



GUIDE POUR RÉALISER |
UN PROJET DE

GÉOTHERMIE PEU PROFONDE

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	3	2 Réalisation	20
1 Conception	4	2.1 Mise en œuvre des systèmes fermés	20
1.1 Aspects techniques	4	2.2 Mise en œuvre des systèmes ouverts	21
1.1.1 Détermination des besoins énergétiques	4	2.3 Le Réseau hydraulique	23
1.1.2 Choix du système géothermique adapté aux besoins énergétiques	4	2.4 Points d'attention concernant les composantes du système en surface	24
1.1.3 Etudes techniques préparatoires sous-sol	5	2.4.1 Calorifugeage des installations	24
1.1.4 Etudes techniques préparatoires PAC	12	2.4.2 Régulation de la PAC	24
1.1.5 Dimensionnement des installations géothermiques	13	2.4.3 Asservissement des auxiliaires à la PAC	25
1.2 Aspects administratifs et juridiques	15	3 Maintenance & Suivi	26
1.2.1 Engagement des démarches nécessaires : cadre réglementaire	15	3.1 Maintenance des installations de surface	26
1.2.2 Sollicitation d'une aide financière	18	3.1.1 Pompe à chaleur	26
		3.1.2 Autres composants en surface de l'installation	25
		3.2 Maintenance des ouvrages souterrains	28
		3.2.1 Systèmes ouverts	28
		3.2.2 Systèmes fermés	29
		3.3 Suivi de la performance des installations géothermiques	30
		4 Informations complémentaires	31
		4.1 Compétences requises	31
		4.2 Qualifications indispensables	31

INTRODUCTION

Ce guide illustre les étapes principales à suivre pour réussir un projet de géothermie peu profonde. Il couvre, pour les systèmes géothermiques fermés et ouverts, les phases de la conception au suivi des projets.

ÉTAPE 1: Conception

- Aspects techniques
 - a. Détermination des besoins énergétiques ;
 - b. Choix du système géothermique adapté aux besoins ;
 - c. Etudes techniques préparatoires sous-sol
 - d. Etudes techniques préparatoires installations de surface
 - e. Dimensionnement
- Aspects administratifs et juridiques
 - a. Engagement des démarches nécessaires : réglementation et garanties ;
 - b. Sollicitation d'une aide financière ;

ÉTAPE 2: Réalisation

- a. Mise en œuvre des systèmes fermés ;
- b. Mise en œuvre des systèmes ouverts ;
- c. Schéma hydraulique des installations ;
- d. Calorifugeage des installations ;
- e. Régulation de la PAC ;
- f. Asservissement des auxiliaires à la PAC ;

ÉTAPE 3: Maintenance et suivi

- Maintenance des installations de surface ;
- Maintenance des ouvrages souterrains
- Suivi des performances des installations ;

Conception

Réalisation

Maintenance
et suivi

1.1 Aspects techniques

1.1.1 Détermination des besoins énergétiques

Les systèmes géothermiques peuvent couvrir plusieurs besoins énergétiques :

- Chauffage d'un bâtiment avec une pompe à chaleur (PAC) géothermique classique ;
- Climatisation d'un bâtiment avec une PAC géothermique réversible ou rafraîchissement via géocooling ;
- Production d'eau chaude sanitaire avec une PAC géothermique.

Le dimensionnement du système géothermique nécessite d'évaluer précisément les besoins énergétiques du(des) bâtiment(s) à alimenter en chaleur renouvelable et/ou en froid. Cette analyse des besoins doit être réalisée par un bureau d'étude spécialisé en énergie, ou un chauffagiste agréé par l'AWAC (Agence Wallonne pour l'Air et le Climat)

dans le cas d'un petit projet. Cette évaluation permet de dimensionner le système de chauffage, de ventilation et de climatisation d'air (HVAC) notamment la puissance de la pompe à chaleur et des émetteurs mais également le champ de sondes ou le(s) puits de pompage/réinjection. D'autre part, lors de la conception, le maître d'œuvre devra s'assurer que la température de production de l'eau chaude et/ou de froid est adaptée aux émetteurs qui seront installés. Les émetteurs basse température (planchers chauffants ou radiateurs basse température) seront à privilégier afin de garantir un rendement élevé de la PAC.

L'adéquation entre les besoins à couvrir en surface et le dimensionnement de l'installation permet d'optimiser les coûts d'investissement et de fonctionnement et garantit la pérennité du système.

1.1.2 Choix du système géothermique adapté aux besoins énergétiques

Les technologies associées à la géothermie peu profonde traitées dans ce guide sont les suivantes :

- La PAC sur sondes géothermiques verticales (systèmes fermés) ;
- La PAC sur nappe d'eau souterraine (systèmes ouverts).

1.1.2.1 Systèmes fermés versus Systèmes ouverts

Actuellement, les systèmes fermés sont majoritaires en Wallonie, avec plus de 2000 installations et environ 150 à 200 nouvelles installations par an. Quant aux systèmes ouverts avec réinjection, il y a actuellement 20 projets en cours et 1 projet déjà terminé en Bavière. Pour ce qui est des systèmes ouverts avec rejets en eau de surface, on compte plus de 20 installations. Cette situation s'explique notamment par le fait que la plupart des systèmes installés en Wallonie à ce jour alimentent des projets de type maison unifamiliale pour lesquels les systèmes fermés sont mieux adaptés. De plus le cadre réglementaire a été allégé pour ces systèmes alors que les procédures pour mettre en place des systèmes ouverts sont plus contraignantes.

La mise en place d'un système ouvert nécessite la réalisation d'une étude de faisabilité hydrogéologique

pour confirmer et quantifier l'adéquation du potentiel de l'aquifère ciblé avec l'installation prévue alors que l'installation de systèmes fermés est faisable sur la majorité du territoire Wallon. De plus l'installation d'un système ouvert s'accompagne de contraintes règlementaires plus importantes (nécessité d'un permis d'environnement) liées au pompage d'eau souterraine et à l'éventuelle réinjection de celle-ci. Cependant l'avantage des systèmes ouverts est qu'ils ont la capacité de répondre à des besoins énergétiques plus conséquents que les systèmes fermés. Enfin, l'investissement pour un système ouvert est moindre que pour un système fermé à quantité d'énergie égale et les coûts opérationnels sont plus bas. A titre informatif, on place des systèmes ouverts à partir de 50 kW de puissance de PAC. Pour un immeuble à 50 appartements par exemple, le système ouvert est avantageux.

En résumé, si les besoins énergétiques sont suffisants pour justifier l'installation d'un système ouvert dans

le cas où celui-ci est faisable techniquement, alors ce type de système est beaucoup plus intéressant. Le Tableau 1 compare de façon synthétique les systèmes fermés et les ouverts en reprenant les caractéristiques principales des deux types de systèmes.

	Systèmes fermés	Systèmes ouverts
Faisabilité technique	😞	😊
Performance énergétique	😊	😞
Contraintes règlementaires	😞	😞 → 😊
Adapté pour maison unifamiliale	😊	😞
Adapté à des projets de taille conséquente	😊	😊
CAPEX	€€	€
OPEX	€€	€

Tableau 1 : Comparaison des systèmes fermés et ouverts. Adapté depuis source : <https://environnement.brussels/thematiques/geologie-et-hydrogeologie/geothermie/quel-systeme-choisir>

1.1.3 Etudes techniques préparatoires sous-sol

1.1.3.1 Systèmes fermés

Prédimensionnement

Au stade de la conception, les sondes géothermiques doivent être prédimensionnées en se basant sur les informations concernant les besoins

thermiques estimés et les données géologiques et les propriétés géothermiques locales disponibles. Le prédimensionnement doit être réalisé par des professionnels ayant une connaissance adéquate du contexte géologique local. A partir d'un seuil de puissance thermique de PAC (40 kW) il est

souhaitable de faire intervenir un bureau d'études qualifié. Actuellement en Wallonie, la formation PAC est déjà opérationnelle (certification RESCERT). Cependant, la formation relative aux systèmes géothermiques v devrait être mise en place prochainement.

L'efficacité des systèmes fermés est influencée largement par la conductivité thermique du sous-sol. Une conductivité thermique importante favorise le transfert de l'énergie vers l'échangeur géothermique. La conductivité thermique dépend notamment du type de sols et de roches traversées par le forage et du degré de saturation en eau du sous-sol. La conductivité thermique varie entre $0,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ pour les argiles non saturées et plus de $5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ pour les quartzites.

Au stade de prédimensionnement, il n'est pas nécessaire de forer une sonde test. Les cartes présentant des informations relatives aux conductivités thermiques sur le territoire wallon (Figure 1 et Figure 2) et les cartes de classes de potentiel géothermique des systèmes fermés (Figure 3) sont des sources d'informations consultables et utilisables. Ces cartes permettent d'orienter les décisions pour rendre le projet moins risqué puisqu'elles donnent une idée des zones dans lesquelles le potentiel serait moins favorable étant donné la présence, par exemple, d'une forte épaisseur de Crétacé et/ou de Tertiaire/Quaternaire ou d'une zone non saturée importante (Classe A épaisse et non saturée sur la Figure 2). De plus, la carte de potentiel des systèmes fermés en Figure 4 indique les gammes de puissance spécifique et permet d'aider au prédimensionnement du champ de sonde.

