléments hydrogéologiques et énergétiques concernant ces réseaux.

² <https://geocadast.crealp.ch/index.php?mode=display&view=carte>



3. Statistiques de la Base de données (BD) des installations de PAC eau-eau valaisannes

Sur la base des rapports de faisabilité ou de suivis de forages pour PAC eau-eau transmis par le SEN, la base de données créée lors du premier rapport a été complétée (voir fichier Excel *BD_PAC_VS_2020_Finale.xls* joint au présent rapport). Elle contient désormais 311 installations de PAC eau-eau, dont plus de 85% possèdent des informations concernant les typologies des bâtiments alimentés.

Cette base de données est divisée en 4 onglets (Data HGE 2020, Implantation puits prévue, statistiques HGE, PAC problèmes) ainsi qu'un onglet explicatif.

L'onglet « *Statistiques_HGE_2020* » regroupe quelques statistiques basées sur les typologies des projets (271 objets sur les 311 installations recensées). On montre ci-dessous le nombre de PAC par typologie (Figure 1), le débit autorisé moyen par typologie (Figure 2) ainsi que la somme des puissances géothermiques par typologie (Figure 3) :

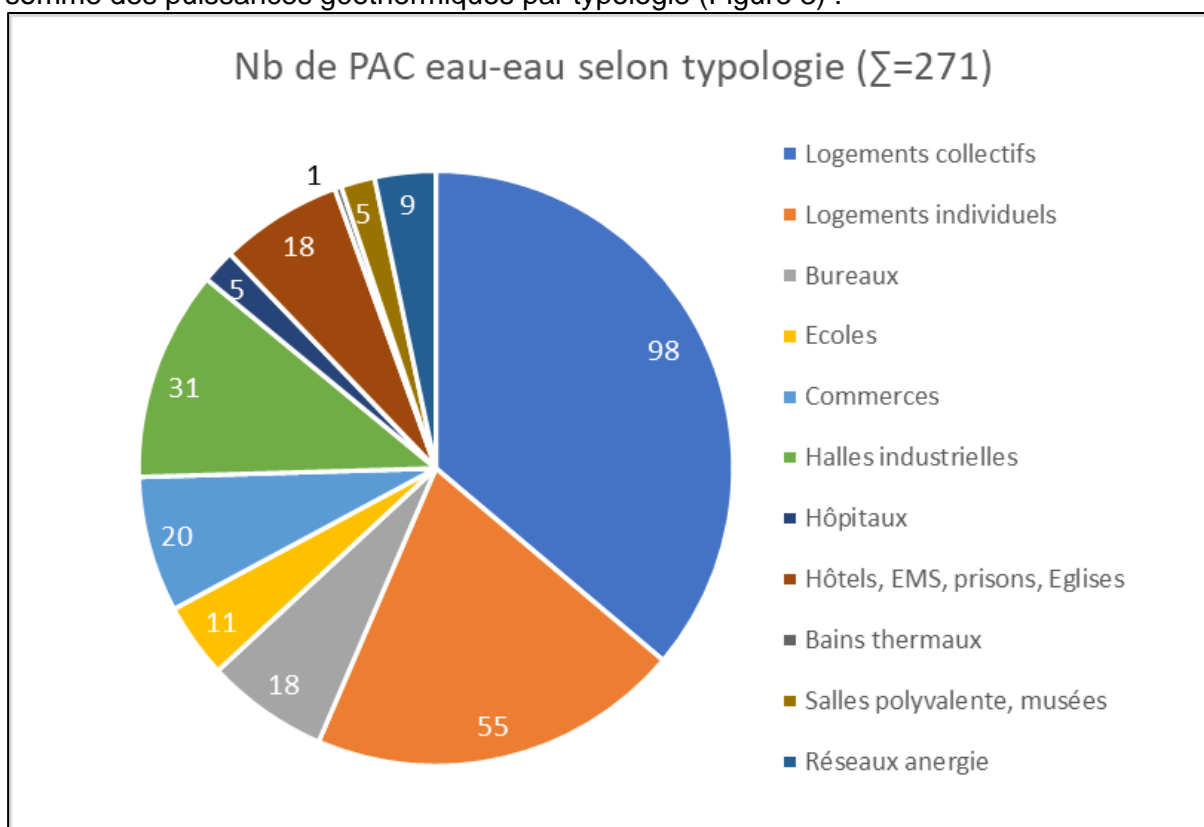


Figure 1 : Nombre de PAC par typologie

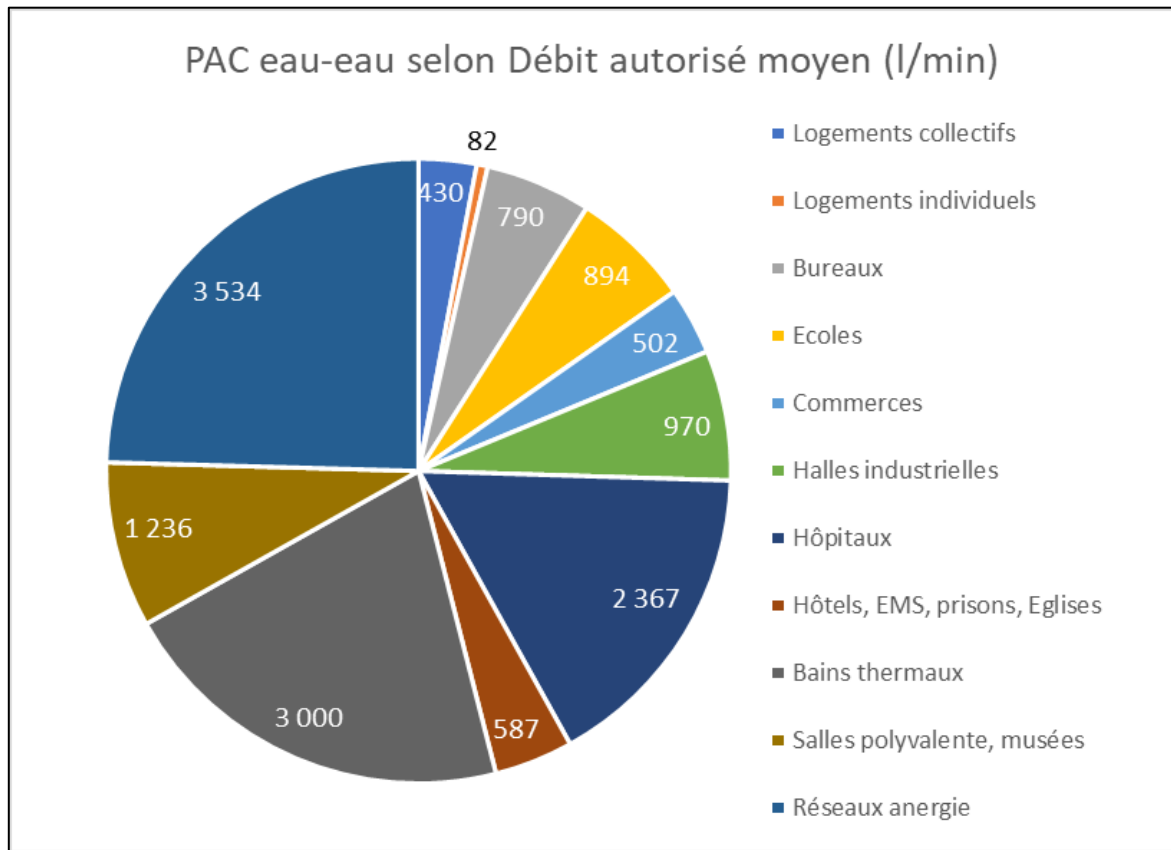


Figure 2 : Débit autorisé moyen [l/min] selon la typologie

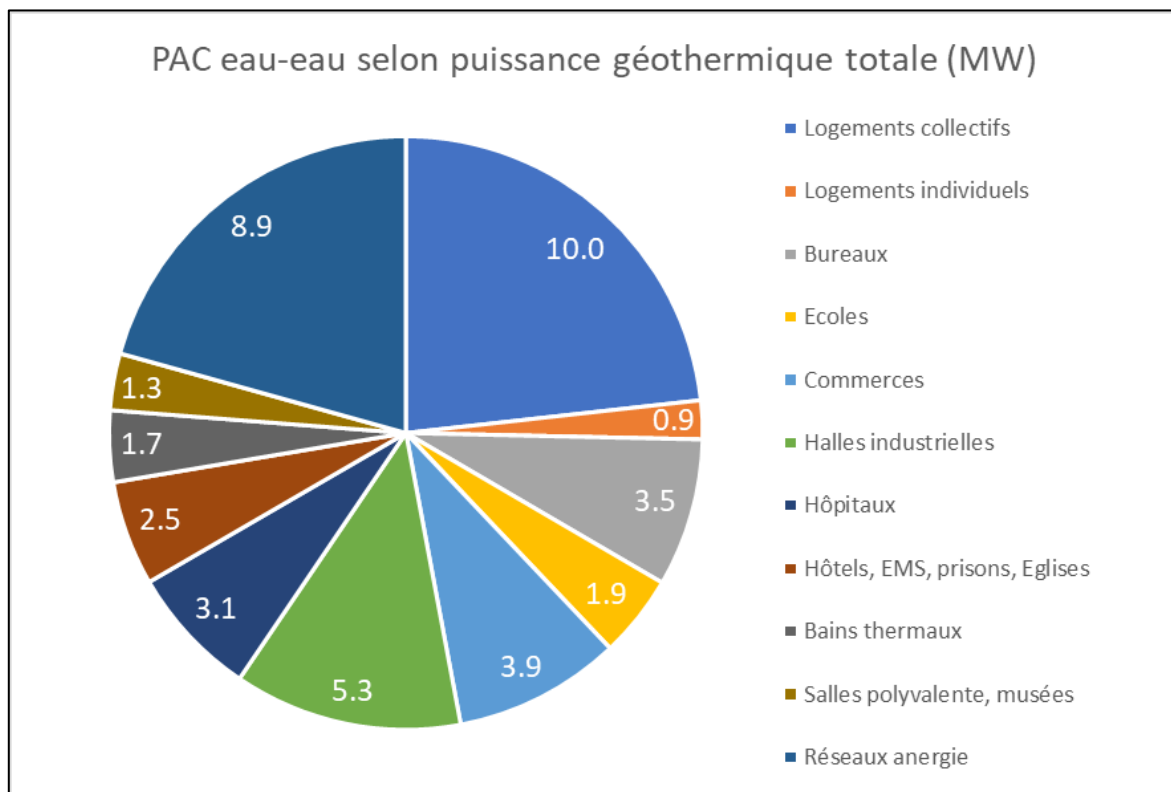


Figure 3 : Puissance géothermique moyenne [MW] selon la typologie



Le tableau ci-dessous (Figure 4) regroupe les typologies et résume les débits moyens et totaux ainsi que les puissances géothermiques (côté nappe) et thermiques (côté bâtiment) :

TYPOLOGIES	Nombre	DEBIT MOYEN	DEBIT TOTAL	Puissance Géothermique	Puissance Thermique
	nb	l/min	l/min	MW	MW
Logements collectifs	98	430	42 172	10.0	12.8
Logements individuels	55	82	4 502	0.9	1.2
Bureaux	18	790	13 430	3.5	4.5
Ecoles	11	894	9 834	1.9	2.5
Commerces	20	502	16 692	3.9	5.0
Halles industrielles	31	970	19 445	5.3	6.9
Hôpitaux	5	2 367	11 835	3.1	4.0
Hôtels, EMS, prisons, Eglises	18	587	10 200	2.5	3.2
Bains thermaux	1	3 000	3 000	1.7	2.1
Salles polyvalente, musées	5	1 236	6 357	1.3	1.7
Réseaux anergie	9	3 534	31 810	8.9	11.4
SOMME (ou moyenne)	271	625	169 277	43.0	55.3

Figure 4 : Synthèse des typologies de la BD des PAC eau-eau valaisannes

Globalement, plus de la moitié des PAC concernent des logements (collectifs ou individuels) et 30% des bureaux, écoles, commerces et halles industrielles.

Cependant, les débits moyens autorisés sont relativement différents et peuvent être classés en 7 catégories (avec des variabilités internes pouvant être importantes) :

- Environ 80 l/min pour les logements individuels ;
- Environ 450-500 l/min pour les logements collectifs, hôtels, commerces, EMS ;
- Environ 800 à 1'000 l/min pour les bureaux, écoles, halle industrielle ;
- De 2'500 l/min jusqu'à 6'000 l/min pour les réseau d'anergie ;
- D'environ 1'000 l/min à plus de 4'000 l/min pour les hôpitaux ;
- Des variations entre 500 et 2'000 l/min pour les salles polyvalentes et musées ;
- Une autorisation de pompage de 3'000 l/min pour des bains thermaux.

Finalement, les puissances géothermiques totales les plus élevées concernent les logements collectifs (23% du total) en raison de leur grand nombre et les réseaux d'anergie (21% du total) en raison de leur grande taille.

Au total, l'ensemble des débits autorisés via les rapports de faisabilité et/ou de suivi représentent près de 170'000 l/min (2.84 m³/s), soit 43 MW géothermiques. Potentiellement, sur la base de ces données de dimensionnement, cela représente une fourchette de 10 à 100 GWh/an de rejet de chaleur dans la nappe (selon le mode rafraîchissement bâtiment, confort et/ou process) et environ 40 à 120 GWh/an de prélèvement de chaleur dans la nappe (selon le mode chauffage et ECS bâtiment).



A titre comparatif, les statistiques énergétiques valaisannes mentionnent 182 GWh/an de chaleur de l'environnement en 2015 (PAC air, PAC géothermie sondes et nappes) sur les 3'100 GWh/an de chaleur consommée dans le Canton³.

Le réchauffement, respectivement le rafraîchissement de la nappe dépendent donc des modes d'utilisation des PAC eau-eau, une même ressource pouvant être utilisée plusieurs fois pour un effet globalement nul dans le temps, par exemple dans le cas d'un réseau d'énergie.

A titre comparatif, le BEG avait estimé dans un rapport de 2008 le potentiel brut de la nappe du Rhône à 40 GWh/km (20 MW/km avec $\Delta T=3K$), soit environ 3'600 GWh/an pour 90 km. Ce gisement « brut » ne tient pas compte des autres usages de la nappe (irrigation agricole, pollutions de la nappe, hautes et basses eaux, ré-infiltration, etc.).

Les 9 réseaux d'énergie étant aujourd'hui concentrés dans les communes de Brig-Glis et Naters, une analyse spécifique de ces deux communes a été réalisée et est synthétisée dans le chapitre 4.

³ Canton du Valais, 2019, Valais, Terre d'énergies : Ensemble vers un approvisionnement 100% renouvelable et indigène Vision 2060 et objectifs 2035, Sion.

4. Analyse détaillée des réseaux anergie des communes de Brig-Glis et Naters

Ce chapitre synthétise premièrement les éléments de la base de données concernant Brig-Glis et Naters, l'évolution de la température de la nappe du Rhône et le type de modélisation réalisée dans les rapports de faisabilité transmis au SEN. Dans un second temps, le fonctionnement des réseaux d'anergie actuellement en exploitation est analysé sur la base des données transmises par les exploitants afin d'évaluer leurs performances et les impacts réels sur la ressource nappe. Sur Brig-Glis, le développement prévu par le plan directeur de l'énergie est comparé avec l'état actualisé.

4.1 Nombre et débits des installations de PAC eau-eau

La base de données indique les résultats suivants pour Brig-Glis et Naters (Figure 5) :

	Nombre d'installations	DEBIT MOYEN	DEBIT TOTAL	Puissance Géothermique	Puissance Thermique	Pourcentage du débit de la BD cantonale
	nb	l/min	l/min	MW	MW	%
Brig-Glis	31	1'060	32'800	9.0	11.6	21%
Naters	31	900	26'200	7.3	9.4	17%
TOTAL	62	980	59'000	16.3	21.0	38%

Figure 5 : Synthèse du nombre d'installations, des débits et des puissances des PAC eau-eau autorisées dans les communes de Brig-Glis et Naters

On constate que les communes de Brig-Glis et Naters ont déjà autorisé une soixantaine d'installations pour environ 60'000 l/min (1 m³/s). La somme des installations a un débit moyen deux fois plus élevés que le débit moyen de toute la base de données valaisannes. Cela est notamment dû aux 9 autorisations concernant des réseaux d'anergie (qui totalisent plus de 30'000 l/min).

L'ensemble des installations est représenté ci-dessous (Figure 6) selon la taille des débits autorisés :

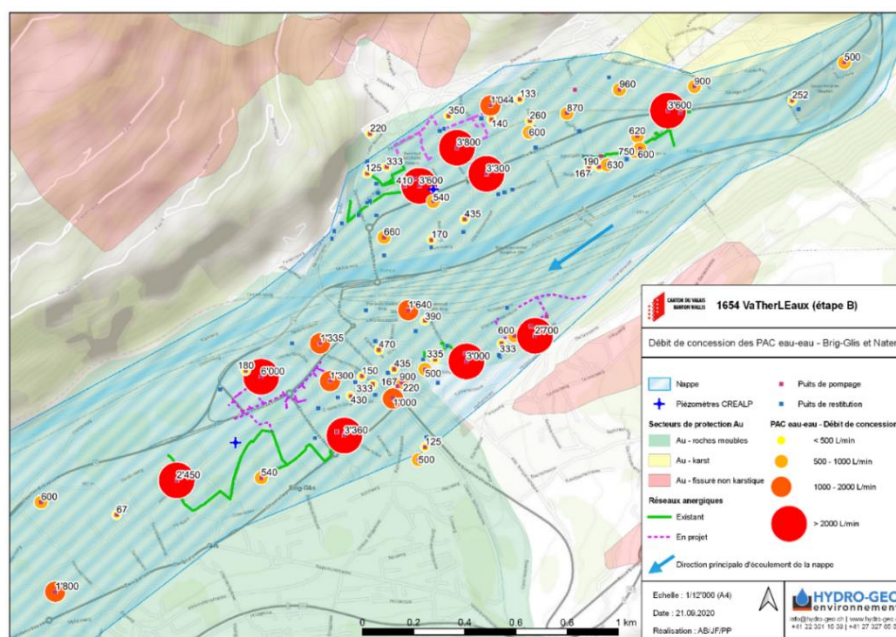


Figure 6 : installations et débits autorisés sur les communes de Brig-Glis et Naters

4.2 Evolution des températures de la Nappe du Rhône

Le master de M. Gabioud⁴ a montré la complexité du fonctionnement thermique de l'aquifère alluvial de la plaine du Rhône entre Riddes et Martigny avec des facteurs très variés qui influencent la température de la nappe : géologiques, hydrogéologiques, météorologiques et anthropiques. Les températures moyennes de la nappe alluviale entre Riddes et Martigny fluctuent entre 9 et 13°C (en dehors de l'anomalie thermique de Saxon) au cours de l'année.

Les données de température et de niveau de la nappe du Rhône sont suivies par le CREALP et la position et valeurs de 3 piézomètres de la zone de Brig-Naters sont représentées ci-dessous (Figure 7, 8, 9, 10) :

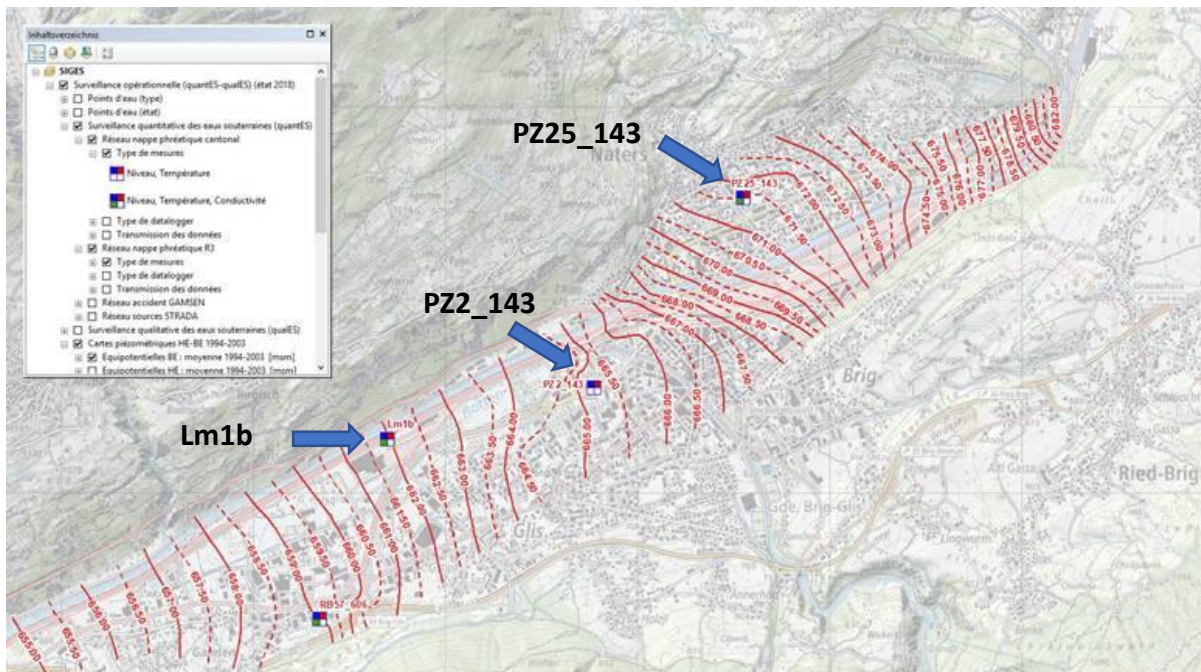


Figure 7 : Situation et numéro des piézomètres analysés pour l'étude

Pour la nappe du Rhône, l'évolution de la température de la nappe est essentiellement liée à :

- Facteurs géologiques ou hydrogéologiques (épaisseur de la couverture de limon, connexions entre des aquifères différents, apports hydrothermaux, recharge de la nappe par le Rhône, canaux de drainage de la plaine) ;
- Facteurs météorologiques (saisons, température atmosphérique, recharge de la nappe par les précipitations et la fonte des glaces) ;

Dans ce contexte, l'impact thermique réel des PAC eau-eau est difficile à appréhender mais pourrait se voir sur les piézomètres de la nappe en cas de dérives de la température de la nappe sur le long terme.

⁴ Gabioud, 2018, *Etude du thermalisme de l'aquifère alluvial de la plaine du Rhône entre Riddes et Martigny (Valais)*, Master en Hydrogéologie et Géothermie, Université de Neuchâtel

L'évolution multi-annuelle des températures de la nappe et de l'épaisseur de la zone non saturée dans la zone de Naters montre les variations suivantes (Figure 8) :

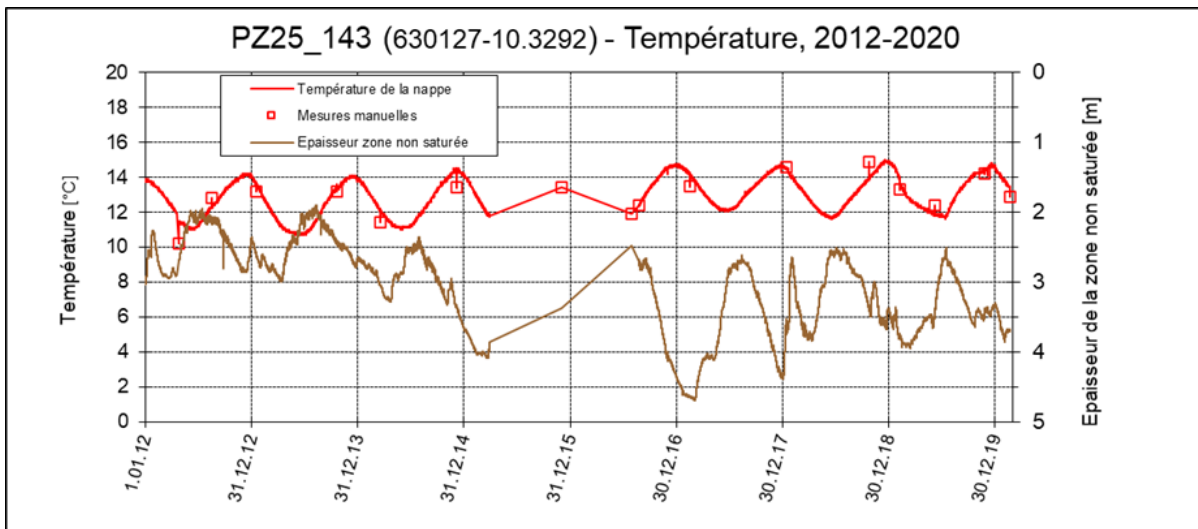


Figure 8 : Evolution température et épaisseur zone non saturée –Naters (source CREALP)

L'enveloppe des températures annuelles se situe naturellement entre 11° et 14°C sans évolution notable entre les années. Les températures les plus élevées se situent autour de fin décembre et les températures les plus basses en fin de printemps /début d'été.

L'évolution multi-annuelle des températures de la nappe et de l'épaisseur de la zone non saturée dans la zone de Brig centre montre les variations suivantes (Figure 9) :

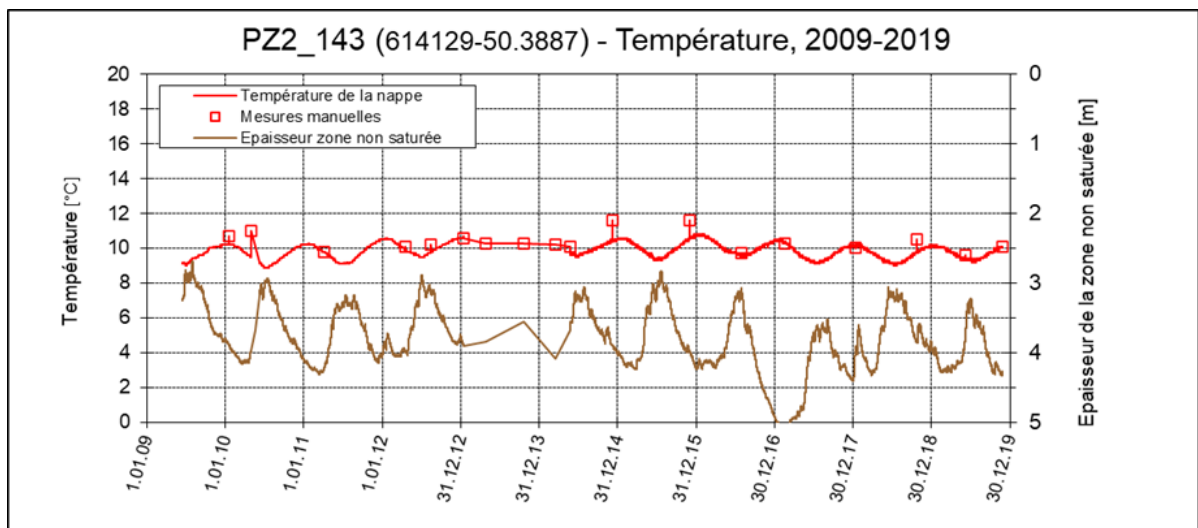


Figure 9 : Evolution température et épaisseur zone non saturée –Brig centre (source CREALP)

L'enveloppe des températures se situe entre 9° et 10°C, avec peu d'amplitude et sans évolution notable dans le temps. Ces températures correspondent aux valeurs standards pour la zone de Brig (voir les différents rapports OSPAG). Les températures sont un peu plus élevées vers fin décembre et plus faibles en fin de printemps /début d'été.

L'évolution multi-annuelle des températures de la nappe et de l'épaisseur de la zone non saturée dans la zone en aval de Brig montre les variations suivantes (Figure 10) :

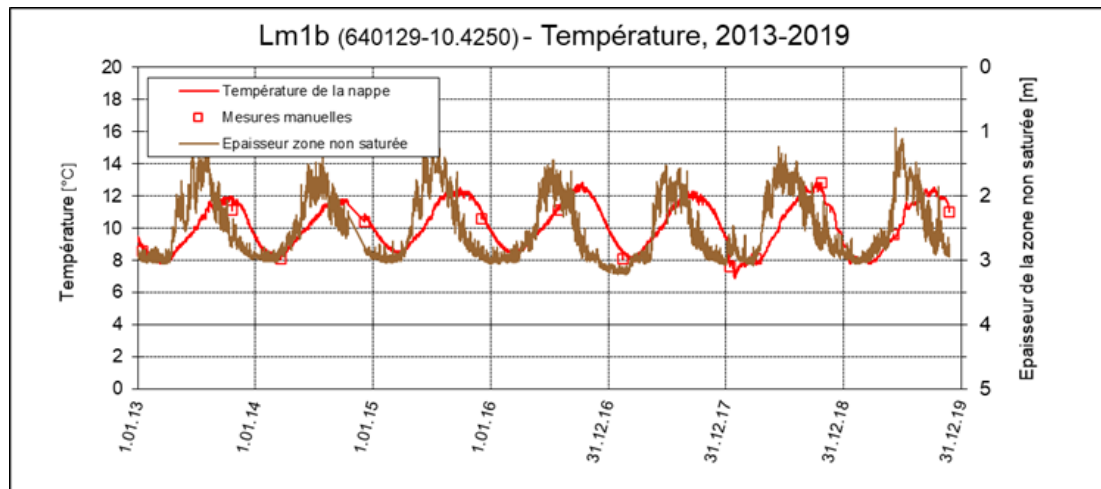


Figure 10 : Evolution température et épaisseur zone non saturée – Brig aval (source CREALP)

L'enveloppe des températures se situe entre 8° et 12°C. Les températures les plus élevées se situent en septembre et les températures les plus basses en février, ce qui est décalé par rapport aux données des 2 autres piézomètres.

Les effets à long terme des PAC sur leur source froide (ici la nappe) dépendent de leur usage réel, soit :

- Prélèvement de chaleur dans la nappe en hiver pour la production de chaud dans le bâtiment (=refroidissement de la nappe en hiver) ;
- Restitution de chaleur dans la nappe en été pour la production de froid dans le bâtiment (=réchauffement de la nappe en été) ;

Vu l'évolution actuelle et passée des températures des différents piézomètres, il n'y a aucun effet perceptible à l'échelle du périmètre global de la nappe en lien avec l'augmentation du nombre de PAC eau-eau dans la région de Brig-Glis-Naters. Des interactions négatives sont toutefois possibles à long terme entre des installations proches mais n'ont pas été mesurées ou signalées à ce jour.

4.3 Modélisations des installations de PAC eau-eau dans les rapports de faisabilité transmis au SEN

Sur la cinquantaine de rapports de faisabilité des communes de Brig-Glis et Naters analysés, environ un tiers contiennent une forme de simulation de l'évolution des températures de la nappe liée à l'installation spécifique planifiée. Un exemple récent et représentatif de ces rapports est l'analyse de l'hôpital de Brig réalisé par le bureau OSPAG⁵ (Figure 11) :

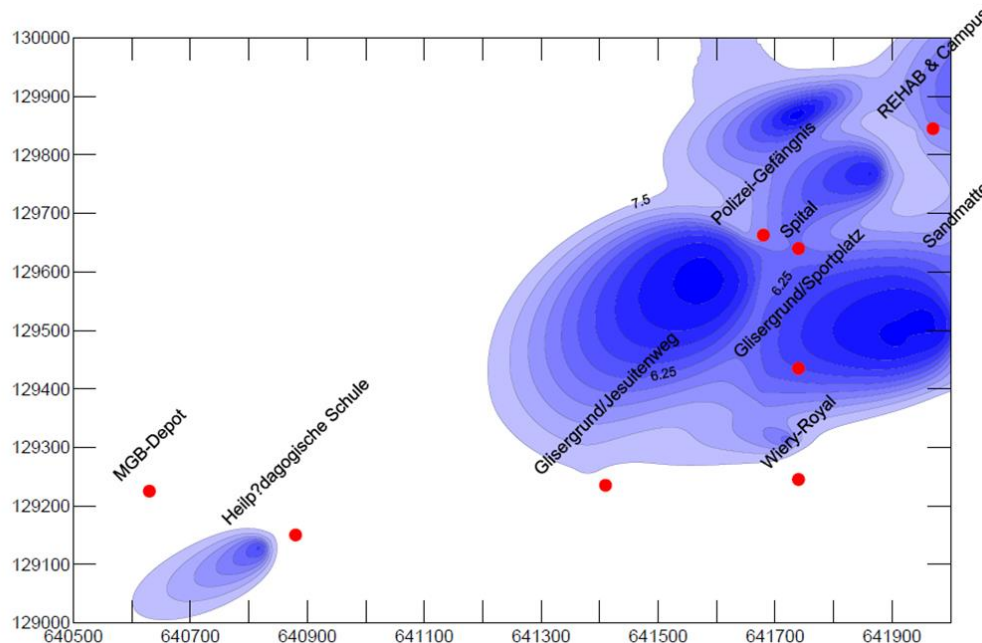


Figure 11 : Résultats de la simulation de la température de la nappe après 12 semaines d'utilisation (source : OSPAG, 2018)

L'analyse des différents rapports montre que les modèles présentés ne sont généralement pas reproductibles, notamment en raison des manques suivants :

- Pas d'indication sur le logiciel utilisé ;
- Pas de conditions limites au modèle ;
- Pas de calibration du modèle ;
- Pas de courbes des débits et des températures des exploitations alentours ;
- Pas de données énergétiques mensuelles (chaud/froid) concernant le projet considéré ;
- Pas de validation avec des données réelles ;

A l'avenir, le Canton pourrait fixer des recommandations pour les communes et les bureaux souhaitant réaliser des modélisations thermo-hydrauliques, par exemple en fixant les caractéristiques minimales du modèle et en fournissant un socle de données réelles d'installations existantes pour calibrer le modèle.

Dans une vision future, la réalisation d'une modélisation à l'échelle régionale intégrant les données des piézomètres et de certaines installations de PAC eau-eau pourrait être réalisée. Cela permettrait de gérer les autorisations en cours, de mieux évaluer les futures demandes d'exploitation et de mesurer les éventuels effets sur la nappe dans la zone du modèle.

⁵ OSPAG, 2018, *Probebrunnen EnergieNetz Spital*, Brig-Glis, mandat 2585

4.4 Analyse détaillée des réseaux d'énergie

Les premiers réseaux d'énergie datent des années 2013-2014 et se sont développés dans le temps avec encore plusieurs réseaux en cours de développement. Sur la base de données récentes, une analyse fine a pu être effectuée ci-après. L'analyse est réalisée séparément par commune.

4.4.1 Brig-Glis

Les 31 installations autorisées à Brig-Glis sont réparties comme suit (Figure 12) :

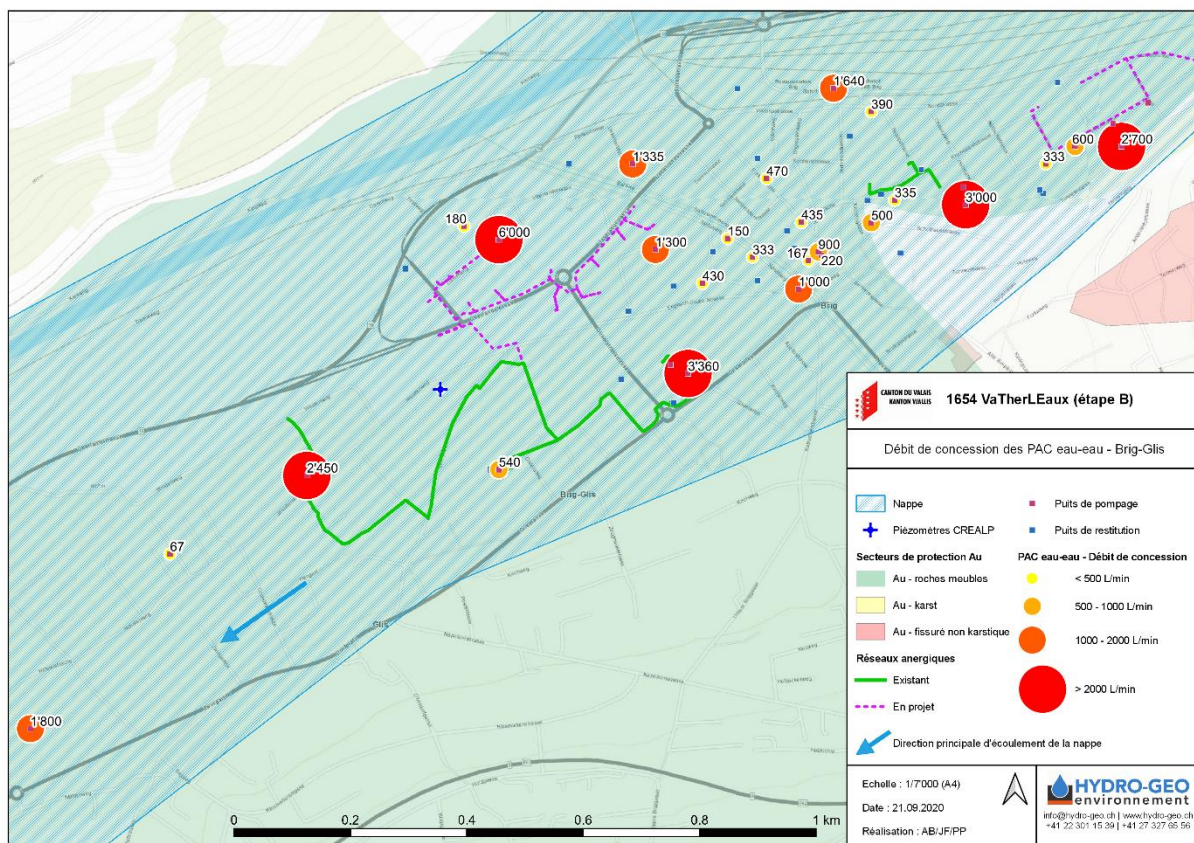


Figure 12 : installations et débits autorisés sur la commune de Brig-Glis

Cinq réseaux d'énergie sont présents à Brig-Glis, dont 2 en développement. Aucune donnée réelle n'a été récoltée sur le fonctionnement des 26 autres PAC eau-eau autorisées en dehors des informations des rapports de faisabilité.