Les gammes de puissance extractible proposées à titre indicatif lors de l'exercice de cartographie du potentiel peuvent être utilisées pour les estimations a priori. Elles prennent en compte la conductivité

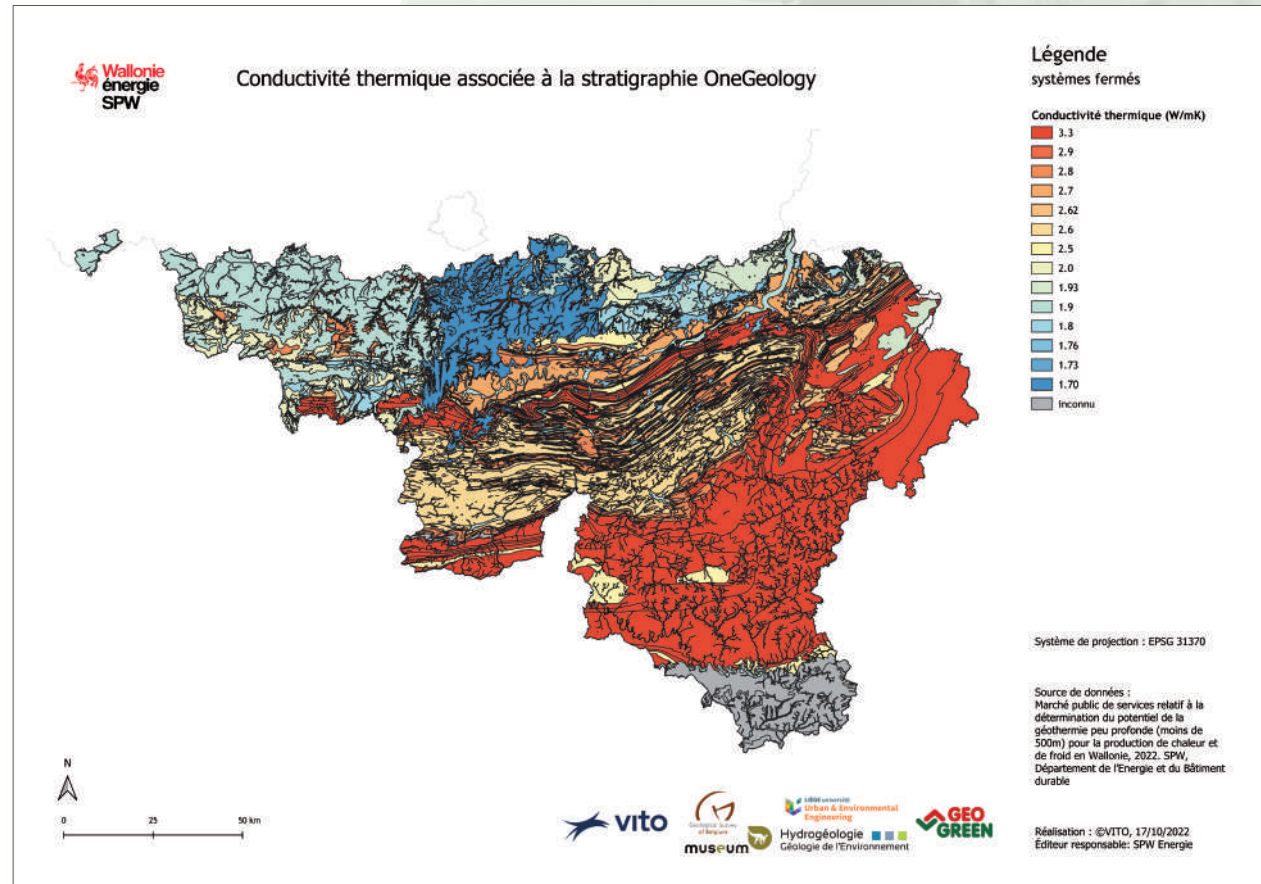


Figure 1 : Carte de conductivité thermique réalisée en associant une conductivité thermique moyenne aux différentes stratigraphies définies dans le cadre du projet OneGeology. Cette carte reflète la conductivité thermique des terrains à l'affleurement.

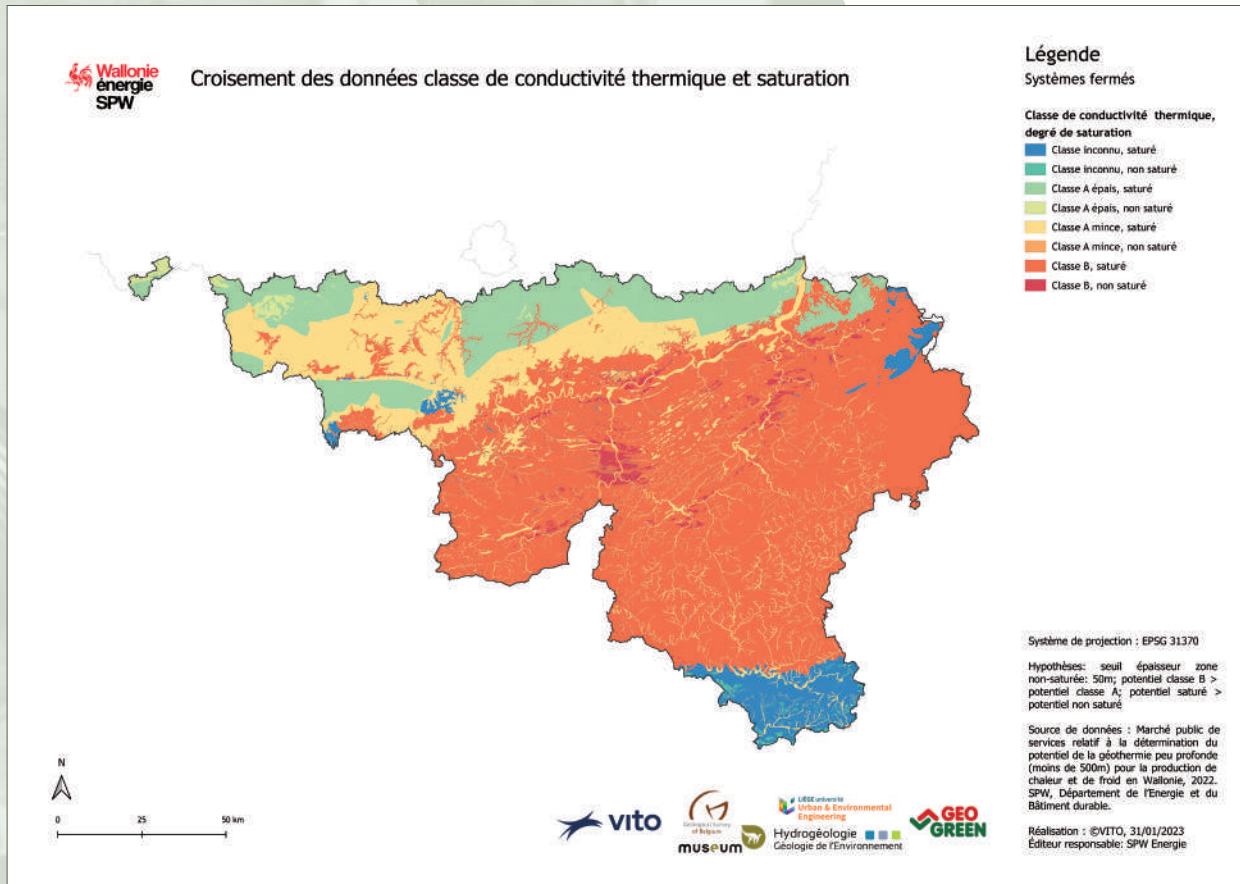


Figure 2 : Carte combinant les données : 1/ de conductivité thermique à l'affleurement (Figure 1) définie comme appartenant à la Classe A si $< 2,2 \text{ W/m/K}$ et à la Classe B si $> 2,2 \text{ W/m/K}$, 2/ d'épaisseur de la Classe A, qualifiée d'épaisse si supérieure à 50 m et mine si inférieure à 50 m et 3/ de piézométrie, permettant de déterminer la saturation.

thermique et donc le type de lithologie et la saturation du sous-sol. Les valeurs suivantes ont été supposées pour les différentes classes de conductivité thermique présentées en Figure 2:

- Inconnue si la classe de conductivité thermique est inconnue
- 25 W/m : Classe A, épaisseur $> 50\text{m}$, non saturée
- $35\text{-}60 \text{ W/m}$: Classe A, épaisseur $> 50\text{m}$, saturée
- $40\text{-}70 \text{ W/m}$: Classe A, épaisseur $< 50\text{m}$ et Classe B

A noter que les valeurs se recoupent car il existe une gamme de valeurs par lithologie en fonction de la saturation (Tableau 2 valeurs pour 1 sonde géothermique).

Tableau 2 : Puissance d'extraction typique en fonction du type de lithologie.

Type de lithologie	Puissance d'extraction (W/m)
Sable sec	< 25
Sable saturé	60
Argile sec	25
Argile humide	35
Calcaires	55
Grès	60
Schistes	50
Quartzites	70

À l'issue de l'étape de prédimensionnement, les caractéristiques projetées du système géothermique sont définies, elles comprennent le type de sonde, leur nombre et la profondeur à atteindre, la disposition du champ de sonde, le type de liquide caloporteur, ... qui permettront à priori un fonctionnement théorique optimal de l'installation.

Point de vigilance : espacement entre les sondes géothermiques

L'espacement entre sondes est un paramètre important pour éviter les interférences thermiques. A ce jour (et comme pratiqué avant octobre 2019, avant le passage en classe 3 des sondes géothermiques verticales), lorsque des projets de systèmes fermés passent en classe 2 (zone de prévention, autres installations/activités classées) et que la place nécessaire et suffisante est disponible, une interdistance de 10 m est imposée. Dans les faits et en classe 3, c'est sensiblement moins (jusqu'à parfois 6-7 m) mais jamais plus. L'interdistance de 10 m correspond donc à la distance de base imposée en classe 2 et régulièrement pratiquée en classe 3 quand il y a suffisamment d'espace pour le faire. Des calculs précis basés sur la modélisation du transport de chaleur en milieu souterrain partiellement ou totalement saturé, peuvent être réalisés pour trouver exactement la distance minimum optimale entre les sondes. Ces modélisations doivent être réalisées par un bureau d'études spécialisé en géothermie ou thermique du bâtiment. Cette