Les autorisations concernant les réseaux d'énergie se répartissent comme suit (Figure 13) :

	Commune de BRIG-GLIS						SOMME	MOYENNE
	Rhonesand	Schinerstrasse (connexion Rhonesand)	Glismatta / Glisergrund	Jesuitenweg	Spital (connexion Jesuitenweg)			
Débits autorisés (l/min)	3 000	2 700	3 360	2 450	6 000	17 510	3 502	
En fonction depuis	2014	en cours de développement	2015	2018	en cours de développement			

Figure 13 : réseaux d'énergie sur la commune de Brig-Glis

Il s'agit ici des débits autorisés (« dimensionnement ») et non des débits réellement exploités, qui évoluent dans le temps selon le développement du réseau d'énergie. La somme des débits autorisés représente plus de 50% des débits autorisés de la commune (32'800 l/min).

Trois réseaux d'énergie sont actuellement en exploitation, gérés par la commune de Brig : Rhonesand, Glismatta et Jesuitenweg. Deux réseaux supplémentaires sont en cours de planification et vont permettre une interconnexion entre plusieurs de ces réseaux. Des données mensuelles et horaires transmises par la commune ont permis les analyses qui suivent.

Réseau d'énergie Rhonesand

Ce réseau a été planifié dès 2012 et mis en service en 2014. La commune de Brig gère le réseau. Quelques caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous (Figure 14) :

Débit autorisé nappe	50 l/s (3'000 l/min)
Débit souscrit réseau énergie	41 l/s
Nb de sous-stations (SST)	6 SST
Longueur réseau principal	≈ 300m
Energies fournies / restituées	≈ 900 MWh/an prélevé ≈ 20 MWh/an restitué
Densité réseau énergie	3 MWh/m/an (chaud) 0.1 MWh/m/an (froid)
Consommation électricité centrale énergétique	70 MWh/an
COPA réseau (hors électricité PAC clients)	13

Figure 14 : Synthèse des principales caractéristiques du réseau d'énergie Rhonesand

Les données horaires transmises couvrent une année glissante du 1^{er} mai 2019 au 30 avril 2020, avec un trou de données de deux semaines au début novembre, visible sur les différentes figures de ce chapitre.

Le schéma de principe simplifié du réseau est reproduit ci-dessous (Figure 15) :

LEGENDE des périmètres traitillés	
Pompage	
Echangeurs 1 et 2	
Réseau Energie	
Rejet nappe	
Rejet eaux claires	

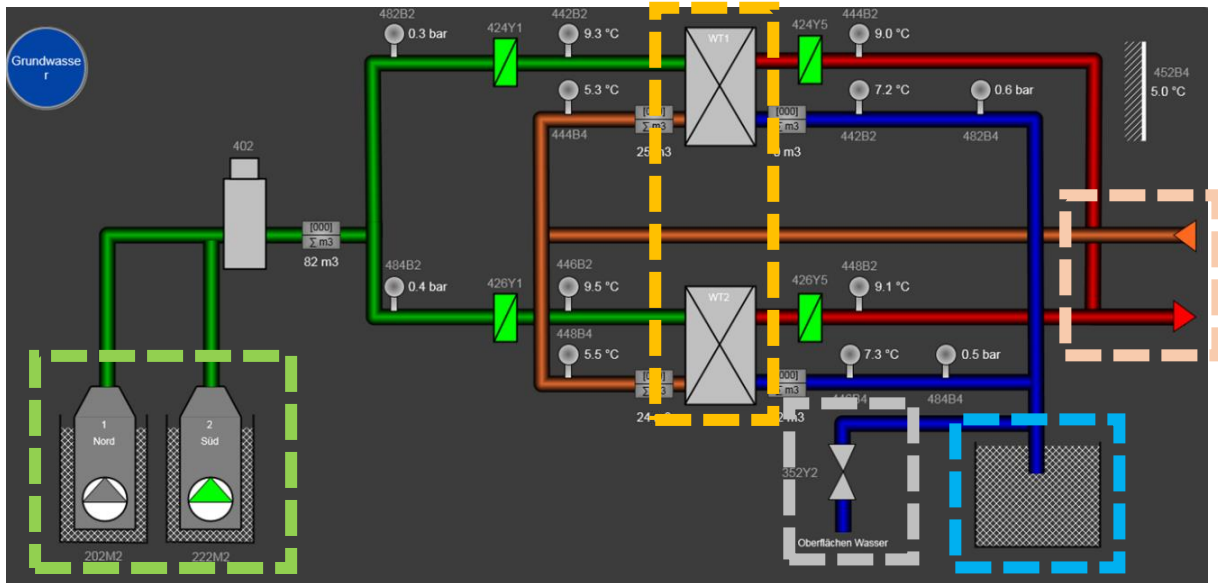


Figure 15 : Schéma de principe de fonctionnement du réseau energie Rhonesand (adapté du schéma transmis par la commune de Brig-Glis)

Physiquement, l'eau de la nappe (lignes en vert et bleu sur la Figure 15) n'entre pas en contact du réseau d'énergie (lignes en orange et rouge sur la Figure 15) grâce aux échangeurs. L'échange d'énergie thermique a lieu au niveau de l'échangeur avec des différentiels de température qui peuvent être variables en raison des débits de pompage de l'eau de la nappe et de celle du réseau d'énergie.

Selon les informations horaires transmises par la commune, seule la pompe du puits Sud a fonctionné durant toute l'année 2019-2020, la pompe du puits Nord n'ayant jamais été mis en marche. Cela prouve que les besoins en énergie du réseau sont encore en deçà des maximums prévus et qu'un seul puits de capacité de 1'500 l/min suffit à fournir l'ensemble des prestations actuelles du réseau. Cela dit, il serait recommandé de faire tourner la pompe du puits Nord 2 ou 3 fois par année pour s'assurer du bon fonctionnement des ouvrages.

Un by-pass pour rejeter dans les eaux claires existe mais les données horaires ne sont pas télé-relevées. Même s'il semble que le rejet dans les eaux de surface ne soit jamais utilisé, il serait utile pour le Canton d'avoir à disposition cette donnée.



Les températures de pompage et de rejet ainsi que le différentiel de température sont représentés ci-dessous pour l'échangeur 1 (Figure 16) :

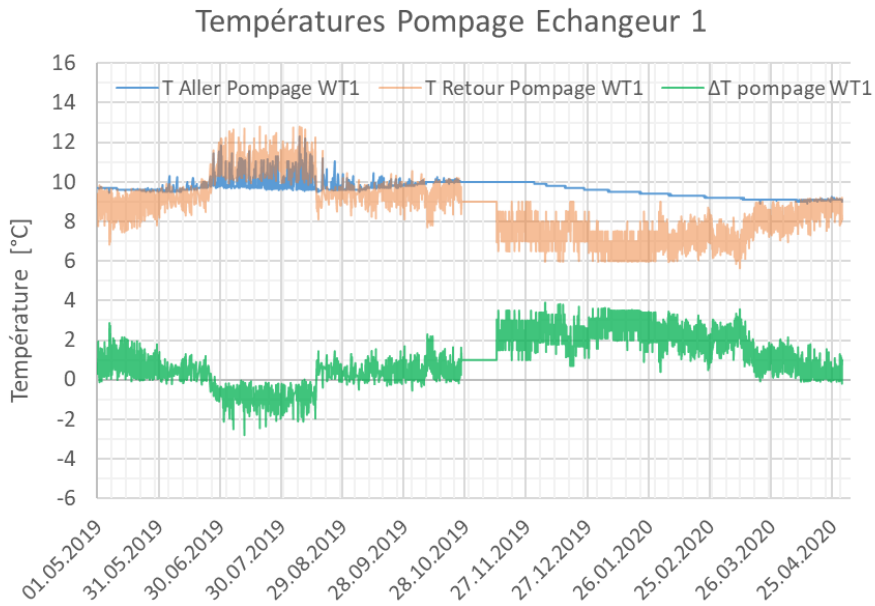


Figure 16 : Température pompage et rejet et ΔT côté puits (Rhonesand)

Le deuxième échangeur à des températures pratiquement identiques à l'échangeur 1 et n'est pas représenté.

La température de retour correspond à la température de rejet dans la nappe. On observe que la température de la nappe est relativement stable autour de 9 à 10°C (en bleu) et que la température de rejet fluctue entre 6°C en hiver et 13°C en été (en orange). Le différentiel de température oscille entre -2K en été et +4K en hiver. Pour mieux expliciter les enjeux, la suite de l'analyse est présentée avec les données en moyenne journalière.

Les données de température et de débits des puits de pompage ainsi que celles du réseau d'anergie sont représentées en valeur moyenne journalière ci-dessous (Figure 17 et Figure 18) :

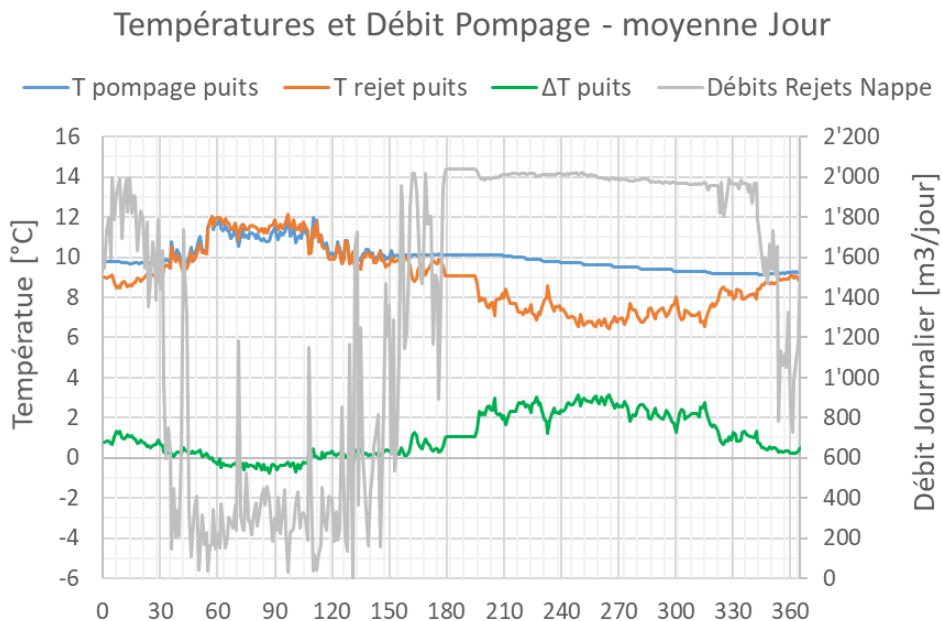


Figure 17 : Températures, ΔT et débit côté puits (Rhonesand)

Températures et Débit Réseau - moyenne Jour

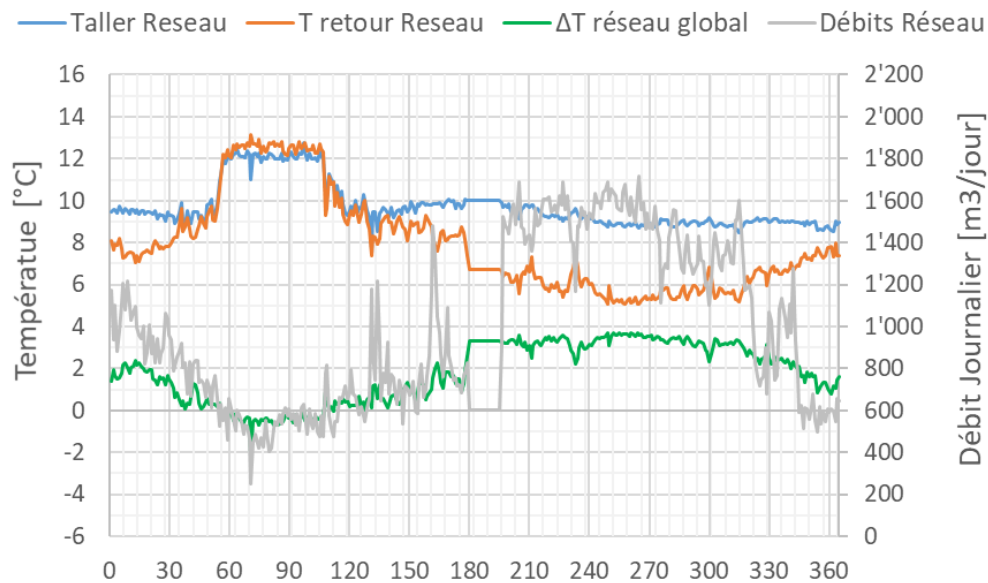


Figure 18 : Températures, ΔT et débit côté réseau d'énergie (Rhonesand)

Plusieurs différences entre le circuit hydraulique des puits et celui du réseau d'énergie peuvent être relevées :

- Débits des puits plus faibles que ceux du réseau en été et inversement (puits plus importants que réseau en hiver);
- Température de retour du réseau en hiver plus faible que la température de rejet (lié à l'échangeur thermique et aux pertes réseaux) ;
- Globalement, le ΔT du réseau est optimisé par rapport au ΔT des puits, ce qui se traduit par une différence de consommation des volumes d'eau des deux réseaux ;

Concernant l'énergie transitant dans l'eau de la nappe et dans celle du réseau, elles sont pratiquement identiques comme le montre la Figure 19 suivante :

Energies - moyenne Jour

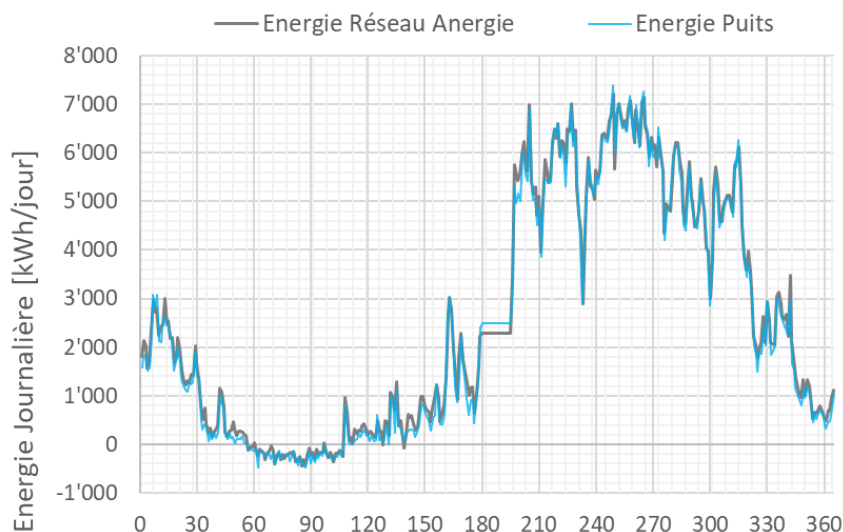


Figure 19 : Energies journalières transitant dans le réseau d'énergie (gris) ou le réseau des puits (bleu) - Rhonesand

Globalement, les principaux résultats énergétiques du réseau Rhonesand sont (Figure 20) :

	Unités	Réseau Puits	Réseau d'anergie
Energie soutirée	MWh/an	914	925
ΔT (soutiré)	K	1.4	2.2
Energie restituée	MWh/an	13	17
ΔT (restitué)	K	-0.4	-0.8
Volume total	m ³ /an	505'000	358'000

Figure 20 : Synthèse des données énergétiques du réseau Rhonesand

Les besoins énergétiques sont d'environ 900 MWh/an (source froide), pour une consommation d'électricité dans la centrale d'environ 70 MWh/an. Cela représente un coefficient de performance annuel (COPA) d'environ 13 pour le réseau (hors électricité des PAC des clients). Les données de la Figure 20 montrent que la grande majorité de l'énergie du réseau (>95%) sert à des prestations de chauffage / eau chaude sanitaire (ECS) chez les clients. Cette affirmation est corroborée par l'analyse des besoins énergétiques du réseau selon la température extérieure.

Avec les données à notre disposition, il n'est pas possible d'évaluer la part d'énergie échangée entre les clients via le réseau d'anergie (mutualisation énergétique). Cela dit, vu les consommations globales, cette part doit être très faible.

A l'aide des données mensuelles des volumes prélevés par les clients du réseau, on peut comparer les débits mensuels moyens prélevés à la nappe, les débits circulant sur le réseau et la somme des débits prélevés par les clients (Figure 21) :

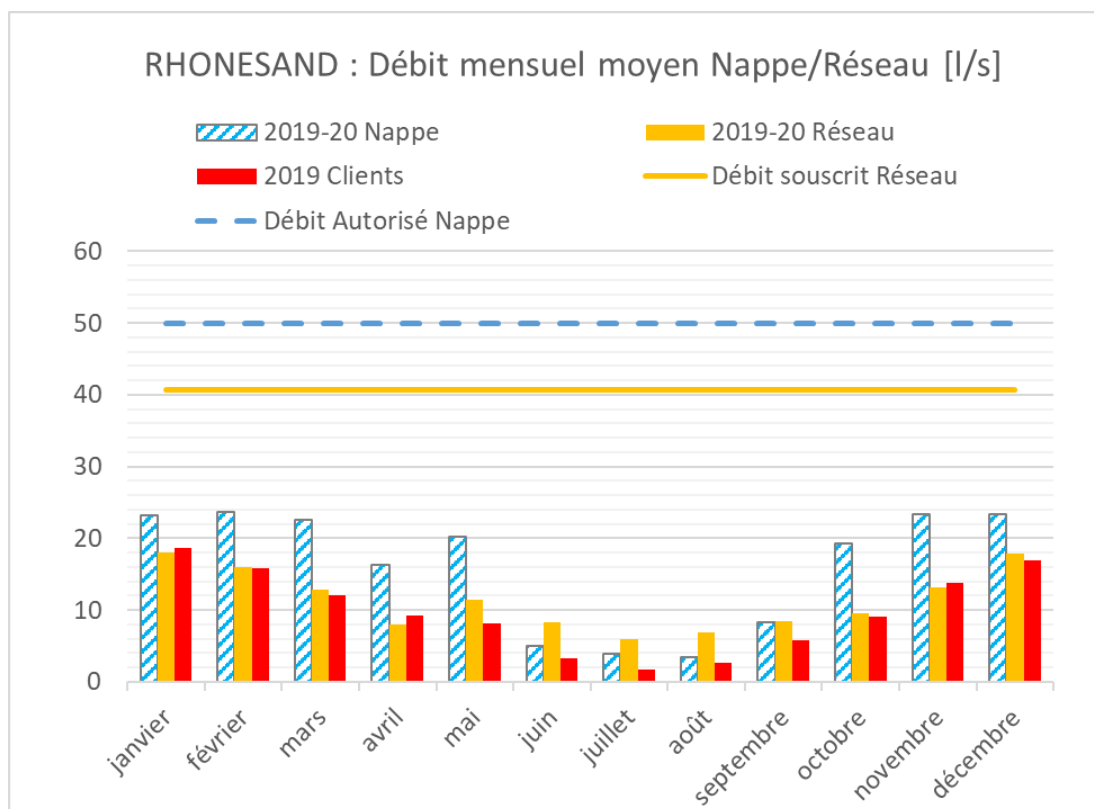


Figure 21 : Débits mensuels moyens nappe, réseau et somme clients (Rhonesand)



Les débits prélevés à la nappe en hiver correspondent à environ la moitié des débits nominaux autorisés et représentent sur l'année environ un tiers des débits autorisés (32%). En énergie, le soutirage annuel ne représente plus que 17% de l'énergie potentielle de la nappe⁶.