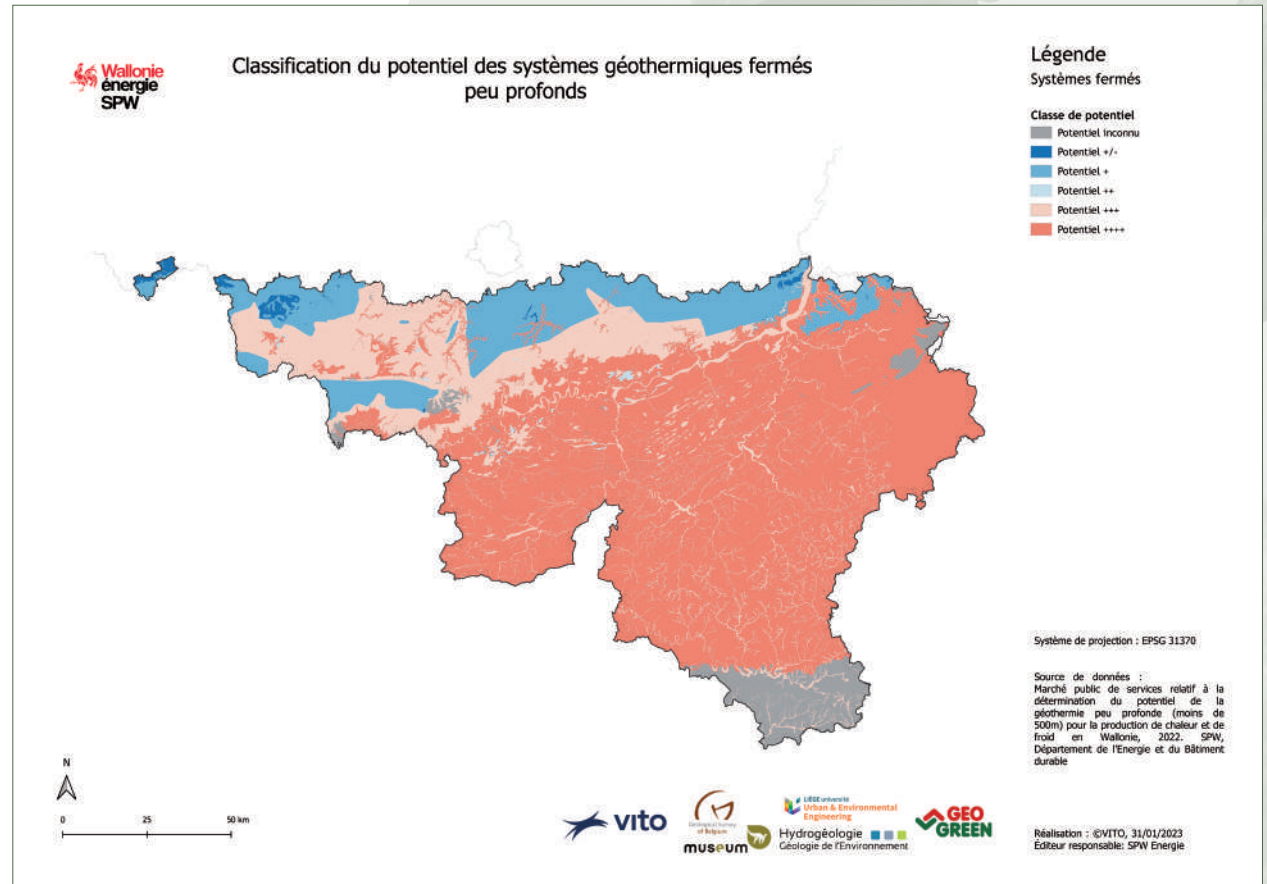
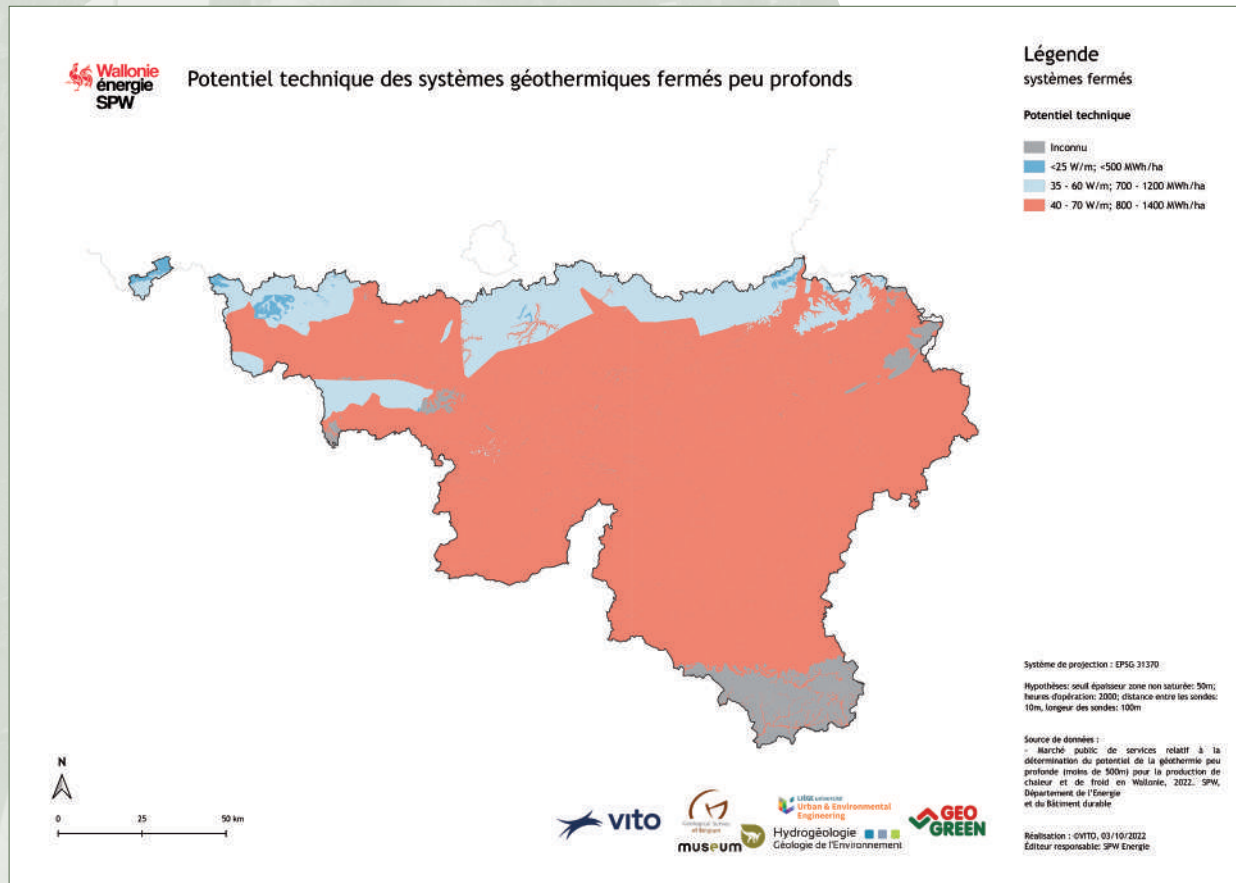


Figure 3 : Potentiel des systèmes géothermiques fermés peu profonds (classe de potentiel)



modélisation est fortement recommandée pour des champs de sondes totalisant 1 000 mètres ou plus de longueur totale forée.

Après avoir réalisé la première sonde, un test de réponse thermique (TRT) est préconisé. Il doit être effectué sur la première sonde forée pour vérifier que les hypothèses retenues en phase d'étude sont correctes. Concernant les hypothèses de dimensionnement, il s'agit de la conductivité thermique des terrains traversés, de la température initiale du sous-sol et des temps de fonctionnement du champ de sondes en prélèvement de calories lors de production de chaud et en injection de calories lors de production de froid. Dans le cas contraire, il peut être nécessaire de mettre à jour le nombre de sondes sur la base de l'ajustement de la modélisation à partir des valeurs obtenues lors du TRT.

1.1.3.2 Systèmes ouverts

Étude de faisabilité hydrogéologique

Les systèmes ouverts utilisent directement les eaux souterraines comme fluide caloporteur. Ils sont classiquement constitués de doublets¹ de puits de pompage et de réinjection des eaux souterraines pour le chauffage et la climatisation/refroidissement

¹ Un doublet géothermique est un ensemble de deux forages associés, l'un dédié à la production du fluide géothermal, l'autre à la réinjection de celui-ci dans l'aquifère où celle-ci a été pompée.

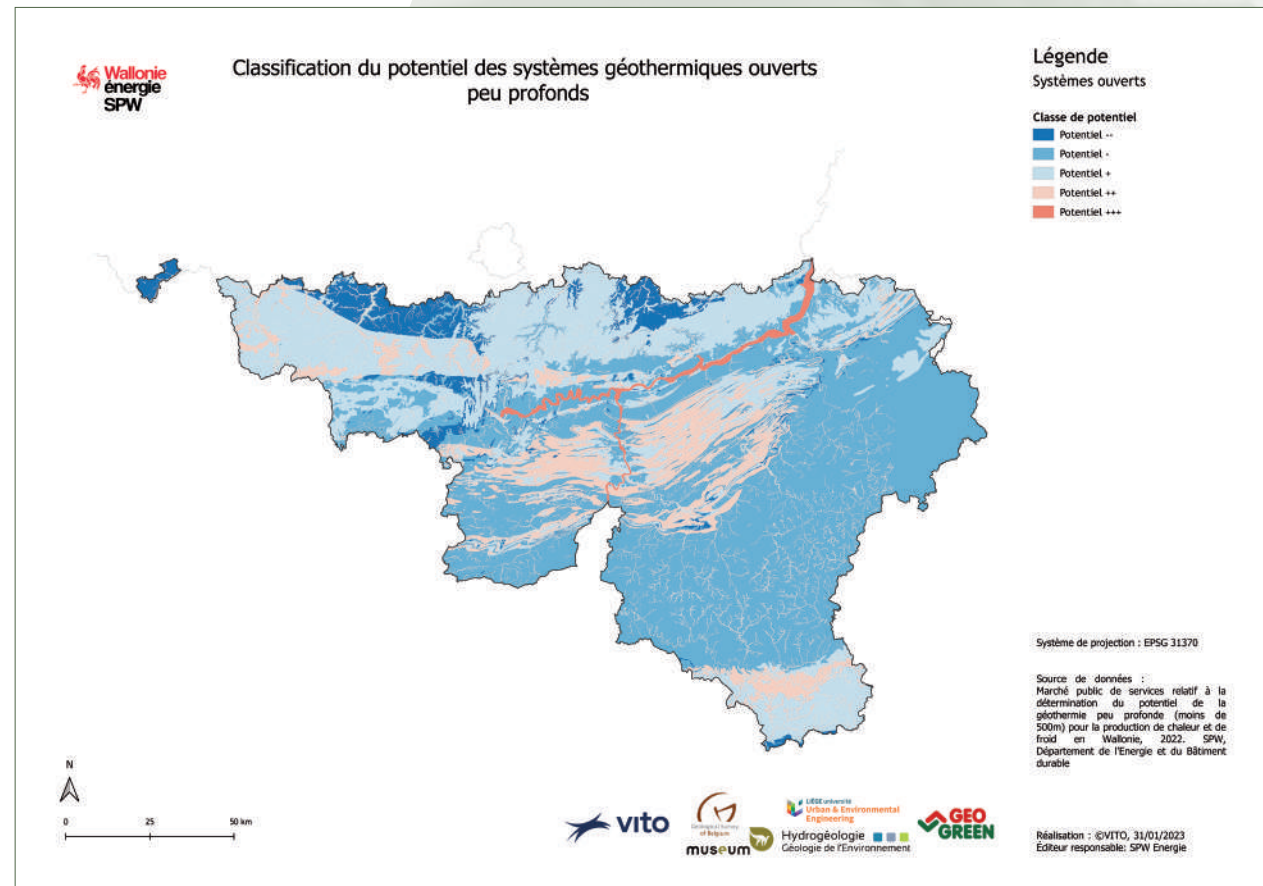
Figure 4 : Potentiel des systèmes géothermiques fermés peu profonds (classe de potentiel)