Les débits souscrits sur le réseau représentent aujourd'hui 80% des débits prélevés à la nappe. Comme mentionné précédemment, les débits sur le réseau ne sont pas équivalents à ceux prélevés sur la nappe, et pourraient même être supérieurs du moment que l'énergie restituée reste inférieure à l'énergie potentielle de la nappe.

Une analyse par clients du réseau a été partiellement réalisée dans le cadre de ce mandat (4 clients sur les 5 actuellement connectés). Toutefois, cette analyse reste complexe sans avoir accès aux données des secondaires (chez les clients) et sans avoir les débits horaires de chaque client. Avec les données à disposition (volumes mensuels), on peut penser que 2 clients sur 4 n'ont aucun besoin de froid et que les 2 autres ont de faibles besoins de froid de confort. Les volumes estivaux (juin à septembre) correspondent à 10% des volumes annuels du réseau d'anergie, sachant qu'une partie des clients ont également des besoin d'ECS en été.

Sur la base des factures annuelles et de l'énergie calculée ci-dessus (Figure 20), le coût de la source froide pour les clients est d'environ 11 à 12 cts/kWh froid. En admettant un coût d'électricité de 20 cts/kWh et un COPA de 4.5, le coût de l'énergie thermique finale est estimé à environ 13 à 14 cts/kWh thermique (hors frais de maintenance et frais financiers d'investissements).

Réseau d'anergie Glismatta-Glisergrund

Ce réseau a été planifié dès 2014 et mis en service en 2015. La commune de Brig gère le réseau. Quelques caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous (Figure 22) :

Débit autorisé nappe	56 l/s (3'360 l/min)
Débit souscrit réseau anergie	10 l/s (2019) ; 32 l/s (2020)
Nb de sous-stations (SST)	3 SST (2019) ; 4 SST (2020)
Longueur réseau principal	Env. 1.1 km
Energie prélevé / restituée	≈ 400 MWh/an prélevé ≈ 15 MWh/an restitué
Densité réseau anergie	0.4 MWh/m/an (chaud) 0 MWh/m/an (froid)
Consommation électricité centrale énergétique	50 MWh/an
COPA réseau (hors électricité PAC clients)	8

Figure 22 : Synthèse des principales caractéristiques du réseau d'anergie Glismatta

⁶ calculée avec débit nominal et $\Delta T = 3K$



Les données horaires transmises couvrent une année glissante du 1^{er} mai 2019 au 30 avril 2020, avec plusieurs trous de données ou des incohérences sur la période de mai à septembre. Il n'y a par exemple aucune pompe des puits en fonctionnement sur la période du 23 mai au 15 juin et du 12 août au 4 octobre 2019.

Selon les informations horaires transmises par la commune, seule la pompe du puits Sud a fonctionné durant toute l'année 2019-2020, la pompe du puits Nord n'ayant jamais été mis en marche. Cela prouve que les besoins en énergie du réseau sont encore en deçà des maximums prévus et qu'un seul puits de capacité suffit à fournir l'ensemble des prestations actuelles du réseau. Cela dit, il serait recommandé de faire tourner la pompe du puits Sud 2 ou 3 fois par année pour s'assurer du bon fonctionnement des ouvrages.

Les températures de pompage et de rejet ainsi que le différentiel de température sont représentées ci-dessous en enlevant les valeurs lorsque la pompe du puits ne fonctionne pas (Figure 23) :

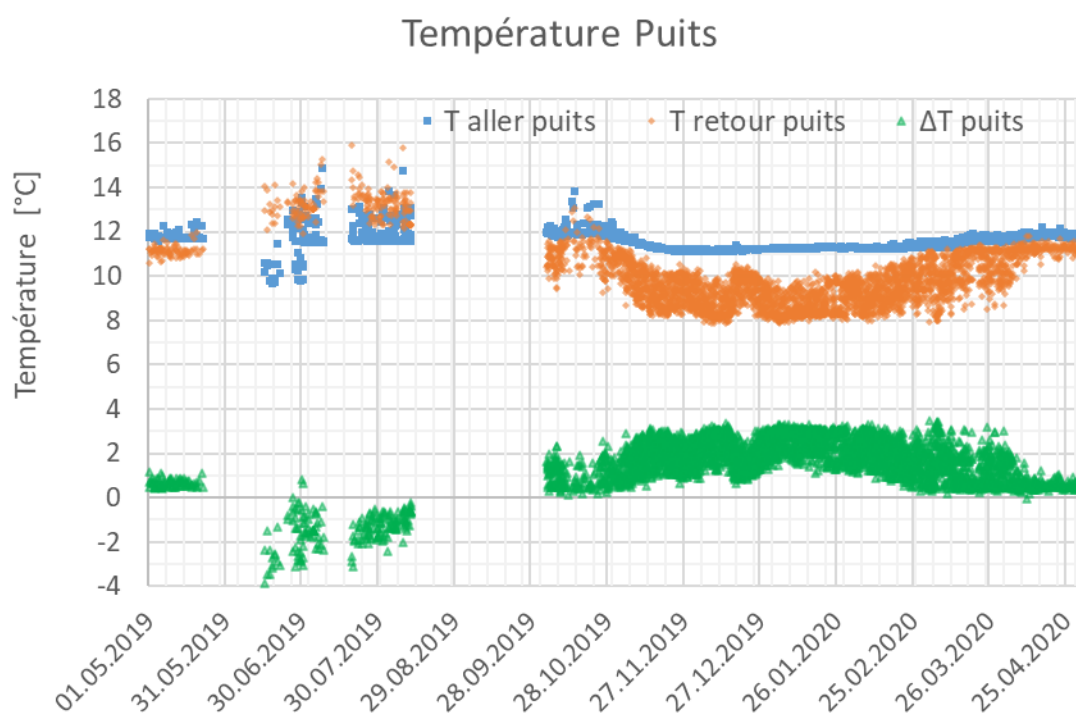


Figure 23 : Température pompage et rejet et ΔT côté puits (Glismatta)

La température de retour correspond à la température de rejet dans la nappe. On observe que la température de la nappe est relativement stable autour de 11 à 12°C (en bleu) et que la température de rejet fluctue entre 8°C en hiver et 14°C en été (en orange). Les quelques valeurs ponctuellement plus élevées en été (15-16°C) sont des valeurs transitoires lors des démarrages de la pompe du puits. Le différentiel de température oscille entre -3K en été et +3.5K en hiver.

Les données de température et de débits des puits de pompage ainsi que celles du réseau d'énergie sont représentées en valeur moyenne journalière ci-dessous (Figure 24 et Figure 25) :

Températures et Débit Pompage - moyenne Jour

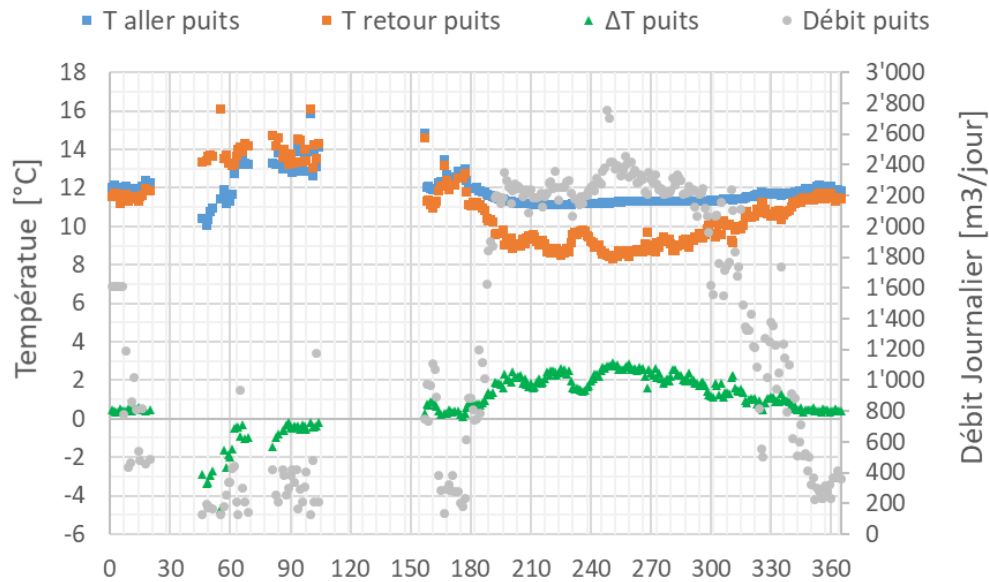


Figure 24 : Températures, ΔT et débit côté puits (Glismatta)

Températures et Débit Réseau - moyenne Jour

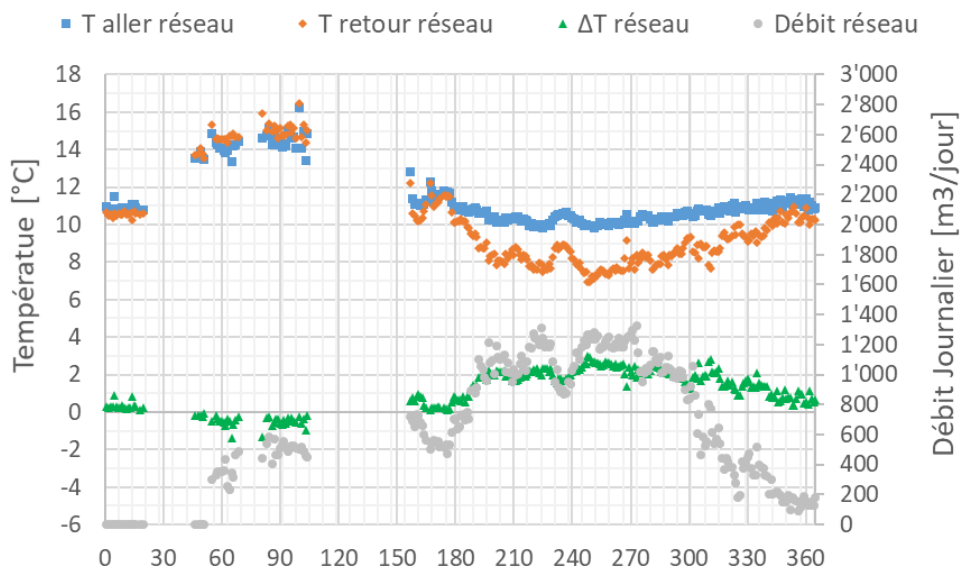


Figure 25 : Températures, ΔT et débit côté réseau d'énergie (Glismatta)

Plusieurs différences entre le circuit hydraulique des puits et celui du réseau d'énergie peuvent être relevées :

- Débits des puits plus du double de ceux du réseau en hiver ;
- Température de retour du réseau en hiver un peu plus faible que la température de rejet (lié à l'échangeur thermique et aux pertes réseaux) ;
- Globalement, le ΔT du réseau et celui des puits est relativement similaire ;



Concernant l'énergie transitant dans l'eau de la nappe et dans celle du réseau, elles ont presque un facteur 2 comme le montre la Figure 26 :

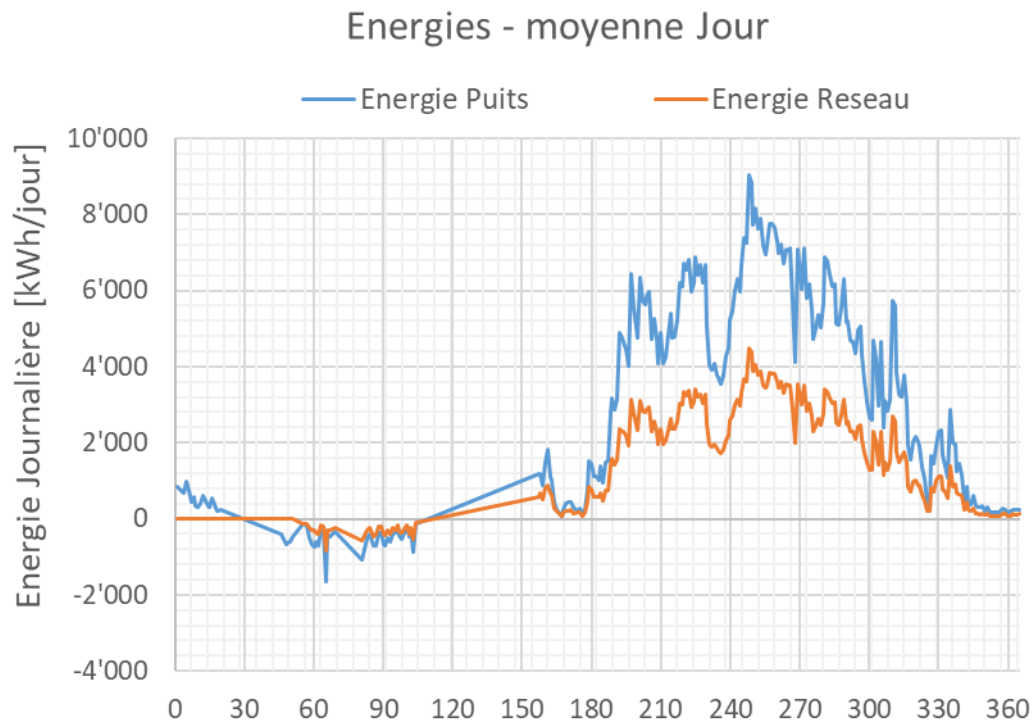


Figure 26 : Energies journalières transitant dans le réseau d'énergie (orange) ou le réseau des puits (bleu) - Glismatta

Cette différence n'est physiquement pas correcte et doit probablement être issue d'une erreur de valeur dans un des débitmètres. Il est aussi possible qu'une des températures (côté puits ou réseau) soit mal étalonnée et décalée d'un degré.

Globalement, les principaux résultats du réseau d'énergie Glismatta sont (Figure 27) :

	Unités	Réseau Puits ⁷	Réseau d'énergie
Energie soutirée	MWh/an	778	379
ΔT (soutiré)	K	1.8	2.0
Energie restituée	MWh/an	22	12
ΔT (restitué)	K	-1.4	-1.9
Volume total	m ³ /an	356'000	156'000

Figure 27 : Synthèse des données énergétiques du réseau Glismatta

A priori, en se basant sur les volumes annuels de consommation des clients déjà connectés (56'000 m³/an) et sachant qu'un gros client s'est connecté courant 2019, il est probable que le volume total de 150'000 m³ du réseau soit le plus proche de la réalité⁸.

⁷ Valeurs puits moins fiables que valeurs Energie

⁸ Ce gros client représente deux fois plus que la somme du débit souscrit par les 3 clients actuels, mais les volumes mensuels consommés ne nous ont pas été communiqués.



Cela voudrait dire que les besoins énergétiques sont d'environ 400 MWh/an (source froide), pour une consommation d'électricité dans la centrale d'environ 50 MWh/an. Cela représente un coefficient de performance annuel (COPA) d'environ 8 pour le réseau (hors électricité des PAC des clients). Avec les données à notre disposition, il n'a pas été possible d'évaluer la part pour des prestations de chaud ou de froid, mais selon la Figure 26 et l'analyse des besoins énergétiques du réseau selon la température extérieure, la majeure partie des besoins des clients sont des prestations de chauffage et ECS (>90%).

A l'aide des données mensuelles des volumes prélevés par tous les clients du réseau transmises par la commune, on peut comparer les débits mensuels moyens prélevés à la nappe, les débits circulant sur le réseau et la somme des débits prélevés par les clients (Figure 28) :

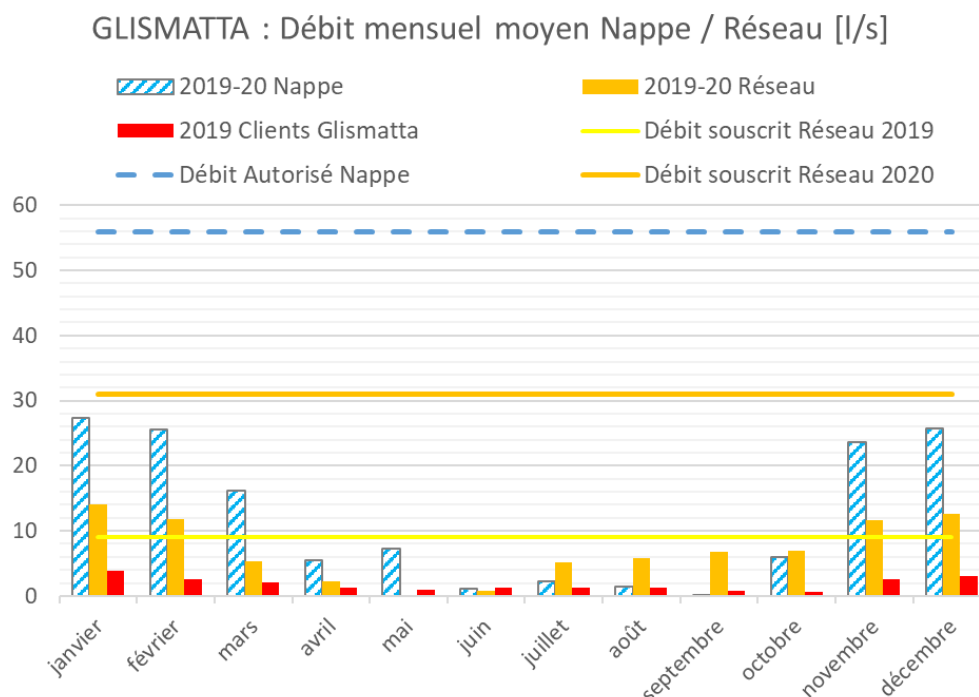


Figure 28 : Débits mensuels moyens nappe, réseau et somme clients (Glismatta)

Les débits prélevés à la nappe en hiver correspondent à environ la moitié des débits nominaux autorisés (sous réserve que ce débitmètre soit correct). En raison du manque de données, les valeurs pour l'été ne sont pas fiables. En énergie, le soutirage annuel représenterait environ 15% de l'énergie potentielle de la nappe (avec $\Delta T = 3K$). Les débits souscrits sur le réseau en 2020 représentent 55% des débits autorisés à la nappe.

Réseau d'énergie Jesuitenweg

Ce réseau a été planifié dès 2015 et mis en service en 2018. La commune de Brig gère le réseau. Quelques caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous (Figure 29) :

Débit autorisé nappe	41 l/s (2'450 l/min)
Débit souscrit réseau anergie	14 l/s (2019) ; 31 l/s (2021)
Nb de sous-stations (SST)	3 SST (2019) ; 5 SST (2021)
Longueur réseau principal	Env. 1 km
Energies fournie / restituée par le réseau	≈ 250 MWh/an prélevé ≈ 25 MWh/an restitué
Densité réseau anergie	0.3 MWh/m/an (chaud) 0 MWh/m/an (froid)

Figure 29 : Synthèse des principales caractéristiques du réseau d'énergie Jesuitenweg

Les données horaires transmises couvrent une année glissante du 1^{er} mai 2019 au 30 avril 2020, avec quelques trous de données ponctuels. Il existe des incohérences sur certaines mesures mais l'analyse partielle a tout de même été réalisée ci-dessous.