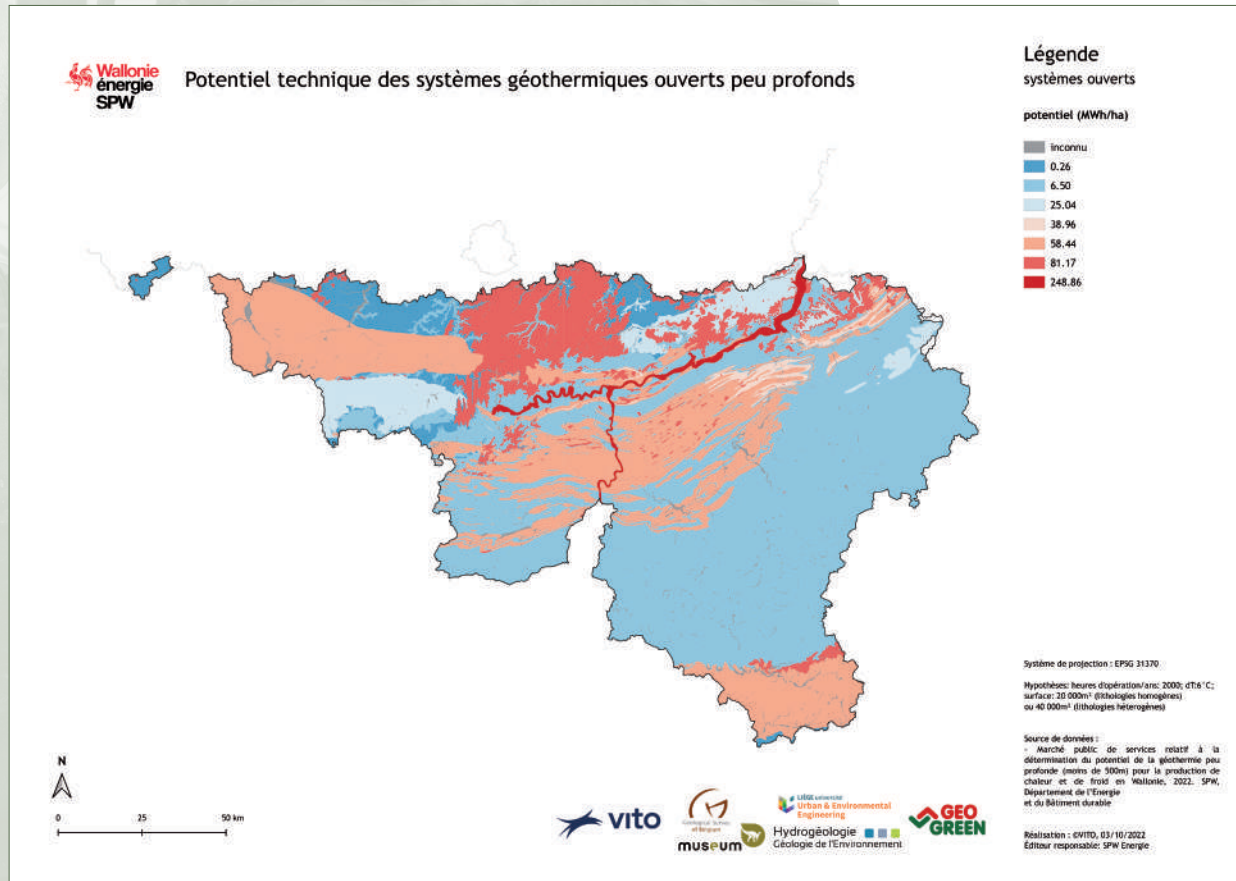
saisonniers (Dassargues, 2019²). Dans le cas de la mise en place d'un système géothermique ouvert, une étude de faisabilité hydrogéologique doit être réalisée par un bureau d'étude « sous-sol » spécialisé en hydrogéologie en amont de la demande de permis d'environnement. Dans le cadre de cette étude, le forage par une société de forage agréée³ d'au moins un puits test est nécessaire, il permet de réaliser un ou des essai(s) de pompage et ou d'injection, de mesurer la température et d'analyser la qualité des eaux souterraines. D'autre part ce puits pourra être valorisé comme futur puits d'exploitation. La réalisation d'essais de pompage nécessite d'effectuer une demande de prise d'eau souterraine (permis d'environnement de classe 2).

Prédimensionnement

Sur la base des propriétés hydrogéologiques locales déterminées lors de l'étude hydrogéologique et des besoins thermiques estimés, le prédimensionnement du système peut être réalisé par un bureau d'étude « sous-sol » spécialisé en hydrogéologie. A noter qu'il est utile d'intégrer des informations concernant la direction de l'écoulement souterrain dans l'aquifère visé à ce stade de l'étude.

- 2 Dassargues, A. 2019. Le potentiel de la géothermie peu profonde dans la transition énergétique. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. 88, Actes de colloques, 2019, p. 52 - 63 52
- 3 http://environnement.wallonie.be/cgi/dgrne/forages/liste_foreurs.idc





A l'issue de cette étape, les caractéristiques projetées du système géothermique sont définies afin d'assurer un fonctionnement théorique optimal de l'installation. Elles comprennent le nombre de puits, le débit par puits, le diamètre des puits, la caractérisation de l'aquifère exploité (conductivité hydraulique, conductivité thermique estimée), et la disposition des puits.

Point de vigilance : espacement entre les forages

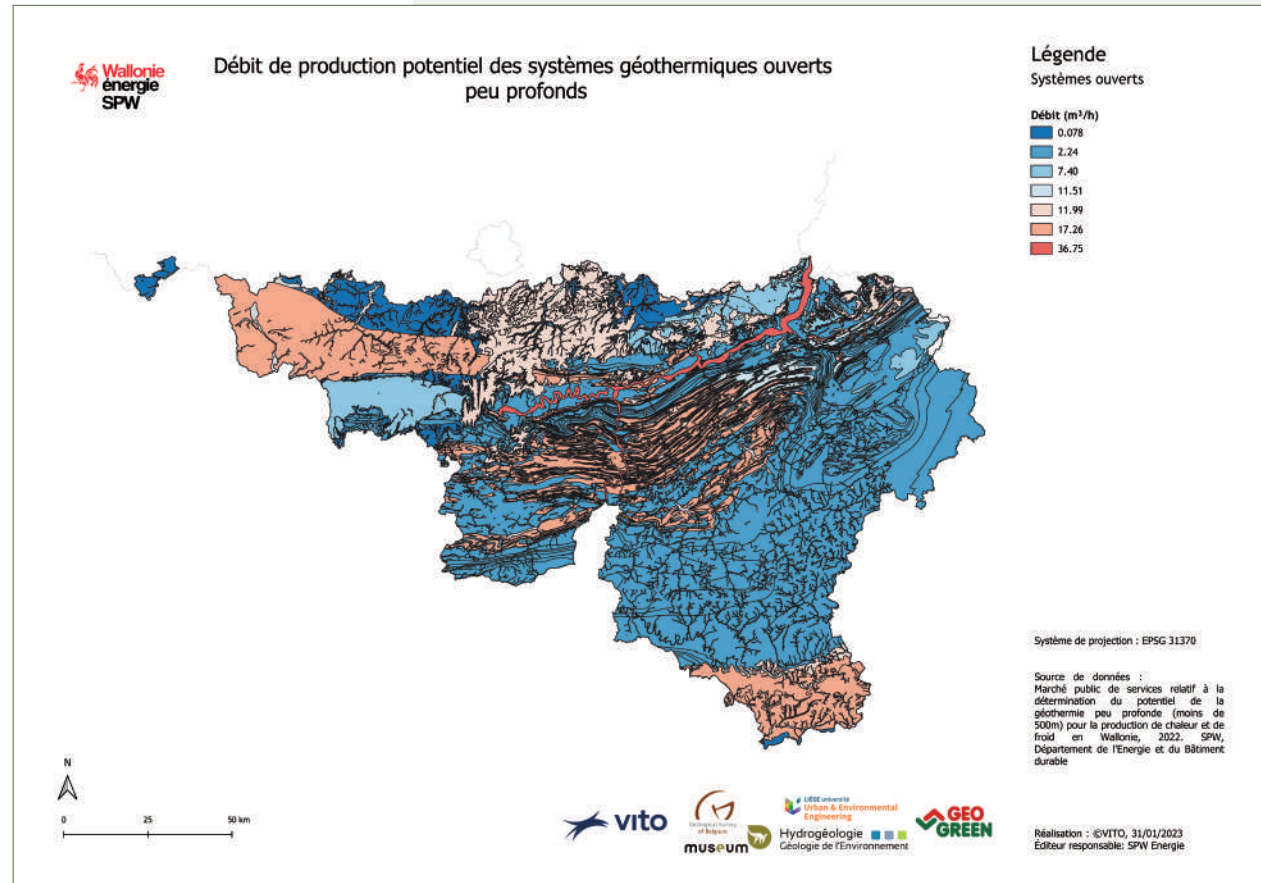
Pour une opération de géothermie peu profonde impliquant un système ouvert, un paramètre important est l'espacement entre les puits de production et de réinjection.

En mode production de chaleur, le fonctionnement de l'installation implique la création d'une zone froide dans l'aquifère au niveau du forage de réinjection. Si cette zone atteint le forage de production, la température de l'eau diminuera graduellement ce qui entraînera une baisse de rendement voire la mise en défaut de la pompe à chaleur et parfois conduira à l'arrêt complet de l'installation. En mode de production de froid, le même risque est possible par création d'une zone chaude dans l'aquifère et induire des problèmes d'exploitation sur des installations proches.

La modélisation de l'évolution spatiale et temporelle des hauteurs d'eau (liées aux pressions) et de la température dans l'aquifère sur base des

données hydrogéologiques locales (prenant en compte notamment la direction d'écoulement souterrain) et les conditions initiales de températures est nécessaire avant le forage des puits. Les calculs doivent être réalisés par un bureau d'études sous-sol spécialisé en hydrogéologie.

La maîtrise du foncier est nécessaire pour implanter les ouvrages souterrains et l'espace disponible peut parfois être un facteur limitant et représenter une contrainte complémentaire. En effet, l'exploitation optimale du ou des doublets ne pourra être garantie dans certaines situations, notamment si l'espacement entre les puits tel que calculé par le bureau d'études sous-sol ne peut être respecté par manque d'espace. Il n'y a pas de distance standard préconisée ou imposée. Chaque cas est particulier et nécessite de ce fait une étude de faisabilité.





1.1.4 Etudes techniques préparatoires PAC

1.1.4.1 Choix de la Pompe à chaleur (PAC)

Dès la phase de conception, le bureau d'études thermiques doit procéder à la recherche de la meilleure PAC en fonction des spécificités du projet (demande en chaud et en froid à couvrir, températures de la ressource sous-sol, températures des émetteurs côté bâtiment, etc.). Cette étape permettra de rechercher les performances optimales de l'installation et de produire de la chaleur et/ou du froid aux meilleures conditions économiques.

De plus, pour être éligible à la prime Énergie, des conditions minimales de performances sont définies pour la PAC en fonction de la technologie mise en œuvre⁴. La liste des pompes à chaleur éligibles aux primes énergie de la Wallonie est disponible en ligne⁵.

Dans le cas de PAC utilisées pour la production de chaleur, les COP des systèmes directement visés par la norme NBN EN 14511 en vigueur lors de la réalisation du test sont déterminés conformément aux spécifications de cette dernière. Les COP à atteindre sont :

- Un COP machine minimal de 5.1 pour les PAC électriques pour les systèmes ouverts
- Un COP machine minimal de 4.3 pour les PAC électriques pour les systèmes fermés

Si la pompe à chaleur est utilisée en complément pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire, les COP à atteindre sont :

- Un COP machine minimal de 4.2 pour les PAC électriques pour les systèmes ouverts
- Un COP machine minimal de 3.5 pour les PAC électriques pour les systèmes fermés

Enfin si la PAC est utilisée uniquement pour la production d'eau chaude sanitaire les COP à atteindre sont ceux des systèmes visés par la norme NBM EN 255-3. Les COP à atteindre sont alors :

- Un COP machine minimal de 4.2 pour les PAC électriques pour les systèmes ouverts
- Un COP machine minimal de 3.5 pour les PAC électriques pour les systèmes fermés

1.1.4.2 Dimensionnement des PAC

Le bon dimensionnement de la pompe à chaleur est primordial afin de satisfaire les besoins thermiques et éventuellement les besoins en froid. En cas de sous-dimensionnement, l'effet est perceptible rapidement sur le fonctionnement de l'installation, alors

qu'un surdimensionnement peut ne pas être mis en évidence. Cette situation peut cependant être extrêmement pénalisante d'un point de vue financier et peut nuire aux performances et à la longévité de la PAC.

Un surdimensionnement s'accompagne :

- D'un surinvestissement inutile dans la PAC et éventuellement dans le dispositif de captage de l'énergie souterraine ;
- De cycles de fonctionnement de la PAC raccourcis ;
- D'un surdimensionnement des auxiliaires (pompe immergée, évaporateur et condenseur) résultant en de lourdes consommations électriques.

Il apparaît que la sollicitation optimale minimale pour la PAC se situe entre 1800h/an et 2400 h/an avec une moyenne de 2000 h/an de fonctionnement équivalent pleine puissance. Hoes et al. 2021 rapporte qu'en Belgique le temps de fonctionnement équivalent pleine puissance est de l'ordre de 1310 h/an en mode chaud pour la plupart des systèmes basés sur la géothermie peu profonde.

4 Cahier des charges PAC 2014 : <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/29321.pdf?ID=29321>

5 PAC éligibles aux primes énergie : <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/58010.pdf?ID=58010>

1.1.5 Dimensionnement des installations géothermiques

1.1.5.1 Systèmes ouverts

Les installations géothermiques de type systèmes ouverts nécessitent l'utilisation d'une pompe de production, celle-ci est généralement immergée dans le forage de production. La puissance de cette pompe doit être choisie de façon rigoureuse afin de répondre aux besoins de l'installation mais aussi de limiter les dépenses énergétiques. Le dimensionnement de cette pompe et sa profondeur de mise en place dans le forage de production seront fonction du débit à pomper qui induira une certaine variation du niveau d'eau et de l'ensemble des pertes de charge (dans la conduite de refoulement, dans la canalisation depuis le forage de production jusqu'au forage d'injection, liées à la filtration, liées à l'échangeur).

La pompe immergée devra être pilotée par un variateur de fréquence (ou variateur de vitesse). Il permet de moduler le débit d'eau souterraine pompée, d'améliorer la régulation et de diminuer le nombre de démarrages de la pompe ainsi que de prolonger la durée de vie du réseau hydraulique.

1.1.5.2 Systèmes fermés

Le dimensionnement final de l'installation doit être réalisé par un bureau d'études compétent sur la base des besoins thermiques et des propriétés géothermiques locales déterminées grâce au forage d'une sonde test (pour les puissances thermiques de PAC supérieures à 40 kW). Celle-ci servira notamment à réaliser un TRT in situ indispensable pour les systèmes complexes et importants. A titre indicatif, en France *un TRT est nécessaire pour une opération de plus de 1 000 mètres linéaires de longueur cumulée de sondes (ce qui correspond plus ou moins à une puissance thermique de 50 kW). En région Bruxelloise un TRT est nécessaire pour les installations de plus de 5kW électrique, ce qui correspond à une puissance de PAC de 20 à 25 kW thermique selon le COP. Ce seuil sera relevé à 40 ou 50 kW thermique dans le futur pour éviter aux particuliers qui ont parfois des PAC de puissance thermique allant jusqu'à 40-50 kW de devoir réaliser un TRT.* On constate en pratique que pour de petites installations on préfère installer une sonde de plus par sécurité que de réaliser un TRT. En effet, un TRT est un coût conséquent pour les petits bâtiments. Le but est d'éviter ce coût pour les maisons particulières, mais de l'imposer pour les plus grands projets (immeubles, quartier, gros bâtiments publics, etc ...). Dans tous

les cas de figures, le forage devra nécessairement être réalisé par un foreur agréé par la Wallonie⁶. La sonde test pourra être valorisée dans le champ de sonde exploité.

L'étape de dimensionnement est indispensable pour s'assurer de l'efficacité du système qui sera mis en œuvre. En effet, c'est à l'issue de celle-ci que les caractéristiques finales du système géothermique sont définies. Un dimensionnement adéquat garantira la durabilité de la ressource géothermique et l'optimisation de la longueur de sonde totale. Il permet de s'assurer que sur le long terme, l'apport en calories et en frigories dans le sous-sol est équilibré évitant ainsi un réchauffement ou un refroidissement de celui-ci.

Du point de vue financier, le dimensionnement est aussi crucial puisqu'un champ de sondes surdimensionné se traduit par un surinvestissement injustifié. De plus le surdimensionnement du champ de sondes est généralement doublement pénalisant puisqu'il s'accompagne en général du surdimensionnement de la PAC et du surcoût associé. Il n'existe pas de mesures correctives au surdimensionnement d'un système géothermique. En revanche, des besoins plus importants pourront éventuellement être couverts, ce qui peut s'avérer intéressant si une extension de la demande en surface est prévue.

⁶ <http://environnement.wallonie.be/de/eso/foreur.htm>

De plus, il est important de respecter l'équilibre du sous-sol en utilisant la ressource de manière raisonnée (éviter la surexploitation du sous-sol). Une percée thermique qui se traduit par une modification de la température de la ressource impliquera une diminution de l'efficacité énergétique globale du système et sa rentabilité économique. Une diminution de température importante autour de la sonde peut conduire à un arrêt de chauffage en raison de la mise en sécurité de la PAC ou au gel du sous-sol et à l'apparition de fissures associées dans le sol.

Contrairement au surdimensionnement, il existe des mesures correctives au sous-dimensionnement d'un système géothermique fermé. En effet, en cas de besoin il sera possible d'ajouter des sondes géothermiques complémentaires ou d'avoir recours à un système de relève de la pompe à chaleur géothermique en appoint ou secours. Une régulation de la PAC peut aussi être envisagée afin de palier au sous-dimensionnement, par exemple un régime réduit nocturne peut être mis en place.



1.2 Aspects administratifs et juridiques

1.2.1 Engagement des démarches nécessaires : cadre réglementaire

1.2.1.1 Permis propres aux pompes à chaleur

Selon la puissance de la PAC et la quantité de fluide frigorigène qu'elle contient, les exigences réglementaires varient (Tableau 3).

Comme le montre le Tableau 4, la puissance des PAC typiquement utilisées dans le cadre de la géothermie peu profonde est généralement comprise entre 8 et 120 kW et est donc normalement inférieure à 300 kW.