Etant donné l'absence de second échangeur dans la centrale à l'heure actuelle, la température de retour des puits (sortie échangeur) et la température de rejet global devraient être en théorie identiques, ce qui n'est pas le cas (Figure 30) :

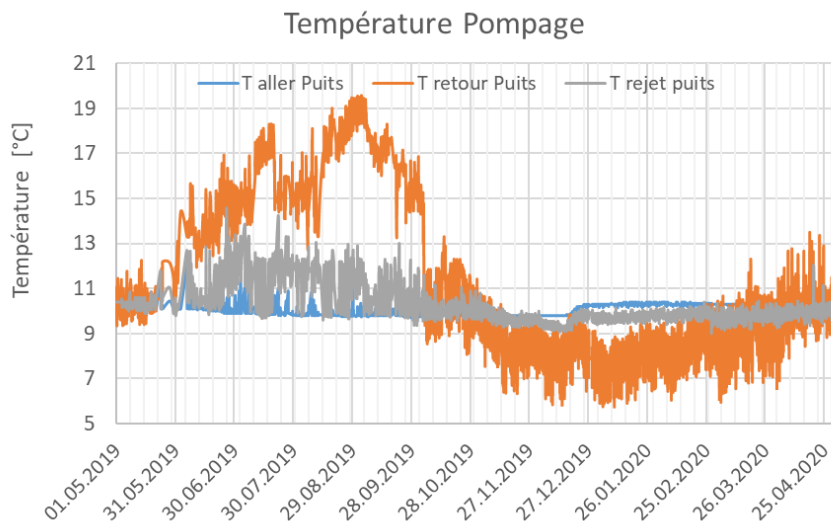


Figure 30 : Température aller, retour et rejet (Jesuitenweg)

Après analyse des données et comparaison avec les énergies utilisées côté réseau, la température de rejet des puits paraît plus correcte que celle de retour de l'échangeur (côté puits), qui semble influencée par la température du local technique, notamment en été. Cela montre aussi l'importance de réaliser un suivi pour valider et si nécessaire calibrer les points de mesure. Malgré ces incertitudes, la suite de l'analyse a été faite avec la température de rejet à la nappe.



Les températures de pompage et de rejet et le différentiel de température sont représentés ci-dessous en enlevant les valeurs lorsque la pompe du puits ne fonctionne pas (Figure 31) :

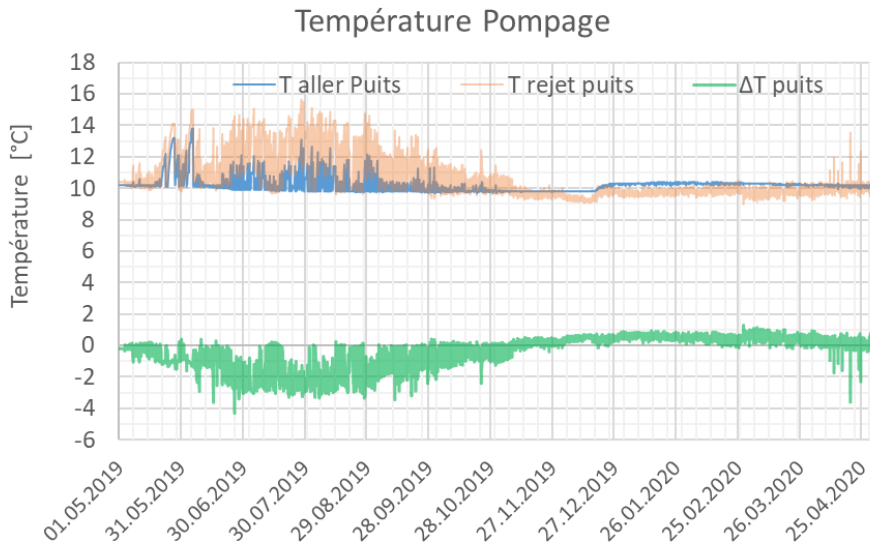


Figure 31 : Température pompage et rejet et ΔT côté puits (Jesuitenweg)

On observe que la température de la nappe est relativement stable autour de 10 à 11°C (en bleu) et que la température de rejet fluctue entre 9°C en hiver et 14°C en été (en orange). Les quelques valeurs ponctuellement plus élevées pour la nappe en été sont des valeurs transitoires lors des démarrages de la pompe du puits. Le différentiel de température oscille entre -3K en été et +1K en hiver.

Les données de température et de débits des puits de pompage ainsi que celles du réseau d'anergie sont représentées en valeur moyenne journalière ci-dessous (Figure 32 et Figure 33) :

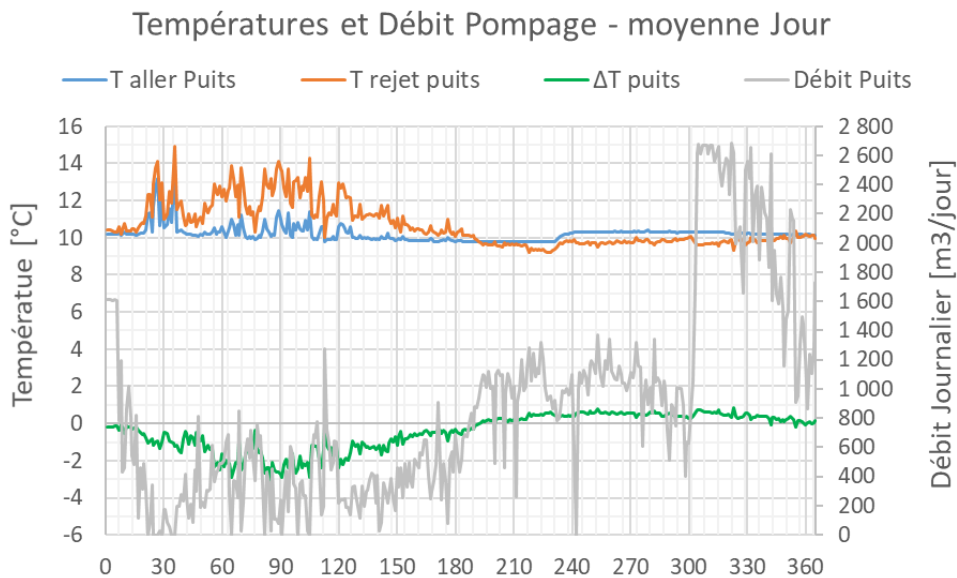


Figure 32 : Températures, ΔT et débit côté puits (Jesuitenweg)

Températures et Débit Réseau - moyenne Jour

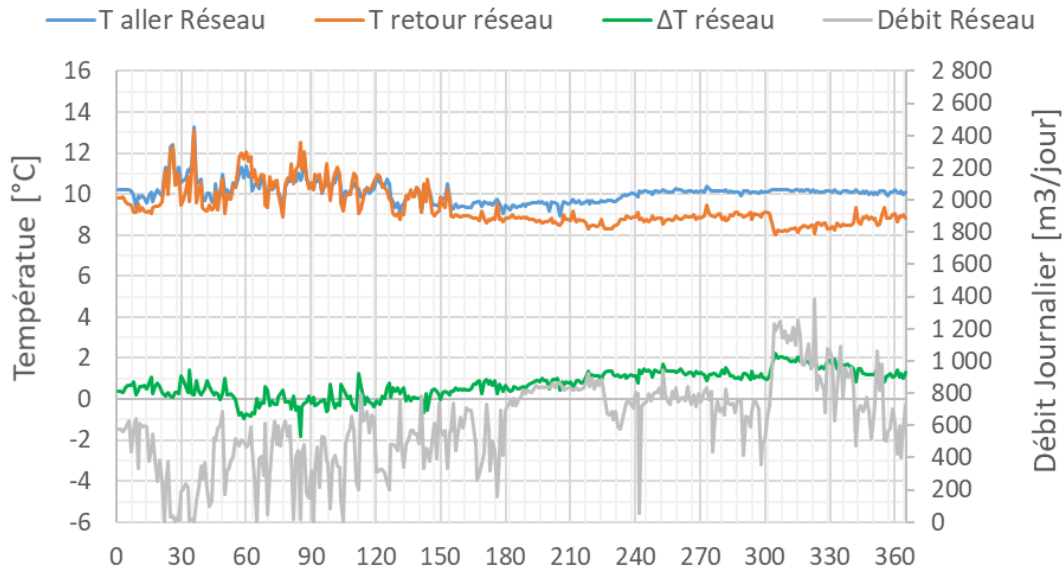


Figure 33 : Températures, ΔT et débit côté réseau d'anergie (Jesuitenweg)

Plusieurs différences entre le circuit hydraulique des puits et celui du réseau d'anergie peuvent être relevées :

- ΔT du réseau relativement faible avec des maximum en deçà de 2K et peu de valeurs négatives en été ;
- ΔT du puits relativement faible avec des valeurs négatives de plus de 2K en été, mais liées à des débits fluctuants et relativement faibles par rapport à l'hiver ;
- Débits des puits 1.5 à 2 fois plus élevés que ceux du réseau en hiver ;
- Une augmentation conséquente des débits du puits et du réseau dès fin février, qui doit correspondre à la connexion de nouveaux clients ;
- Température de retour du réseau en hiver un peu plus faible que la température de rejet (lié à l'échangeur thermique et aux pertes réseaux) ;

L'énergie journalière transitant dans l'eau de la nappe et dans celle du réseau ont une courbe relativement similaire mais légèrement décalée, sans doute en raison des incertitudes sur la valeur correcte de températures du puits (Figure 34) :

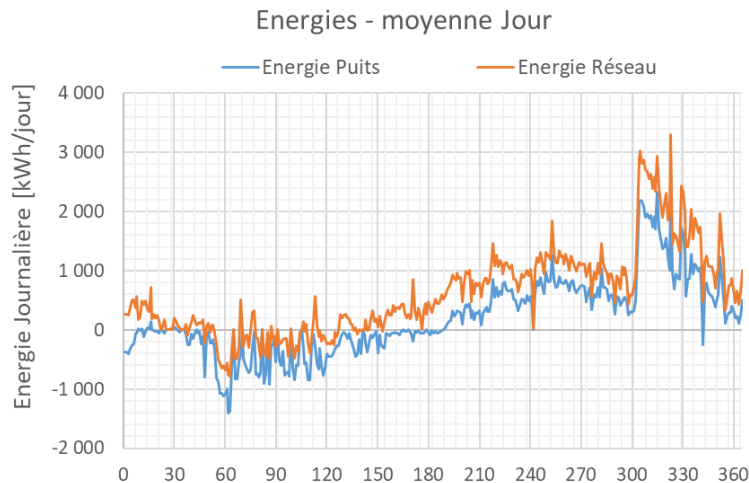


Figure 34 : Energies journalières transitant dans le réseau d'anergie (orange) ou le réseau des puits (bleu) - Jesuitenweg

En raison des incertitudes sur la température de rejet du puits, il a été décidé de conserver les valeurs d'énergie côté réseau pour l'analyse, sachant qu'elles sont bien corroborées avec les valeurs de volume mensuel des clients du réseau.

Globalement, les principaux résultats du réseau d'énergie Jesuitenweg sont (Figure 35) :

	Unités	Réseau Puits	Réseau d'énergie
Energie soutirée	MWh/an		250
ΔT (soutiré)	K		1.0
Energie restituée	MWh/an		27
ΔT (restitué)	K		-1.0
Volume total	m ³ /an	321'000	223'000

Figure 35 : Synthèse des données énergétiques du réseau Jesuitenweg

On estime que les besoins énergétiques sont d'environ 250 MWh/an (source froide) pour les prestations de chauffage, avec environ 10 fois moins d'énergie restituée à la nappe (prestations de froid pour les bâtiments).

Les données de température et de débit d'un des clients du réseau ont pu être analysées, ce qui permet de recalculer l'énergie horaire soutirée ou restituée au réseau (Figure 36) :

Energie Client 1

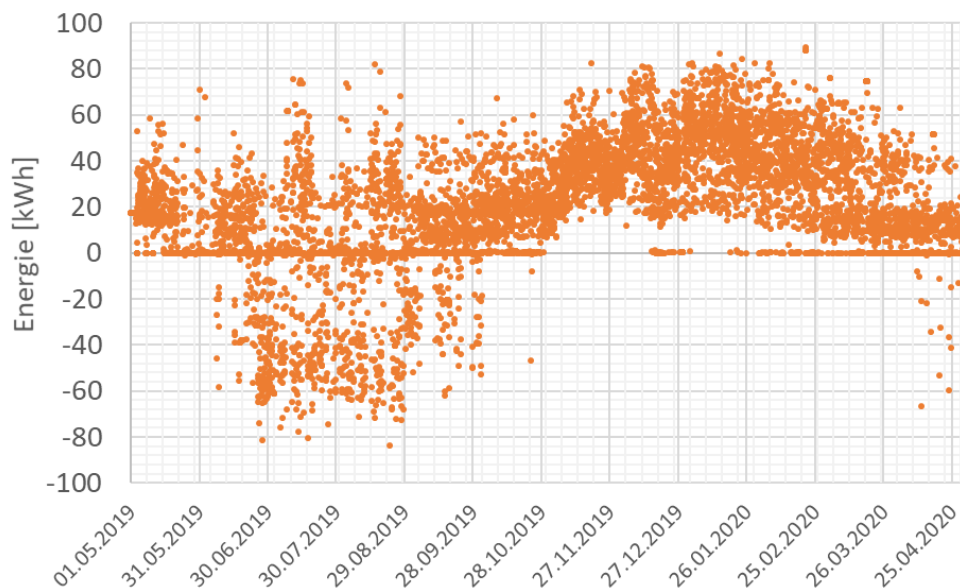


Figure 36 : Energie horaire prélevée (positif) ou restituée (négatif) par le client 1 au réseau

Globalement, les consommations horaires pour des prestations de froid (12%) sont mineures par rapport aux consommations pour des prestations de chaud (88%).



Les différentiels de température des deux côtés de l'échangeur (réseau et client) ainsi que le débit de l'échangeur sont représentés ci-dessous (Figure 37) :

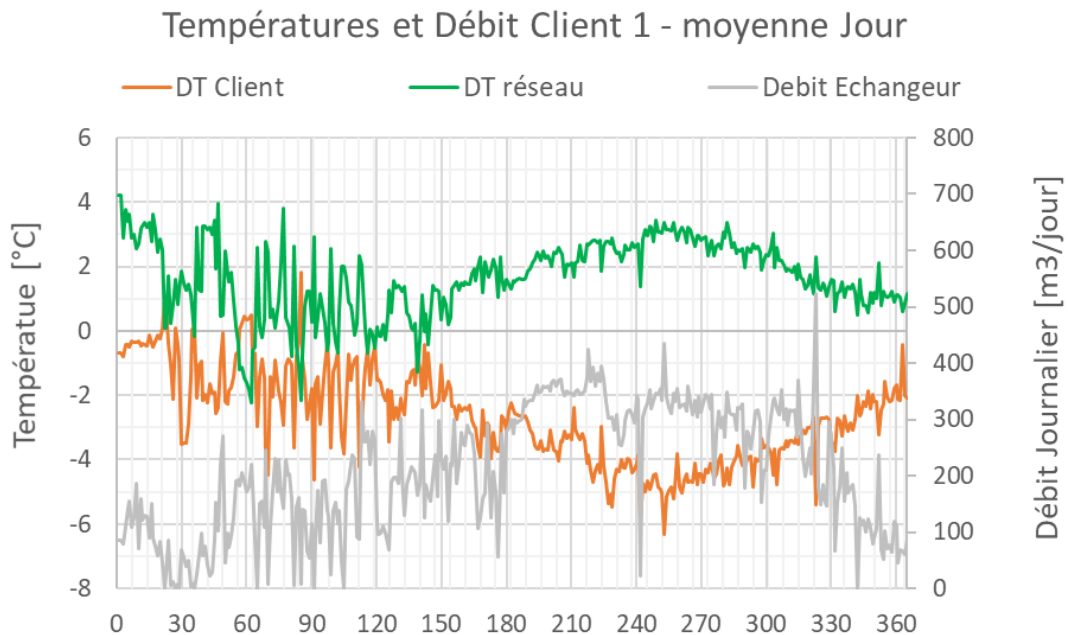


Figure 37 : Différentiel de température (côté réseau et côté client) et débit échangeur client 1

Le débit consommé par ce client représente environ un tiers du débit du réseau. Le différentiel de température journalier en été (jours 30 à 150) fluctue beaucoup car il peut être positif (besoins d'ECS) ou négatif (besoins de froid) selon l'heure de la journée (voir les énergies sur la Figure 36). En hiver, le différentiel de température à l'échangeur côté client est bon et souvent supérieur à 4K.

Les débits prélevés à la nappe sur l'année correspondent à environ 25% des débits nominaux autorisés. En énergie, le soutirage annuel représente moins de 10% de l'énergie potentielle de la nappe (débit nominal multiplié par $\Delta T = 3K$). Les débits souscrits sur le réseau en 2019 représentent 35% des débits autorisés à la nappe, mais devraient passer à 75% d'ici fin 2021.