1.2.1.2 Systèmes fermés

Depuis octobre 2019, une simple déclaration d'environnement de classe 3⁷ est suffisante pour la réalisation des forages destinés à recevoir une sonde géothermique, en dehors d'une zone de protection de captage dans laquelle un permis d'environnement de classe 2 est toujours nécessaire. L'autorisation (acte communal de recevabilité de la déclaration d'environnement) est octroyée dans un délai de maximum 30 jours.

⁷ Avant octobre 2019 un permis d'environnement de classe 2 était nécessaire.

Classification	Type d'installations	Exigences règlementaires
40.30.02	Installation de production de froid ou de chaleur mettant en œuvre un cycle frigorifique (à compression de vapeur, à absorption ou à adsorption) ou par tout procédé résultant d'une évolution de la technique en la matière :	
40.30.02.01	<ul style="list-style-type: none"> Dont la puissance frigorifique nominale⁷ utile est supérieure ou égale à 12 kW et inférieure à 300 kW ou contenant plus de 3 kg d'agent réfrigérant fluoré. 	Classe 3 - Déclaration
40.30.02.02	<ul style="list-style-type: none"> Dont la puissance frigorifique nominale est supérieure ou égale à 300 kW. 	classe 2 - Permis d'environnement

Tableau 3 : Exigences réglementaires concernant les PAC, d'après <http://environnement.wallonie.be>.

Secteur	Types d'installations	Puissance moyenne des PACs
Résidentiel collectif	Champ de sondes ou systèmes ouverts	120* ; 100*
Tertiaire	Champ de sondes ou systèmes ouverts	55
Individuel	Sondes verticales/ horizontales ou petit système ouvert	8-10* ; 12**

Tableau 4 : Puissance des PAC géothermiques pour les différents secteurs en fonction du types de systèmes, d'après Hoes et al (2021)* pour la filière Belge en 2019 et les chiffres fournis par l'AFPG (2021) ** pour la filière française en 2021.

* Puissance frigorifique nominale utile (en KW) : la puissance frigorifique maximale fixée et garantie par le constructeur comme pouvant être fournie en marche continue tout en respectant les rendements utiles annoncés par le constructeur.

A noter que s'il y a dans le projet d'autres installations ou activités de classe 2 (ou 1), le DPA exigera le regroupement dans une seule demande de permis de classe 2 (ou 1).

De manière générale, les documents à réunir pour la réalisation de sondes géothermiques sont les suivants :

- Annexe 1/03 (formulaire relatif aux forages et prises d'eau – uniquement si classe 2 en zone de protection de captage)
- Carte IGN 1/10000 (localisation)
- Extrait cadastral
- Plan d'implantation des sondes
- Coupe géologique du puits
- Description des méthodes de forage et d'équipement du puits
- Profil des besoins du bâtiment
- Rapport de calcul du dimensionnement des sondes
- Détails d'implantation des sondes géothermiques
- Fiche technique du fluide caloporteur
- Reportage photo

Hormis l'annexe 1/03 spécifique au permis d'environnement de classe 2, les autres documents seront également utilement joints à toute déclaration d'environnement de classe 3 pour sondes géothermiques. Il est vraisemblable que leur fourniture sera rendue obligatoire lors de l'entrée en vigueur des

futures conditions intégrales et sectorielles, à ce jour inexistantes et qui devront encadrer ces installations et activités.

1.2.1.3 Systèmes ouverts

La mise en œuvre et l'exploitation d'installations géothermiques en systèmes ouverts requièrent, pour le forage et l'exploitation des ouvrages de prise ou de réinjection d'eau souterraine, l'obtention de permis d'environnement de classe 2 (délai d'obtention : minimum 3 à 4 mois). Le rejet éventuel de l'eau prélevée dans un exutoire de surface (généralement un cours d'eau) requiert également un permis d'environnement de classe 2.

Les rubriques du Permis d'Environnement qui s'appliquent aux systèmes ouverts sont listées dans le tableau 3.



Classification	Type d'installations	Exigences réglementaires
45.12.02	Forage et équipement de puits destinés à une future prise d'eau souterraine (hormis les forages inhérents à des situations d'urgence ou accidentelles)	Classe 2 - Permis d'environnement
45.12.01.04.01	Forage et équipement de puits destinés à la réinjection d'eau souterraine en vue de l'exploitation de systèmes géothermiques ouverts de faible profondeur (\leq à 500m)	Classe 2 - Permis d'environnement
41.00.03.02	Installation pour la prise d'eau souterraine non potabilisable et non destinée à la consommation humaine d'une capacité de prise d'eau supérieure à 10 m ³ /jour ou à 3 000 m ³ /an et inférieure ou égale à 10 000 000 m ³ /an	Classe 2 - Permis d'environnement
41.00.05.01	Installation pour la réinjection d'eau souterraine d'une capacité inférieure ou égale à 10 000 000 m ³ /an et de faible profondeur inférieure ou égale à 500 mètres	Classe 2 - Permis d'environnement
90.10.01	Rejet d'eaux usées industrielles dans les eaux de surface, les égouts publics ou les collecteurs d'eaux usées supérieur à 100 équivalent-habitant par jour ou comportant des substances dangereuses visées aux annexes Ière et VII du Livre II du Code de l'environnement, contenant le Code de l'eau	Classe 2 - Permis d'environnement

Tableau 5. Exigences réglementaires relatives aux systèmes géothermiques ouverts

Le cadre réglementaire existant en vigueur pour les systèmes ouverts porte actuellement sur le forage et l'équipement de puits⁸ ainsi que leur exploitation⁹ et fournit les prescriptions en matière de réalisation, d'équipement, de sécurisation, d'exploitation et d'abandon d'une prise d'eau souterraine. Il n'existe pas encore de prescriptions réglementaires en matière de réinjection d'eau souterraine. Le cas échéant, la réinjection est pour le moment encadrée par des conditions particulières spécifiques à chaque permis d'environnement de classe 2.

De plus, certaines contraintes environnementales peuvent avoir une incidence significative sur la faisabilité d'un projet géothermique et notamment si votre projet se situe :

- En zone de protection de captage ;
- A proximité d'une zone Natura 2000, d'une réserve naturelle ou d'une réserve forestière ;
- A proximité d'une autre prise d'eau souterraine ou d'un autre système géothermique ouvert ou fermé existant.

8 A.G.W. du 13/09/2012 déterminant les conditions sectorielles relatives au forage et à l'équipement de puits destinés à une future prise d'eau souterraine

9 A.G.W. du 12/02/2009 déterminant les conditions sectorielles relatives aux installations pour la prise d'eau souterraine potabilisable ou destinée à la consommation humaine et aux installations pour la prise d'eau souterraine non potabilisable et non destinée à la consommation humaine

Point d'attention : hormis pour les plus petites installations avec rejet en surface (seuil retenu et utilisé par l'Administration : $\leq 10\,000\text{ m}^3/\text{an}$) qui peuvent être autorisées en une seule étape de demande de permis d'environnement de classe 2, la mise en œuvre d'un système géothermique ouvert comporte toujours deux demandes de permis d'environnement consécutives, de classe 2 au moins chacune (classe 1 si réinjection). L'objectif est de garantir la démonstration de la faisabilité du système envisagé et l'absence d'incidences environnementales notables par au minimum la réalisation de pompages d'essai sur le(s) puits en cas de rejet en surface et par la réalisation d'une étude hydrogéologique plus ou moins poussée en cas de réinjection de

l'eau souterraine prélevée. Compte tenu des travaux et études à réaliser entre ces deux phases d'autorisation et du temps nécessaire à leur préparation, il doit être gardé à l'esprit qu'un délai incompressible de l'ordre de minimum 12 à 18 mois est nécessaire pour faire aboutir un projet de système ouvert, depuis l'introduction d'une première demande de permis pour le forage, l'équipement et la caractérisation des premiers puits jusqu'à l'obtention de l'autorisation de mise en œuvre complète et d'exploitation de longue durée de celui-ci. Il est donc essentiel pour tout demandeur/porteur de ce type de projet d'anticiper ce délai, trop souvent sous-estimé, afin de garantir la compatibilité de l'étude et de la mise en œuvre d'un système ouvert

avec la conception et la planification du projet plus global dans lequel il s'inscrit.

Toutes les informations relatives aux déclarations et aux demandes de permis d'environnement sont consultables en ligne.

Si votre projet nécessite à la fois un **permis d'environnement** et un **permis d'urbanisme**, un seul permis, le **permis unique**, sera nécessaire. Vous n'avez donc qu'une demande de permis unique à transmettre à l'autorité communale.

<http://permis-environnement.spw.wallonie.be/>

Le système géothermique considéré indépendamment du projet global dans lequel il s'inscrit ne nécessite qu'un (ou plusieurs) permis d'environnement.

1.2.2 Sollicitation d'une aide financière

1.2.2.1 UREBA

Mécanisme d'aides financières aux secteurs publics et aux organismes non commerciaux visant l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments.

Pour qui ?

Les bâtiments des communes, des CPAS, des provinces et des organismes non commerciaux* situés

sur le territoire de la Région wallonne peuvent bénéficier de l'aide UREBA dans le cas d'un recours aux sources d'énergie renouvelables pour une construction neuve ou un bâtiment à rénover.

Montant de l'aide ?

- UREBA ORDINAIRE :
- Seuil minimum d'investissements : 2.500 €TVAC.
- Montant de l'aide :

- o 30% du montant de l'investissement TVAC.
- o 35% si le demandeur applique une politique active de gestion énergétique de son patrimoine depuis au moins 2 ans

Quelles conditions ?

<http://energie.wallonie.be/fr/subventionsureba.html?IDC=6431>

1.2.2.2 Primes de la Wallonie pour les pompes à chaleur (dans la rénovation)

Dans le cas de projets de rénovation, la Wallonie propose 2 types d'aides :

1. Des primes : le passage d'un auditeur et un simple formulaire demande de prime "Audit", débloque le processus permettant de recevoir des primes pour différents travaux. Parmi les travaux éligibles figurent l'installation d'une pompe à chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire (pompe à chaleur thermodynamique) et pour l'installation d'une pompe à chaleur pour chauffage ou chauffage et eau chaude.
2. Des prêts à taux réduit ou taux zéro qui incluent la demande des primes.
À noter que pour bénéficier des primes, les travaux doivent être réalisés en suivant l'ordre des bouquets de travaux prévus dans le rapport d'audit établi par un auditeur logement agréé par la Wallonie. De plus, les travaux ne peuvent débiter qu'après l'enregistrement à l'administration d'un rapport fourni par l'auditeur.

En cas de demande d'un prêt, le montant des primes autorisées est pris en compte par l'organisme de prêt (la Société wallonne du Crédit Social si le demandeur a 2 enfants maximum ou le Fonds du Logement de Wallonie si le demandeur

a 3 enfants ou assimilés et plus) qui diminuera la durée du prêt en conséquence.

Pour qui ?

Citoyen de plus de 18 ans (ou mineur émancipé) et disposant d'un droit réel (propriétaire total ou partiel, usufruitier, nu-propriétaire...) sur le logement faisant l'objet de la prime.

Montant de la prime ?

Il existe deux types de primes :

- La prime « Audit » liée à la visite de l'auditeur et la production de son rapport d'audit
- Les primes « Travaux » liées à la réalisation de vos travaux selon ce qui a été convenu avec l'auditeur.

Dans les 2 cas, le montant de base de la prime peut être multiplié par 1, 2, 3, 4 ou 6 en fonction de vos revenus et de la composition de votre ménage. Le montant des primes est fonction de la catégorie de revenus, de la composition du ménage, de la nature des travaux à réaliser et de leur contribution à l'amélioration de la performance énergétique de l'habitation. Mais toujours avec un maximum de 70 % des factures.

Prime de base pour l'installation d'une pompe à chaleur pour l'eau chaude sanitaire

500 € à 3 000 €, selon la catégorie de revenu, uniquement si l'installation est effectuée

un entrepreneur inscrit auprès de la Banque-Carrefour des Entreprises, au max. 70 % de la facture.

Pompe à chaleur pour le chauffage ou combinée

1 000 € à 6 000 €, selon la catégorie de revenu.

A noter que les primes pour les pompes à chaleur peuvent être combinées, avec :

- Prime appropriation de l'installation électrique : 200 à 1.000 €, en fonction de la catégorie de revenu
- Augmentation des rendements des installations d'eau chaude sanitaire : 0,15 € à 0,90 €/kWh économisé, en fonction de la catégorie de revenu

Pour plus d'information concernant les conditions détaillées, la procédure à suivre ou l'estimation des catégories de revenu : <https://energie.wallonie.be/fr/primes-habitation-a-partir-du-1er-juin-2019.html?IDC=9792>.

1.2.2.3 Primes communales

Certaines communes attribuent des primes supplémentaires ou ont leurs propres primes de rénovation. Pour plus d'informations à ce sujet, il faut aller sur le site de la commune concernée ou contacter le service environnement.

RÉALISATION 2

2.1 Mise en œuvre des systèmes fermés

L'installation d'une sonde nécessite la réalisation d'un forage par une société de forage agréée qui sera aussi habilitée à raccorder les sondes jusqu'au collecteur alimentant la pompe à chaleur. En Wallonie, aucune directive n'impose actuellement les techniques d'exécution du forage. Cependant, la demande de permis de classe 2 introduite à la commune concernée doit décrire les méthodes de

forage, le matériel utilisé et les équipements du puits (Buildwise, 2017). Le choix de la technique de forage sera notamment influencé par la profondeur et le diamètre des puits à forer, le type de sol et le niveau de la nappe phréatique. Les divers outils couramment utilisés lors de la réalisation des forages en Belgique sont présentés en Figure 5.

Indépendamment du type de systèmes géothermique sélectionné, une fois le dimensionnement réalisé, l'installateur se chargera du placement des diverses composantes du système au sein du bâtiment (pompe à chaleur, émetteurs, ...).



Figure 5 : Photos présentant les outils de forage courants en Belgique pour l'installation d'échangeurs géothermiques. La tarière est adaptée aux terrains meubles alluvionnaires ou sableux ou crayeux meubles ne présentant pas de difficultés particulières, le trilame en cas de formations dites meubles (sable, limon, argile) et le marteau fond de trou (FDT) est préconisé en présence de terrains durs et homogènes.

La supervision du chantier de forage est assurée par l'entreprise de forage agréée. Son expertise permettra de confirmer ou d'adapter si besoin les résultats de dimensionnement.

Une fois les forages mis en œuvre les échangeurs géothermiques peuvent être installés et la finition du trou de forage peut être réalisée. Ils sont ensuite raccordés au collecteur et à des conduites horizontales de transport permettant de les relier à la pompe à chaleur dans le bâtiment. Le système géothermique peut alors être mis en service, en suivant la procédure classique (rinçage et aérage, remplissage du système, réglage et mise en service).

Pour une description détaillée des différentes étapes de mise en œuvre des systèmes fermés se référer à la Note d'information technique n°259 du Buildwise publiée en 2017 (Buildwise, 2017).

2.2 Mise en œuvre des systèmes ouverts

La mise en œuvre des puits d'un système ouvert est réalisée conjointement au processus de dimensionnement. En général, un essai de puits est réalisé pour chaque nouveau puits foré afin d'analyser sa productivité. Cette mesure permet en outre d'ajuster le dimensionnement final si nécessaire.



© F. Dor – SPW TPE



© F. Dor – SPW TPE



© F. Dor – SPW TPE

Figure 6 : Supervision du chantier de forage par un foreur agréé.

← Figure 7 : Forage Anderlecht (profondeur finale 120m)

Localisation (Lambert belge 1972)

X : 150500.1 m

Y : 169715.7 m

Z : 62.33 m

Nature : PUITES

Date de réalisation: Déc 2020 - Mai 2021

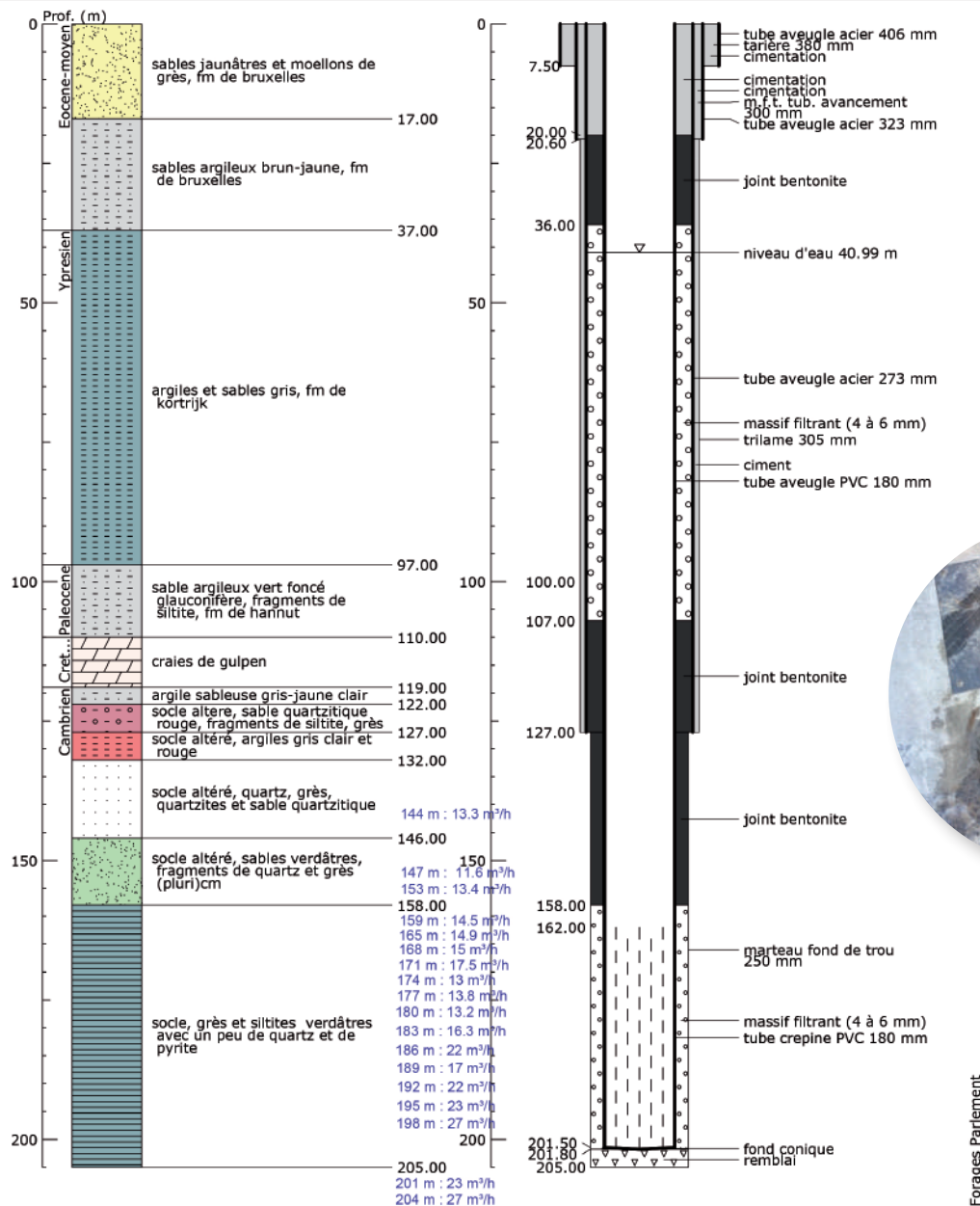
Superviseur : ARTESIA

Entrepreneur : SMET GWT Wallonie

Niveau d'eau: 40.99 m

Débit spécifique : m³/h/mTransmissivité : m²/s

Perméabilité : m/s



Réalisé par le bureau d'études Artesia

Forages Parlement

Comme pour les systèmes fermés, le forage des puits doit être réalisé par un foreur agréé par la Wallonie. Selon la demande de chauffage du ou des bâtiment(s), il sera nécessaire de forer un ou plusieurs doubles. La supervision du chantier de forage par un bureau d'étude sous-sol expert en hydrogéologie est recommandé. Le bureau d'étude sera en charge de l'identification précise de l'aquifère visé par l'exploitation, proposera un équipement des puits adapté et veillera au bon développement des ouvrages.