4.4.2 Naters

Les 31 installations autorisées à Naters sont réparties comme suit (Figure 38) :

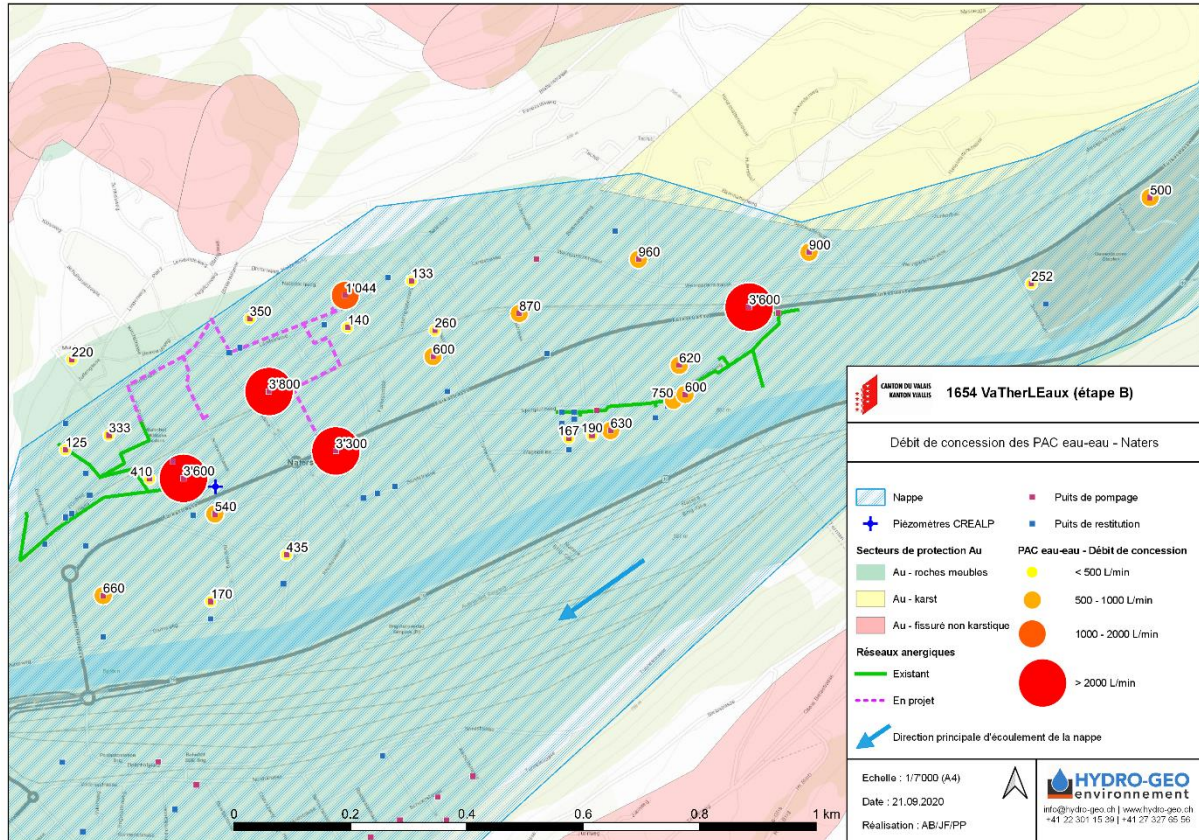


Figure 38 : Installations et débits autorisés sur la commune de Naters

Quatre réseaux d’énergie sont présents à Naters, dont 1 en développement. Aucune donnée réelle n’a été récoltée sur le fonctionnement des 27 autres PAC eau-eau autorisées en dehors des informations des rapports de faisabilité.

Les autorisations concernant les réseaux d’énergie se répartissent comme suit (Figure 39) :

	Commune de NATERS					
	Krommen-Kelchbach	Lötschgraben	Sportplatz	Märktplatz	SOMME	MOYENNE
Débits autorisés (l/min)	3 300	3 600	3 600	3 600	14 100	3 525
En fonction depuis	2014	2017	2018	en cours de développement		

Figure 39 : Réseaux d’énergie sur la commune de Naters

Il s’agit ici des débits autorisés (« dimensionnement ») et non des débits réellement exploités, qui évoluent dans le temps selon le développement du réseau d’énergie. La somme des débits autorisés représente plus de 50% des débits autorisés de la commune (26’200 l/min).

3 réseaux d'énergie sont actuellement en exploitation, gérés par la société EnAlpin (Krommen-Kelbach) ou la société EnBag (Lötschgraben et Sportplatz). Un quatrième réseau est en cours de planification (Marktplatz).

Réseau d'énergie Krommen-Kelbach

Pour ce réseau d'énergie planifié dès 2011 et mis en service en 2014-15, la commune de Naters a délégué sa gestion à la société EnAlpin. Nous avons reçu des données horaires sous formats graphiques (températures et débits des puits) qui sont reproduites ci-dessous (Figure 40 et Figure 41) :

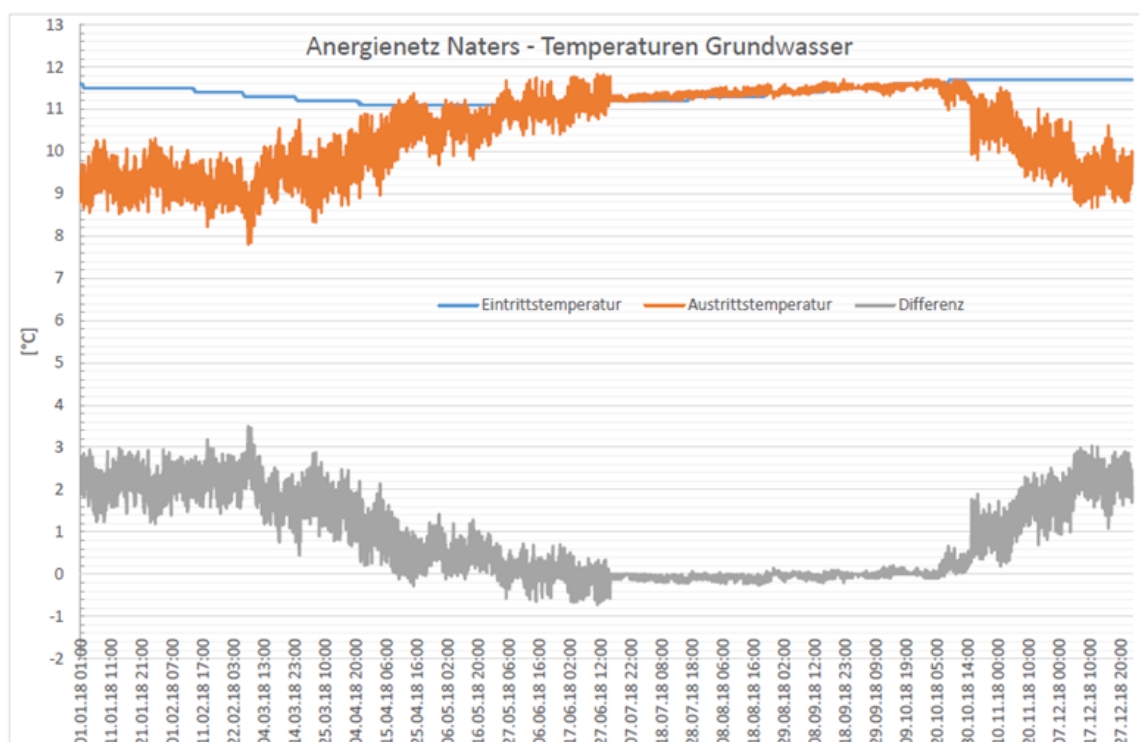


Figure 40 : Température prélèvement / restitution nappe et ΔT du réseau Krommen-Kelbach (source EnAlpin)

La température de la nappe fluctue entre 11° et 12°C (en bleu). La restitution dans la nappe fluctue entre 8.5° et 11.5°C. Le delta de température est compris entre 0 et 3K. Les valeurs négatives sont probablement liées à de faibles besoins de froid en été.



Le débit des puits est représenté ci-dessous (Figure 41) :

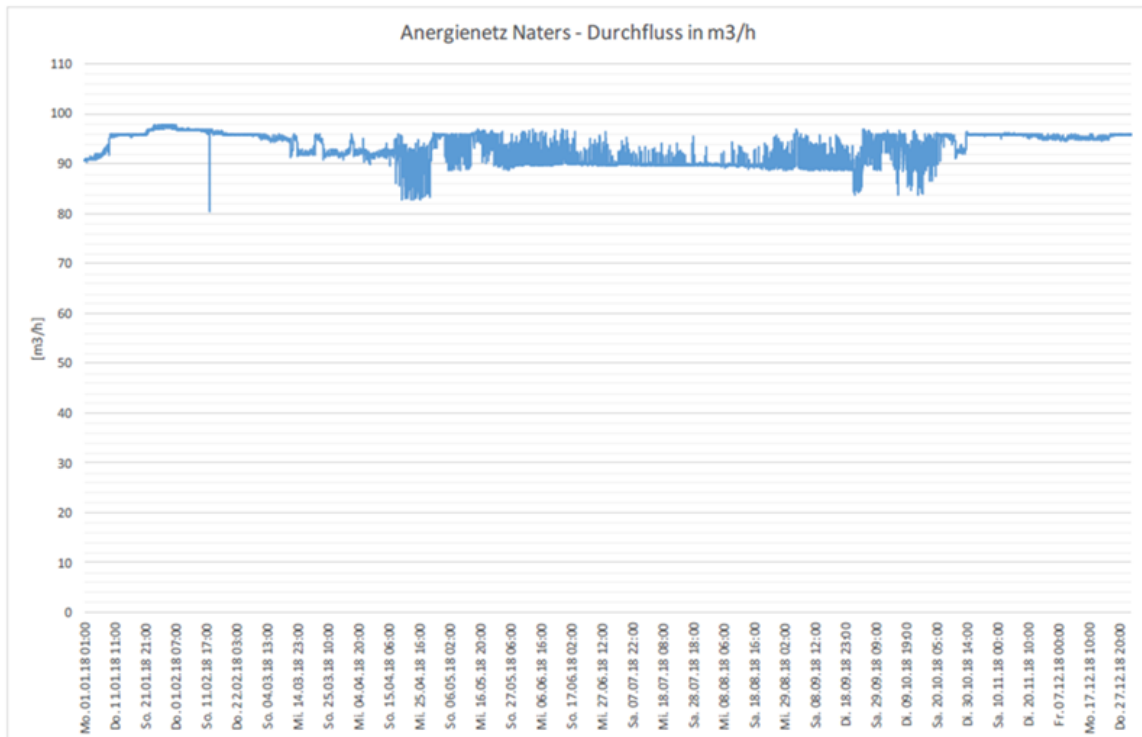


Figure 41 : Débits puits Krommen-Kelbach (source EnAlpin)

Le débit semble constant tout au long de l'année, entre 90 et 100 m³/h, soit environ 830'000 m³ prélevés à la nappe. Le débit autorisé est de 3'300 l/min, soit 198 m³/h. En estimant un ΔT de 2K sur 8 mois (hors été), on aboutit à un prélèvement d'énergie à la nappe d'environ 1'300 MWh/an.

Vu la très faible consommation d'énergie en été, il serait sans doute possible d'optimiser la consommation d'énergie de la pompe de circulation du réseau en diminuant son débit, voir en l'arrêtant pendant certaines périodes.

Réseau d'énergie Löttschgraben

Ce réseau a été planifié dès 2015 et mis en service en 2017-2018. La commune de Naters en a délégué sa gestion à la société EnBag. Quelques caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous (Figure 42) :

Débit autorisé nappe	60 l/s (3'600 l/min)
Débit souscrit réseau anergie	48 l/s (7 l/s en plus en 2020)
Nb de sous-stations (SST)	6 SST en 2019 (3 SST en plus en 2020)
Longueur réseau principal	587m
Energies fournie / restituée	≈ 650 MWh/an prélevé ⁹ ≈ 260 MWh/an restitué
Densité réseau anergie	1.5 MWh/m/an (chaud) 0.5 MWh/m/an (froid)
Consommation électricité centrale énergétique	60 MWh/an
COPA réseau (yc prestations froid, hors électricité PAC clients)	15

Figure 42 : Synthèse des principales caractéristiques du réseau d'énergie Löttschgraben

En 2019, 80% du débit nominal du réseau était déjà souscrit (92% en 2020). Des données horaires 2019 transmis par EnBag nous ont permis d'analyser le débit réellement utilisé côté puits (Figure 43) :

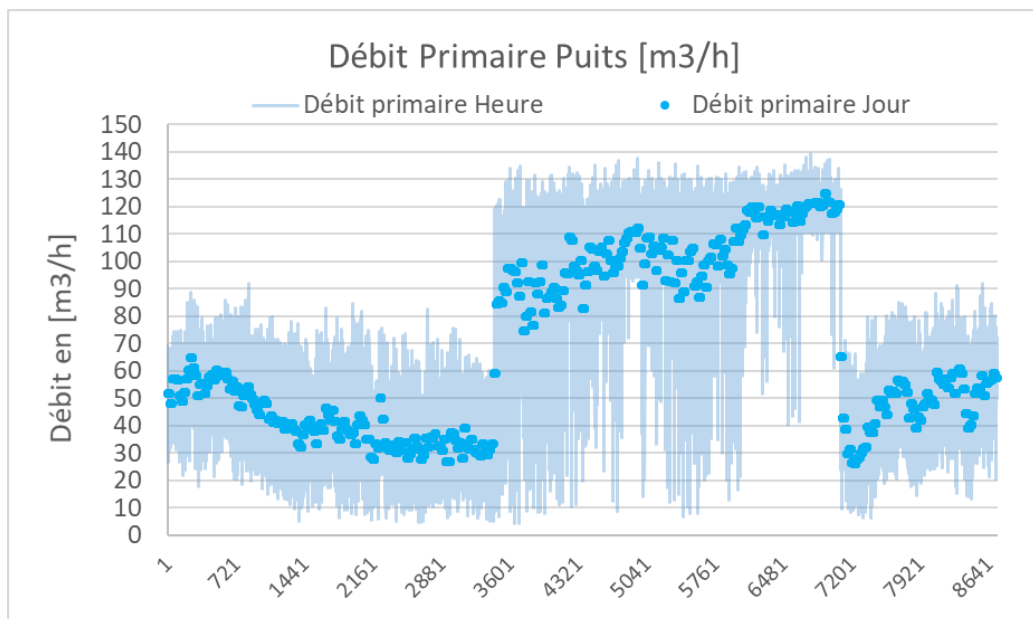


Figure 43 : Débit primaire puits (valeurs horaires et moyenne journalière) de janvier à décembre 2019

⁹ Si moyenne des COPA PAC clients = 4, alors Energie Chaud ≈ 870 MWh/an

Le débit maximum côté puits est de 140 m³/h et le débit annuel moyen de 68 m³/h, soit 40% du débit souscrit sur le réseau. Cela correspond à un prélèvement d'environ 600'000 m³ d'eau à la nappe. La température de rejet des puits n'est pas relevée, ce qui rend impossible le calcul de l'énergie prélevée ou restituée à la nappe.

Les données trimestrielles de l'EnBag côté réseau donne un volume annuel transitant sur le réseau anergie de 515'000 m³, répartie comme suit entre les 6 clients de l'année 2019 (Figure 44) :

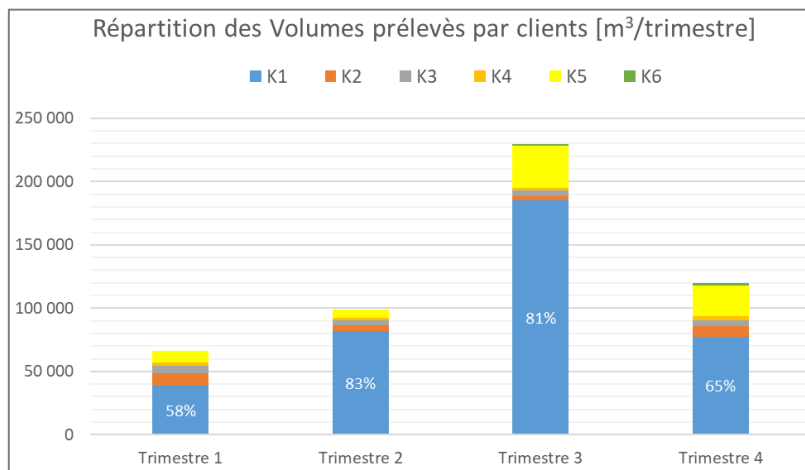


Figure 44 : Répartition des volumes prélevés par client et par trimestre sur le réseau d'anergie (année 2019)

Le plus gros client représente 60% de la puissance nominale du réseau et 75% de sa consommation, dont une grande partie en été (la moitié de sa consommation annuelle). En raison du manque de données des échangeurs côté clients, les débits plus élevés en été ne sont pas entièrement explicables. Toutefois, il est probable que des besoins de froid élevés en été avec des ΔT plus faibles à l'échangeur (par rapport à l'hiver) augmentent le volume soutiré au réseau.

Ces éléments sont déduits à partir des données de température de l'échangeur du plus gros client côté primaire (Figure 45) :

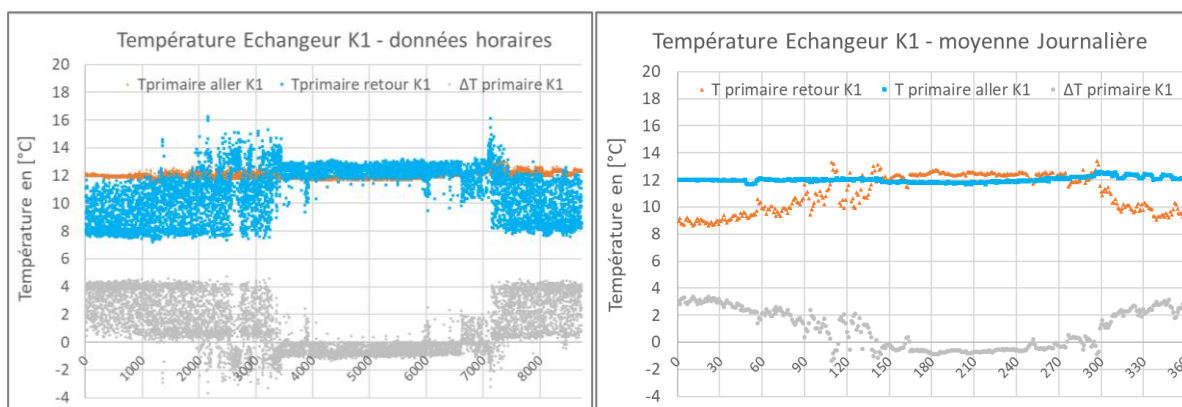


Figure 45 : Exemple de température aller/retour primaire d'un échangeur client (janv. à déc. 2019)

On observe que la température aller est d'environ 12°C (+/-1K), relativement stable durant l'année. La température de retour fluctue entre 8°C durant la saison de chauffage et 13°C durant la saison estivale. Finalement, le ΔT moyen est de 2.2K en hiver et de -0.65K en été pour ce client qui représente 75% de la consommation du réseau (en volume d'eau).



En admettant que ces ΔT sont identiques pour le réseau dans sa globalité et en reprenant des débits moyens hivernaux (51 m³/h) et estivaux (92 m³/h) basés sur la Figure 43, on aboutit à :

- Energie prélevée dans la nappe en hiver \approx 650 MWh/an
- Energie restituée dans la nappe en été \approx 260 MWh/an

La majorité de la consommation du réseau semble être liée à des prestations de chaleur de la part des clients (>70%). Les températures de rejets dans la nappe ne sont pas relevées. Les valeurs horaires ne semblent pas être vérifiées ou calibrées. A titre d'exemple, les deux valeurs de température des deux puits de prélèvement de la nappe ont des valeurs décalées de 3 à 4K.

Réseau d'énergie Sportplatz

Ce réseau a été planifié dès 2016 et mis en service en 2018-2019. La commune de Naters en a délégué sa gestion à la société EnBag. Quelques caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous (Figure 46) :

Débit autorisé nappe	50 l/s (3'000 l/min)
Débit souscrit réseau anergie	12 l/s
Nb de sous-stations (SST)	2 SST en 2019
Longueur réseau principal	503m
Energies fournie / restituée	\approx 700 MWh/an prélevé ¹⁰ \approx 0 MWh/an restitué ¹¹
Densité réseau anergie	1.9 MWh/m/an (chaud) 0 MWh/m/an (froid)
Consommation électricité centrale énergétique	50 MWh/an
COPA réseau (hors électricité PAC clients)	14

Figure 46 : Synthèse des principales caractéristiques du réseau d'énergie Sportplatz

En 2019, seul 25% du débit nominal du réseau est déjà souscrit.

¹⁰ Si moyenne des COPA PAC clients = 4, alors Energie Chaud \approx 930 MWh/an

¹¹ Actuellement, les deux SST ne semblent pas avoir de rejet de chaleur dans le réseau.

Des données horaires 2019 transmises par EnBag permettent d'analyser le débit primaire utilisé par les puits (Figure 47) :

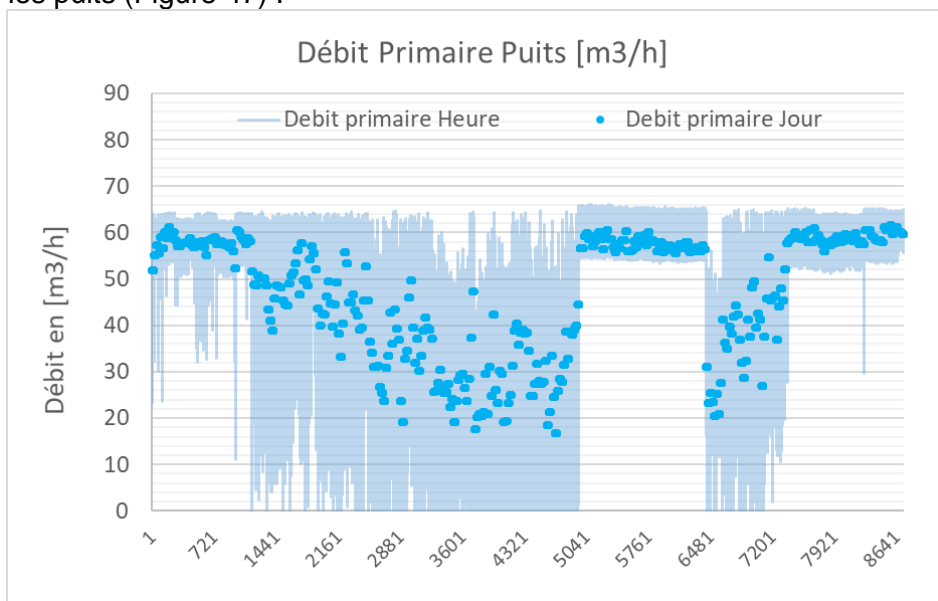


Figure 47 : Débit primaire côté puits (valeurs horaires et moyenne journalière) de janvier à décembre 2019

Le débit primaire côté puits est en moyenne annuelle d'environ $47 \text{ m}^3/\text{h}$ (58 en été), ce qui correspond à peu près au débit souscrit sur le réseau. Le débit horaire maximum de $66 \text{ m}^3/\text{h}$ correspond à 150% du débit souscrit sur le réseau. Le volume prélevé à la nappe est d'environ $410'000 \text{ m}^3$. La température de rejet des puits n'est pas relevée, ce qui rend impossible le calcul de l'énergie prélevée ou restituée à la nappe.

Toutefois, les deux SST mesurées ont un ΔT d'environ 2 à 2.3K lors de la saison de chauffage. Pour le réseau, cela représenterait une énergie de l'ordre de 700 MWh/an. Le ΔT est rarement négatif, ce qui tendrait à montrer qu'il n'y a pas (ou peu) de demande de froid dans les bâtiments.

On montre ci-dessous l'exemple des températures primaires à l'échangeur d'un client (Figure 48) :

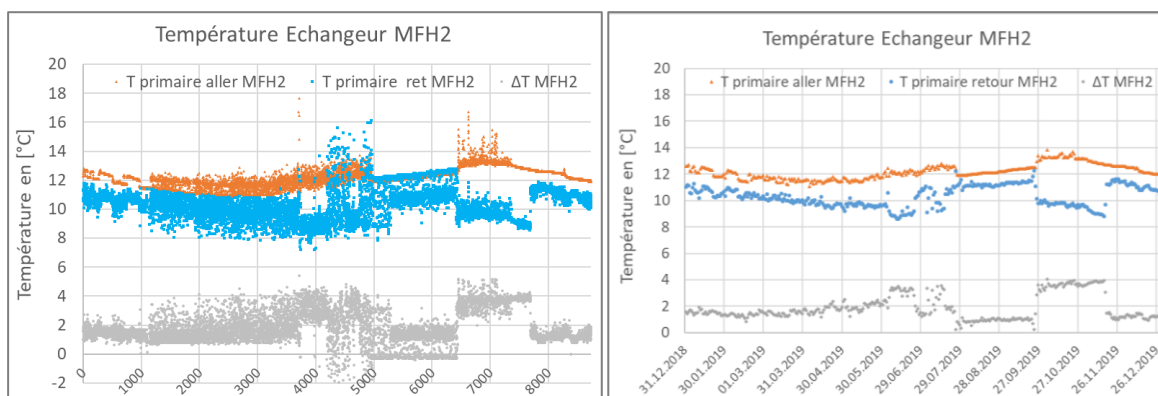


Figure 48 : Exemple de température aller/retour primaire d'un échangeur client (janv. à déc. 2019)

Ces données d'une SST montrent que des stratégies de régulation différentes ont été mises en œuvre dans ce bâtiment, par exemple entre les périodes octobre/novembre et le mois de décembre. En moyenne, on observe des ΔT d'environ 2K en hiver et de 1K en été (lié à une demande d'eau chaude sanitaire).



La majorité de la consommation du réseau semble être liée à des prestations de chaleur de la part des deux clients actuels. Les températures de rejets dans la nappe ne sont pas relevées. Les valeurs horaires ne semblent pas être vérifiées ou calibrées.

4.4.3 Synthèse des données sur les réseaux d'énergie

Les principales caractéristiques des 6 réseaux d'énergie analysés sont résumés ci-dessous (Figure 49) :

DONNEES 2019-2020		BRIG-GLIS			NATERS			SOMME	MOYENNE
		Rhonesand	Glismatta / Glisergrund	Jesuitenweg	Krommen-Kelchbach	Lötschgraben	Sportplatz		
Volume annuel prélevé Nappe	m3	505 000	env. 200'000	320 000	830 000	600 000	410 000	2 865 000	478 000
Débit autorisé Nappe	l/s	50	56	41	55	60	50	312	52
Energie prélevée à la nappe	MWh/an	900	400	250	1 300	650	700	4 200	700
Débit moyen Nappe (réel)	l/s	16	6	10	26	19	13	91	15
% volume autorisé	%	32%	11%	25%	48%	32%	26%		29%
ΔT moyen prélèvement	K	1.4	2.0	1.0	2.0	2.2	2.2		1.8
Energie restituée à la nappe	MWh/an	20	15	25	0	260	0	320	53
ΔT moyen restitution	K	-0.4	-1.9	-1.0	0.0	-0.7	0.0		-0.7
Volume annuel réseau Energie	m3	360 000	150 000	220 000	?	515 000	?		311 000
Débit souscrit réseau ("vendu")	l/s	41	32	14	?	48	12		29
Débit moyen réseau (réel)	l/s	11	5	7	?	16	?		10
Electricité centrale	MWh/an	70	50	?	?	60	50	230	58
Coefficient de Performance global (chaud + froid)		13	8	?	?	15	14		13

Figure 49 : Synthèses des caractéristiques des réseaux d'énergie analysés

Globalement, le débit réellement utilisé est souvent plus faible que le débit autorisé. Le volume annuel prélevé dans la nappe représente environ 30% du potentiel de l'autorisation. Selon les données à notre disposition, plus de 90% de l'énergie sert à chauffer les bâtiments, c'est-à-dire refroidir la nappe.

Globalement, le différentiel de température est en moyenne d'environ 2K au lieu des 3K dimensionnés. Cela signifie que l'énergie prélevée dans la nappe est d'environ 20% du potentiel théorique (débit nominal avec $\Delta T=3K$).

A l'échelle des 2 communes, l'énergie prélevée dans la nappe est actuellement d'environ 4.2 GWh/an, soit des prestations de chaleur de 5.4 GWh/an en tenant compte de l'électricité des PAC¹². Comme les débits autorisés pour les réseaux d'énergie représentent environ la moitié des débits autorisés sur les 2 communes, on peut estimer qu'une quantité équivalente d'énergie est utilisée par les PAC décentralisées.

À la suite de cette analyse partielle, il n'existe pas de preuve tangible sur le bénéfice global de ces réseaux énergie par rapport à des PAC eau-eau individuelles, car la majorité des clients semblent avoir des besoins de chaleur. L'avantage principal d'un réseau d'énergie réside dans

¹² En admettant un COPA moyen de 4.5



la mutualisation des besoins de chaud et de froid sans devoir utiliser la source froide (« boucle fermée »). Pour cela, il faudrait que certains clients du réseau aient des besoins de froid, notamment en hiver (froid industriel ou commercial), afin de pouvoir échanger les calories entre les utilisateurs de chaud et de froid. Dans les faits, il semble que ces réseaux d'énergie sont actuellement plutôt des PAC eau-eau mutualisées sur 1 ou plusieurs puits de pompage et restitution.

L'analyse détaillée des réseaux d'énergie permet d'élaborer quelques recommandations qui permettraient d'améliorer la gestion de la ressource nappe et d'optimiser l'efficacité énergétique du réseau :

- Importance d'avoir un suivi et une calibration des mesures ;
- Besoin de directives claires de la part des communes et du Canton sur le type de mesures et d'analyses à réaliser (via par exemple une obligation de rendre un rapport annuel de fonctionnement ?) ;
- Au niveau des puits de pompage et de rejet :
 - Nécessité de relever en continu (données horaires) les niveaux, les températures aux puits de pompage et de rejet et les débits ;
 - En cas de by-pass, nécessité de relever l'éventuel rejet aux eaux claires ;
 - Mieux gérer le débit des puits pour diminuer l'électricité des pompes ;
- Au niveau du réseau d'énergie :
 - Réaliser un audit de connectabilité de chaque nouveau bâtiment connecté afin d'améliorer les informations à disposition du gestionnaire du réseau et d'optimiser dès le départ les températures du système¹³ ;
 - Poser des compteurs de chaleur/froid dans les sous-stations (côté secondaire) pour coordonner et optimiser le fonctionnement des sous-stations et la mutualisation d'énergie entre les clients ;

¹³ Mermoud A. et al, 2008, *Principes d'une méthode d'audit pour étudier la connectabilité d'immeubles existants à un réseau de distribution d'eau du lac pour le rafraîchissement*, Université de Genève

4.5 Plan directeur de l'énergie de la commune de Brig-Glis

Le plan directeur de l'énergie de la commune de Brig-Glis de 2018 est la vision actuelle de la municipalité, avec pour objectif le scénario *efficacité*¹⁴. Ce scénario permettrait de réduire d'un facteur trois les émissions de CO₂ d'ici 2050 afin d'être conforme aux objectifs de l'accord de Paris sur le climat. L'analyse du potentiel des énergies renouvelables montre que les ressources éoliennes, hydrauliques et bois sont déjà largement utilisées. Le potentiel renouvelable se situe essentiellement dans le solaire, la géothermie (nappe du Rhône, sondes, nappes profondes), l'air et la chaleur fatale industrielle ou celle de l'incinérateur de Gamsen.

Une analyse cartographique des ressources et des besoins thermiques de la ville a permis de définir les ressources prioritaires par zone (Figure 50) :



Figure 50 : Répartition des systèmes de chauffage alternatifs en fonction des potentiels énergétiques (source : Lauber Iwisa 2018)

La zone au centre en orange est la zone priorisée pour les réseaux d'anergie, basée sur la ressource de la nappe du Rhône.

Le rapport estimait pour 2017 la répartition suivante des puissances et énergies couvertes par des PAC (Figure 51) :

	Puissance installée [MW]	Consommation annuelle [GWh/an]
Géothermie sur nappe	5.5	11
Dont PAC eau-eau individuelle	4	8
Dont réseau d'anergie	1.5	3
Géothermie sur sondes	3	6
PAC air-eau	11.5	23
TOTAL	20	40

Figure 51 : Répartition des puissances et énergies des 339 PAC de la commune de Brig-Glis

¹⁴ Lauber Iwisa, 2018, *Masterplan Energie Brig-Glis*



Ce plan directeur estime que le potentiel technique de l'exploitation de la nappe est de 20 MW sur les zones orange de la Figure 50 et prône une utilisation prioritaire via les réseaux d'énergie plutôt que des installations décentralisées. Ces réseaux sont intéressants surtout si des consommateurs de chaud et de froid peuvent mutualiser la ressource. Actuellement, trop peu de consommateurs de froid sont connectés sur les réseaux pour que cela ait réellement un impact sur l'efficacité du système par rapport à des PAC eau-eau décentralisées.

Selon la base de données de notre étude (chapitre 3), environ 9 MW de puissance géothermique sur nappe sont autorisés¹⁵, répartis entre 4.9 MW de réseau d'énergie (55%) et 4.1 MW de PAC eau-eau individuelles (45%). En puissance thermique, cela représente environ 11.5 MW, ce qui est plus du double des valeurs de 2017 du plan directeur énergie mais la moitié du potentiel technique de 20 MW. Cela dit, le plan directeur considère une utilisation moyenne des puits à 2'000h équivalent pleine puissance alors que l'analyse des réseaux d'énergie indiquent qu'actuellement, ces derniers utilisent la ressource plutôt à 1'000h équivalent pleine puissance.

A titre comparatif, les tarifs et exigences pour l'utilisation de l'eau de la nappe sur la commune de Brig-Glis sont explicités ci-dessous (Figure 52) :

	Réseau d'énergie	PAC eau-eau individuelle
Concession	30 ans (commune)	20 ans (individuel)
Taxe unique	5'000 CHF	35 CHF/kW (selon compresseur PAC)
Frais base	1'500 CHF par l/s souscrit (réseau)	2.5 cts / m ³ annuel autorisé (nappe)
Frais abonnement	16 cts /m ³ prélevé au réseau location compteur = 50 chf/an	aucun
Indexation Tarifs	Selon indice des prix à la consommation	
Spécificités		Si construction Minergie, alors exemption taxe unique

Figure 52 : Comparaison des exigences et des tarifs pour l'utilisation de l'eau de la nappe sur la commune de Brig-Glis

¹⁵ Y compris des puits qui ne sont pas encore utilisés comme ceux de l'Hôpital.



5. Conclusions et recommandations

La synthèse des rapports de faisabilité et de suivi transmis par le Canton aboutit à **une base de données de 311 installations de PAC eau-eau**. Globalement, plus de la moitié des PAC concernent des logements (collectifs ou individuels) et 30% des bureaux, écoles, commerces ou halles industrielles. Le solde concerne une quarantaine de grosses installations comme celles pour les hôpitaux, hôtels, EMS, prisons, églises, bains thermaux, salle polyvalente, musée, réseau d'anergie.

Au total, l'ensemble des débits autorisés représentent près de 170'000 l/min (2.84 m³/s), soit 43 MW géothermiques, dont 23% de logements collectifs et 21% de réseaux d'anergie. Potentiellement, sur la base de ces données, cela représente une fourchette de 10 à 80 GWh/an de rejet de chaleur dans la nappe et environ 40 à 120 GWh/an de prélèvement de chaleur dans la nappe, dépendant du mode d'utilisation réel des PAC eau-eau. A titre comparatif, les statistiques énergétiques valaisannes mentionnent 182 GWh/an de chaleur de l'environnement en 2015 (PAC air, PAC géothermie sondes ou nappes) sur les 3'100 GWh/an de chaleur consommée dans le Canton.

L'analyse spécifique des performances des réseaux d'anergie et des autorisations de PAC eau-eau sur les communes de Brig-Glis et Naters aboutit à quatre grands constats :

- Les **réseaux d'anergie utilisent un débit plus faible que le débit autorisé** : le volume annuel prélevé dans la nappe représente en moyenne 30% de l'autorisation ;
- Comme les différentiels de température sont en moyenne d'environ 2K, **l'énergie prélevée dans la nappe est d'environ 20% du potentiel théorique** (avec $\Delta T=3K$) ;
- Plus de **90% de l'énergie sert à chauffer les bâtiments, c'est-à-dire refroidir la nappe**,
- Les **réseaux d'anergie sont principalement utilisés comme mutualisation de gros puits de pompage** et de restitution ;

À la suite de cette analyse partielle, **il n'existe pas de preuve tangible sur le bénéfice global des réseaux anergie par rapport à des PAC eau-eau individuelle**, car les clients ont essentiellement des besoins de chaleur. **L'avantage principal d'un réseau d'anergie réside dans la mutualisation des besoins de chaud et de froid sans devoir utiliser la source froide (« boucle fermée »)**. Pour cela, il faudrait avoir des besoins de froid en hiver (i.e. froid industriel ou commercial), afin de pouvoir échanger les calories entre les utilisateurs de chaud et de froid sans devoir pomper dans la nappe. **Dans ce sens, le nouvel hôpital prévu à Brig pourrait apporter un élément positif au système actuel.**

Afin d'assurer la pérennité du développement des installations de PAC eau-eau, **les porteurs de projets ont essentiellement des besoins** :

- de **conditions cadres explicites**, avec des exigences cantonales et communales identiques, des délais pour l'autorisation et les coûts administratifs similaires entre les communes, un système de subventions, etc. ;
- de **visibilité dans le temps** avec des concessions de pompage ou des contrats sur le réseau de 15-20 ans ;
- de bénéficier d'une **ressource de bonne qualité** au point de pompage et sans dérive significative de niveau et/ou température dans le temps ;

La priorité des porteurs de projets est le fonctionnement de leur installation, sans forcément avoir de vision durable sur la qualité ou la pérennité de la ressource, qui est de la responsabilité des autorités.



En tant qu'autorité cantonale, le SEN et le SEFH ont selon nous une double priorité :

- Assurer un fonctionnement durable de la ressource nappe à l'échelle de la commune et du Canton ;
- Développer les énergies renouvelables et les PAC eau-eau dans le respect de l'environnement ;

Pour atteindre ces objectifs, nous recommandons les éléments suivants :

- **Développer le réseau d'observation CREALP** (température, niveau, chimie) proche des grosses installations (> 1'000 l/min ?), notamment près des réseaux d'énergie ;
- **Imposer un standard de modèle thermo-hydraulique** pour pouvoir continuer à autoriser l'usage de la nappe, avec par exemple des conditions aux limites explicites et des conditions d'exploitation standard, basé sur des exemples réels ;
- **Mettre à jour le Géocadastre sur la base des identifiants de la base de données créée dans ce mandat**, avec par exemple :
 - Intégration des puits pas encore existant dans le géocadastre ;
 - Coupe et équipements des puits ;
 - Courbes caractéristiques des essais de pompage ;
- **Intégrer la base de données réalisée dans le cadre de ce mandat** dans le futur inventaire communal en cours de réalisation par le SEN (en collaboration avec les communes valaisannes) et qui sera basé sur les autorisations ;
- **Mettre en place une procédure interne entre le SEN et le SEFH** pour échanger régulièrement sur les nouvelles installations subventionnées (SEFH) et/ou autorisées (SEN) ;
- **Exiger un rapport annuel pour les grosses installations** avec mention des paramètres clés en valeurs mensuelles (température, débit, énergie) qui permettrait la mise à jour de l'inventaire avec des données réelles ;
- **Réaliser un certain nombre de retours d'expérience sur l'usage réel des PAC eau-eau**, notamment pour des PAC individuelles (débits, température, besoins de chaud et/ou froid, électricité consommée, ...), permettant d'alimenter l'inventaire du Canton et les modèles hydrogéologiques ainsi que d'élaborer des conditions standard d'exploitation ;
- **Finaliser** la fiche « *Forages pour PAC sur nappe dans la Plaine du Rhône : Bonnes pratiques à l'intention des bureaux d'études, des porteurs de projets et maîtres d'ouvrage et des communes* » (annexe 1) ;

La suite de l'étude Vatherleau propose **d'analyser en détail des PAC eau-eau dans des zones problématiques avec des bureaux partenaires**. Les zones d'analyse seront déterminées ultérieurement avec le Canton sur la base de la problématique de la chimie de l'eau ou de la densité des opérations en cours ou en devenir. Finalement, **la dernière étape du projet VaTherLEaux (étape C) sera de réaliser un catalogue des bonnes pratiques et des solutions en cas de problèmes avec des PAC eau-eau**.

Sion, le 26 octobre 2020

Hydro-Géo Environnement

Ludovic Savoy

Jérôme Faessler

Jérôme Chablais



Remerciements

Nous remercions vivement M. Truffer (SEN), M. Walter (commune de Brig-Glis), M. Meichtry (commune de Naters), M. Mutter (EnBag) et M. Vonschallen (Aeschimann) pour leur pleine collaboration, le partage des données et le temps passé à répondre à nos questions

Distribution du rapport à :

- M. P. Christe, service de l'Environnement (SEN) de l'Etat du Valais ;
- M. F. Zuber, service de l'Energie et des Forces Hydrauliques (SEFH) de l'Etat du Valais ;



Liste des Figures

FIGURE 1 : NOMBRE DE PAC PAR TYPOLOGIE.....	3
FIGURE 2 : DÉBIT AUTORISÉ MOYEN [L/MIN] SELON LA TYPOLOGIE.....	4
FIGURE 3 : PUISSANCE GEOTHERMIQUE MOYENNE [MW] SELON LA TYPOLOGIE.....	4
FIGURE 4 : SYNTHÈSE DES TYPOLOGIES DE LA BD DES PAC EAU-EAU VALAISANNES.....	5
FIGURE 5 : SYNTHÈSE DU NOMBRE D'INSTALLATIONS, DES DÉBITS ET DES PUISSANCES DES PAC EAU-EAU AUTORISÉES DANS LES COMMUNES DE BRIG-GLIS ET NATERS.....	7
FIGURE 6 : INSTALLATIONS ET DÉBITS AUTORISÉS SUR LES COMMUNES DE BRIG-GLIS ET NATERS.....	7
FIGURE 7 : SITUATION ET NUMÉRO DES PIEZOMÈTRES ANALYSÉS POUR L'ÉTUDE.....	8
FIGURE 8 : ÉVOLUTION TEMPÉRATURE ET ÉPAISSEUR ZONE NON SATURÉE –NATERS (SOURCE CREALP).....	9
FIGURE 9 : ÉVOLUTION TEMPÉRATURE ET ÉPAISSEUR ZONE NON SATURÉE –BRIG CENTRE (SOURCE CREALP).....	9
FIGURE 10 : ÉVOLUTION TEMPÉRATURE ET ÉPAISSEUR ZONE NON SATURÉE – BRIG AVAL (SOURCE CREALP).....	10
FIGURE 11 : RESULTATS DE LA SIMULATION DE LA TEMPÉRATURE DE LA NAPPE APRES 12 SEMAINES D'UTILISATION (SOURCE : OSPAG, 2018).....	11
FIGURE 12 : INSTALLATIONS ET DÉBITS AUTORISÉS SUR LA COMMUNE DE BRIG-GLIS.....	12
FIGURE 13 : RESEAUX D'ANERGIE SUR LA COMMUNE DE BRIG-GLIS.....	13
FIGURE 14 : SYNTHÈSE DES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RESEAU D'ANERGIE RHONESAND.....	13
FIGURE 15 : SCHEMA DE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU RESEAU ANERGIE RHONESAND (ADAPTE DU SCHEMA TRANSMIS PAR LA COMMUNE DE BRIG-GLIS).....	14
FIGURE 16 : TEMPÉRATURE POMPAGE ET REJET ET ΔT COTE PUIITS (RHONESAND).....	15
FIGURE 17 : TEMPÉRATURES, ΔT ET DÉBIT COTE PUIITS (RHONESAND).....	15
FIGURE 18 : TEMPÉRATURES, ΔT ET DÉBIT COTE RESEAU D'ANERGIE (RHONESAND).....	16
FIGURE 19 : ÉNERGIES JOURNALIÈRES TRANSITANT DANS LE RESEAU D'ANERGIE (GRIS) OU LE RESEAU DES PUIITS (BLEU) - RHONESAND.....	16
FIGURE 20 : SYNTHÈSE DES DONNÉES ÉNERGETIQUES DU RESEAU RHONESAND.....	17
FIGURE 21 : DÉBITS MENSUELS MOYENS NAPPE, RESEAU ET SOMME CLIENTS (RHONESAND).....	17
FIGURE 22 : SYNTHÈSE DES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RESEAU D'ANERGIE GLISMATTA... ..	18
FIGURE 23 : TEMPÉRATURE POMPAGE ET REJET ET ΔT COTE PUIITS (GLISMATTA).....	19
FIGURE 24 : TEMPÉRATURES, ΔT ET DÉBIT COTE PUIITS (GLISMATTA).....	20
FIGURE 25 : TEMPÉRATURES, ΔT ET DÉBIT COTE RESEAU D'ANERGIE (GLISMATTA).....	20
FIGURE 26 : ÉNERGIES JOURNALIÈRES TRANSITANT DANS LE RESEAU D'ANERGIE (ORANGE) OU LE RESEAU DES PUIITS (BLEU) - GLISMATTA.....	21
FIGURE 27 : SYNTHÈSE DES DONNÉES ÉNERGETIQUES DU RESEAU GLISMATTA.....	21
FIGURE 28 : DÉBITS MENSUELS MOYENS NAPPE, RESEAU ET SOMME CLIENTS (GLISMATTA).....	22
FIGURE 29 : SYNTHÈSE DES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RESEAU D'ANERGIE JESUITENWEG23.....	23
FIGURE 30 : TEMPÉRATURE ALLER, RETOUR ET REJET (JESUITENWEG).....	23
FIGURE 31 : TEMPÉRATURE POMPAGE ET REJET ET ΔT COTE PUIITS (JESUITENWEG).....	24
FIGURE 32 : TEMPÉRATURES, ΔT ET DÉBIT COTE PUIITS (JESUITENWEG).....	24
FIGURE 33 : TEMPÉRATURES, ΔT ET DÉBIT COTE RESEAU D'ANERGIE (JESUITENWEG).....	25
FIGURE 34 : ÉNERGIES JOURNALIÈRES TRANSITANT DANS LE RESEAU D'ANERGIE (ORANGE) OU LE RESEAU DES PUIITS (BLEU) - JESUITENWEG.....	25
FIGURE 35 : SYNTHÈSE DES DONNÉES ÉNERGETIQUES DU RESEAU JESUITENWEG.....	26
FIGURE 36 : ÉNERGIE HORAIRE PRÉLEVÉE (POSITIF) OU RESTITUÉE (NEGATIF) PAR LE CLIENT 1 AU RESEAU.....	26
FIGURE 37 : DIFFÉRENTIEL DE TEMPÉRATURE (COTE RESEAU ET COTE CLIENT) ET DÉBIT ÉCHANGEUR CLIENT 1.....	27
FIGURE 38 : INSTALLATIONS ET DÉBITS AUTORISÉS SUR LA COMMUNE DE NATERS.....	28
FIGURE 39 : RESEAUX D'ANERGIE SUR LA COMMUNE DE NATERS.....	28



FIGURE 40 : TEMPERATURE PRELEVEMENT / RESTITUTION NAPPE ET ΔT DU RESEAU KROMMEN-KELBACH (SOURCE ENALPIN)	29
FIGURE 41 : DEBITS PUIITS KROMMEN-KELBACH (SOURCE ENALPIN).....	30
FIGURE 42 : SYNTHESE DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU RESEAU D’ANERGIE LÖTSCHGRABEN	31
FIGURE 43 : DEBIT PRIMAIRE PUIITS (VALEURS HORAIREES ET MOYENNE JOURNALIERE) DE JANVIER A DECEMBRE 2019	31
FIGURE 44 : REPARTITION DES VOLUMES PRELEVES PAR CLIENT ET PAR TRIMESTRE SUR LE RESEAU D’ANERGIE (ANNEE 2019)	32
FIGURE 45 : EXEMPLE DE TEMPERATURE ALLER/RETOUR PRIMAIRE D’UN ECHANGEUR CLIENT (JANV. A DEC. 2019).....	32
FIGURE 46 : SYNTHESE DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU RESEAU D’ANERGIE SPORTPLATZ .	33
FIGURE 47 : DEBIT PRIMAIRE COTE PUIITS (VALEURS HORAIREES ET MOYENNE JOURNALIERE) DE JANVIER A DECEMBRE 2019	34
FIGURE 48 : EXEMPLE DE TEMPERATURE ALLER/RETOUR PRIMAIRE D’UN ECHANGEUR CLIENT (JANV. A DEC. 2019).....	34
FIGURE 49 : SYNTHESSES DES CARACTERISTIQUES DES RESEAUX D’ANERGIE ANALYSES.....	35
FIGURE 50 : REPARTITION DES SYSTEMES DE CHAUFFAGE ALTERNATIFS EN FONCTION DES POTENTIELS ENERGETIQUES (SOURCE : LAUBER IWISA 2018).....	37
FIGURE 51 : REPARTITION DES PUISSANCES ET ENERGIES DES 339 PAC DE LA COMMUNE DE BRIG-GLIS	37
FIGURE 52 : COMPARAISON DES EXIGENCES ET DES TARIFS POUR L’UTILISATION DE L’EAU DE LA NAPPE SUR LA COMMUNE DE BRIG-GLIS	38



ANNEXE 1 :

Forages pour PAC sur nappe dans la Plaine du Rhône

***Fiche des bonnes pratiques à l'intention des
bureaux d'études, porteurs de projets et maîtres
d'ouvrage et communes***

Forages pour PAC sur nappe dans la Plaine du Rhône

Bonnes pratiques à l'intention des bureaux d'études, des porteurs de projets et maîtres d'ouvrage et des communes

Dans le cadre de la transition énergétique et des objectifs de protection du climat, les économies d'énergies et le développement massif des nouvelles énergies renouvelables sont cruciaux pour la Suisse.

Parmi celles-ci, l'utilisation de la chaleur de la nappe d'eau souterraine par des pompes à chaleur (PAC) eau-eau, appelée communément géothermie sur nappe, est bien développée en Suisse avec plus de 5'000 installations, dont près de 700 en Valais, majoritairement situées dans la plaine du Rhône. Les PAC eau-eau sont globalement plus efficaces que des PAC air-eau ou sol-eau.

Contexte

La nappe du Rhône est une ressource locale abondante avec un fort potentiel géothermique.



Fig. 1 – nappe du Rhône (en bleu) et canton du Valais

Déjà exploitée pour différents usages (eau potable, agriculture, thermique), cette nappe doit faire l'objet d'une surveillance attentive afin de maintenir une gestion équilibrée et durable de la ressource.

De ce fait, le Canton du Valais cherche à développer une base de données détaillée des installations géothermiques existantes et futures.

Principales problématiques liées aux systèmes de PAC eau-eau

L'utilisation de la nappe phréatique par des PAC eau-eau implique deux problématiques principales :

1. Conflits d'usages : impact thermique de l'installation géothermique sur les usages voisins ;
2. Colmatage et/ou corrosion des installations liés à la

chimie de l'eau souterraine et/ou au dépôt de sable-limon (nature des terrains).

Ces deux problématiques nécessitent d'intégrer lors du dimensionnement les conditions du sous-sol et le fonctionnement prévu des installations.

Après réalisation, les conditions réelles d'utilisation des puits et de la PAC doivent être monitorées pour assurer la pérennité des installations.

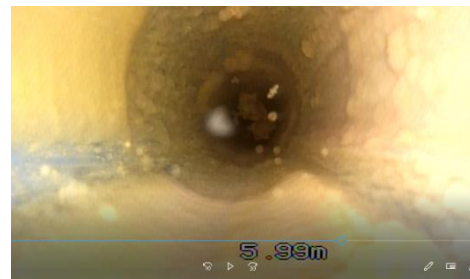


Fig. 2 – exemple de colmatage de crépine lié aux Ferro-bactéries

Exigences de planification et préconisations pour assurer le fonctionnement optimal d'une future installation de géothermie sur nappe

Afin d'obtenir une autorisation des autorités compétentes, les documents à compléter sont disponibles sous

<https://www.vs.ch/fr/web/sen/autorisation-forages>

La planification des ouvrages doit être réalisée selon la norme SIA 384/7 et par des professionnels reconnus comme « partenaire GSP certifié »

(<https://www.fws.ch/fr/category/assurance-qualite/>).

Un partenariat entre un bureau d'énergie et un bureau d'hydrogéologie est la meilleure solution pour assurer un dimensionnement correct et la bonne exécution des travaux.

Le *bureau énergétique* réalisera notamment :

- Dimensionnement de la PAC pour les usages énergétiques prévus ;
- Calcul du débit de pompage maximal selon le ΔT prévu et le coefficient de performance (COP);
- Adaptation des équipements (filtre, échangeur) en fonction des analyses chimiques ;

Le *bureau hydrogéologique* réalisera notamment :

- Etude de la faisabilité de l'opération géothermique

- au droit du projet : présence d'une nappe d'eau souterraine, profondeur et épaisseur de la nappe, type d'aquifère, écoulement souterrain, débit durablement exploitable, chimie de l'eau ;
- Etude de l'impact de l'installation sur les usages voisins et évaluation des potentielles interactions ;
 - Positionnement et espacement des puits de pompage et ouvrages d'infiltration ;
 - Prédimensionnement hydraulique et technique des puits de pompage (profondeur, diamètre, position des crépines etc.) et validation dimensionnement final en fonction du relevé géologique ;
 - Dimensionnements des ouvrages de restitution (puits, tranchées, drains) ;
 - Test des capacités des ouvrages en pompage et infiltration (pompages d'essai et tests d'infiltration *in situ*) ;
 - Analyse chimique et thermique de l'eau pour vérifier le risque de colmatage ([selon protocole mis à disposition sur le site du canton](#))

Principales erreurs à ne pas commettre :

Afin de pérenniser l'installation géothermique, il est préconisé de :

- Suffisamment distancer les puits de pompage et d'injection
- Placer le puits de pompage en amont hydraulique et le puits d'infiltration en aval pour limiter le risque de percée thermique ;
- Ne pas dénoyer la pompe (débit pompé supérieur aux capacités hydrauliques du puits) ;
- Eviter de dénoyer les parties crépinées des puits en pompage et restituer l'eau dans la nappe et non depuis la tête de puits afin de limiter l'oxygénation de l'eau souterraine pouvant favoriser le colmatage par minéralisation ;

Exigences de suivi du chantier

Le chantier doit intégrer :

- Les investigations hydrogéologiques (pompage d'essai et analyse de l'eau souterraine), obligatoires au-delà d'un débit de 500 l/min et fortement conseillées pour un débit inférieur ;

- Un suivi des travaux par les bureaux spécialisés ;
- Un PV de réception et mise en service de la PAC ;
- Un rapport de fin de sondage comprenant le relevé des coordonnées des puits de pompage et de restitution.

Monitoring et suivi de long terme

Le monitoring de l'installation (PAC + puits) à court et à long terme permet d'assurer son bon fonctionnement. Selon la taille de l'installation, le monitoring peut être plus ou moins exigeant.

Les PAC eau-eau nécessitent en général une surveillance plus importante que les PAC air-eau. Il y a par exemple lieu de vérifier au minimum 2 fois par année (hautes eaux et basses eaux) le niveau de la nappe au repos et en service et de contrôler l'étanchéité des puits (joints, fermeture).

En cas de problème (entartrage, dépôts, dysfonctionnement PAC), il est important de faire appel à un bureau spécialisé pour identifier la cause et prévoir les interventions nécessaires. De plus, une information au canton permet de centraliser les informations et de prévoir une meilleure communication auprès des communes et des maîtres.

L'harmonisation des données et impacts des PAC est une tâche importante incombant au canton qui permettra d'assurer un retour d'expérience sur le long terme favorable à tous les acteurs de la branche. L'intégration de toutes les informations disponibles permettra de développer un Système d'Informations Géoréférencées (SIG) public avec des données agrégées pour favoriser le développement harmonieux de la filière des PAC eau-eau.

Ce document a été réalisé par le Groupe Eaux souterraines du Service de l'Environnement (SEN). Celui-ci fait partie du guide des bonnes pratiques pour l'exécution de forages pour l'exploitation de la chaleur du sous-sol en Valais.

De plus amples informations sur les modalités techniques et administratives pour les demandes d'autorisation de forage sur le territoire cantonal sont disponibles ici :

<https://www.vs.ch/web/sen/autorisation-forages>

ou par email à sen-forages@admin.vs.ch



CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

Check-list des éléments-clés des différentes étapes pour la réalisation d'une PAC eau-eau : phase de planification (étude de faisabilité), phase de réalisation (forage et construction ouvrages), phase de tests (test ouvrages construits), phase d'exploitation (long terme) et fréquence du monitoring

	Planification	Réalisation	Tests	Exploitation	Monitoring	Remarques
Dimensionnement PAC et Puits	X					
Etude de faisabilité	X					À envoyer au SEN / SEFH ?
Autorisation	X	X				Envoyer rapports au SEN / SEFH ?
Coordonnées puits / ouvrages	X	X				À envoyer au SEN / CREALP ?
Coupe technique de l'ouvrage/ complétion		X				
Relevé géologique (log forage)		X				À envoyer au SEN / CREALP ?
Tests de mise en service PAC			X			PV de réception à envoyer au SEFH ?
Pompages d'essai			X	X	Tous les 5 ans	
Profondeur / niveau d'eau	X ¹		X ²	X	Min. 2x par an	Avec et sans pompage, plusieurs fois par an (hautes eaux et basses eaux)
Analyse chimique	X ¹		X ²	X	Tous les 5 ans	
Débits / Températures	X ¹		X ²	X	Mensuel ou annuel	
Puissance Géo / puissance PAC	X			X	Annuel ou mensuel	Electricité PAC
Energies Géo / énergie PAC				X	Annuel	Nb heures PAC ou compteur chaleur (pour grandes installations)
Contrôle puits / ouvrages				X	Annuel	Contrôle étanchéités, contrôle visuel
Accumulation sable puits				X	Tous les 5 ans	
Inspection des pompes (dépôt, corrosion)				X	Tous les 5 ans	
Problème de fonctionnement				X		Envoyer infos au SEN / SEFH ?

X¹ : Si des données disponibles le permettent (faisabilité théorique)

X² : Au moment du test de pompage suivi par l' hydrogéologue