Une fois le forage terminé et équipé, une opération de développement est nécessaire afin de nettoyer l'ouvrage des déblais restant et d'éliminer les petites particules obstruant les interstices ou les fractures. Le développement intègre notamment une phase d'exploitation du forage pendant quelques heures à un débit supérieur au débit d'exploitation prévisionnel afin d'extraire les particules fines de l'ouvrage.

Une fois le forage nettoyé deux types de test hydrogéologique sont réalisés, des essais par paliers de courtes durées et des pompages d'essai longue durée au débit prévisionnel d'exploitation. Le premier permet de contrôler le fonctionnement de l'ouvrage et de fixer le débit maximal de pompage. Le second, réalisé sur une durée de plusieurs jours, permet d'évaluer le comportement de l'aquifère en production, de connaître ses limites et l'évolution du rabattement. Ainsi le débit qui peut être atteint et la capacité à maintenir celui-ci dans le temps sont déterminés.

↑ Figure 8 : Forage terminé avec les tubages des différents diamètres à la surface

← Figure 9 : Log géologique et schéma du forage (forage du PHS, Bruxelles)

La mise en œuvre du puits achevée, il peut être nécessaire de creuser des tranchées peu profondes pour permettre à la tuyauterie de relier les colonnes montantes du forage à la pompe à chaleur. L'installateur est chargé du placement des diverses composantes du système incluant la pompe à chaleur et les émetteurs au sein du ou des bâtiment(s).

2.3 Le Réseau hydraulique

Dans le cas d'un système fermé le réseau hydraulique relie les échangeurs verticaux du système géothermique sont reliés à l'évaporateur de la pompe à chaleur ou à d'autres éléments du système (échangeur de chaleur destiné au refroidissement passif, système de régénération par capteurs solaires thermiques, ...).

Dans le cas d'un système ouvert, le réseau hydraulique permet l'acheminement de l'eau souterraine pompée à un échangeur thermique qui transmet l'énergie à une pompe à chaleur (PAC).

Un document présentant le schéma hydraulique de l'installation est nécessaire. Il permet d'illustrer son fonctionnement technique et de faciliter l'exploitation et la maintenance des installations. La présence du schéma hydraulique des installations permettra aussi de faciliter le diagnostic en cas de dysfonctionnement de l'installation.



2.4 Points d'attention concernant les composantes du système en surface

2.4.1 Calorifugeage des installations

L'isolation des tuyaux et des canalisations d'eau et de chauffage aussi désigné sous le terme de calorifugeage thermique, est nécessaire afin d'optimiser les performances énergétiques et économiques de l'installation. Il permet de limiter les pertes thermiques le long du réseau hydraulique, de la tête du forage de production (systèmes ouverts) ou des sondes (système fermés) jusqu'à la distribution de l'eau dans les émetteurs. Les pertes thermiques depuis le champ de sondes ou le forage de production, seront faibles si les canalisations sont installées à une profondeur suffisante, définie en fonction du contexte climatique local. Les canalisations dans la chaufferie doivent être isolées.

2.4.2 Régulation de la PAC

Les coûts d'exploitation de l'installation géothermique peuvent être réduits en paramétrant le fonctionnement de la pompe à chaleur avec une loi d'eau adaptée au site. Cette étape permet d'optimiser sa régulation et par extension son rendement énergétique.

Le fonctionnement de la loi d'eau repose sur la réalisation de mesures thermiques pour l'ajustement de la température de l'eau du circuit et implique a minima la mise en place d'une sonde de température extérieure. La température de l'eau vers les différents émetteurs est alors ajustée en fonction des fluctuations de la température extérieure et de la température intérieure du bâtiment. Le réglage de la PAC par la loi d'eau établit la correspondance entre les besoins en chaleur du bâtiment et la température de l'eau du circuit du chauffage.

Les avantages du réglage par la loi d'eau de la PAC sont nombreux. En effet, il permet de bénéficier d'un confort thermique optimal tout au long de la journée selon la température extérieure. De plus, des économies substantielles par diminution des consommations électriques sont réalisées grâce à l'amélioration du COP moyen annuel de l'installation. La régulation de la PAC permet enfin de pérenniser la ressource en réduisant sa sollicitation.





2.4.3 Asservissement des auxiliaires à la PAC

Afin de baisser la consommation d'électricité, d'augmenter de la durée de vie des équipements de pompage et le rendement moyen annuel de l'installation (COP système) il est important d'asservir toutes les pompes auxiliaires au fonctionnement de la pompe à chaleur. Les pompes auxiliaires comprennent les pompes de circulation situées en amont et en aval de la PAC. En outre l'asservissement permettra aussi de réduire les coûts d'exploitation et de maintenance et de remplacement de matériel.

Que le système géothermique mis en place soit un système ouvert ou fermé, une maintenance régulière de l'installation est nécessaire pour assurer sa durabilité, et ce, durant toute la durée d'exploitation. Le suivi des performances de l'installation géothermique et de son rendement permet d'anticiper les opérations de maintenance (évitant ainsi les périodes d'arrêt intempestives en périodes de chauffe ou de climatisation) et de s'assurer de son fonctionnement optimal.

3.1 Maintenance des installations de surface

La maintenance des systèmes géothermiques comprend le suivi et l'entretien de l'ensemble des composantes de l'installation (surface et sous-sol).

A ce titre, les éléments suivants font l'objet de travaux de maintenance :

- La ou les PAC ;
- Le système de filtration pour les systèmes ouverts ;
- Le ou les échangeurs ;
- Les pompes auxiliaires de circulation ;
- Les vannes ;
- Le ballon de surpression ;
- Les capteurs utilisés dans le cadre du monitoring ;

3.1.1 Pompe à chaleur

Les conditions intégrales et sectorielles établies pour les machines frigorifiques s'adressent aux exploitants de PAC et aux techniciens pratiquant des interventions sur les PAC contenant des agents réfrigérants fluorés. Les exploitants sont notamment tenus de prévenir la fuite de fluide réfrigérant. Ainsi, depuis le 1/1/2015, des contrôles d'étanchéité sont prévus par le règlement. Pour les PAC dont la puissance frigorifique nominale utile est supérieure ou égale à 12 kW et inférieure à 300 kW ou contenant plus de 3 kg d'agent réfrigérant fluoré, un contrôle annuel d'étanchéité sera requis. Concernant les interventions techniques, les parties d'un équipement frigorifique contenant ou pouvant contenir de l'agent réfrigérant fluoré doivent être installées par un technicien frigoriste spécialisé ou sous la surveillance de celui-ci. D'autre part, ces

techniciens sont chargés de l'entretien ou de la réparation, du contrôle de l'étanchéité (si nécessaire) et de la récupération des agents réfrigérants en cas de mise hors service de l'installation. La qualification ou certification du personnel se fait par le biais d'un agrément de leur entreprise par la Wallonie.

Le Tableau 6 résume les responsabilités de l'exploitant et les actions qui incombent au technicien chargé des interventions sur les PAC.

Pour la pompe à chaleur, l'entretien annuel, réalisé par une entreprise spécialisée, inclut les principaux travaux suivants :

- La vérification du compresseur et de son isolation phonique

- Le nettoyage et l'évacuation des condensats
- La vérification de la charge en fluide frigorigène et de l'étanchéité du circuit ;
- Le contrôle et le nettoyage du canal de ventilation
- Le contrôle de l'état des connexions électriques
- Le contrôle de la viscosité du glycol
- La vérification du niveau d'huile, de la pression de fonctionnement, des intensités de démarrage et nominale de la PAC

Exploitant	Technicien frigoriste spécialisé
Contrôle d'étanchéité avant la mise en service	Installation
Livret de bord tenu par un frigoriste	Entretien ou réparation
Mesurer et limiter les pertes d'agent réfrigérant	Contrôle de l'étanchéité
Contrôle d'étanchéité tous les 12 mois	Récupération des agents réfrigérants
Protocole de réparation de fuite	

Tableau 6: Responsabilité de l'exploitant d'une PAC et actions à réalisées par un technicien frigoriste spécialisé.



3.1.2 Autres composants en surface de l'installation

L'entretien des autres composants en surface de l'installation inclut des contrôles visuels et le remplacement des pièces d'étanchéité si celui-ci s'avère

nécessaire. Le contrôle de la vanne de maintien de pression sur le réseau primaire est aussi à réaliser de façon régulière.

3.2 Maintenance des ouvrages souterrains

3.2.1 Systèmes ouverts

Dans le cas de systèmes ouverts, la maintenance des ouvrages souterrains (forages, équipements installés dans les forages) et le suivi de la ressource en eau souterraine sont indispensables. Un contrôle annuel est recommandé pour assurer la durabilité

des installations géothermiques. Le Tableau 7 résume les différents types de contrôle à effectuer au niveau des ouvrages souterrains. Pour les différents équipements ils sont détaillés dans les paragraphes suivants.

	Type de contrôle	Fréquence recommandée
Forages	Contrôle du fond du forage	Au moment d'un changement de pompe
	Auscultation de l'état intérieur du forage par caméra immergée	Au moment d'un changement de pompe
Équipements installés dans les forages	Contrôle visuel de l'état de la tête de puits et du regard	1 fois par an
	Contrôle du bon fonctionnement de la pompe vide cave (si présente)	1 fois par an
	Contrôle de l'état de la pompe immergée (ampérage, isolement, pression, productivité)	Tous les 2 ans et si présence de signes d'irrégularité
	Contrôle du fonctionnement des électrodes (si le tubage de refoulement est en métal)	Tous les 2 ans et si présence de signes d'irrégularité
	Contrôle de la métrologie (compteur débit/volume, capteur de niveau contrôle avec sonde manuelle, sonde de température)	Débitmètre : 1 fois tous les 5 ans après 10 ans de fonctionnement en l'absence d'irrégularités. Capteur de niveau : tous les 3 ans

Tableau 7: Opérations de contrôle et fréquence recommandée pour les forages et les équipements installés dans ces derniers.

Concernant la ressource en eau souterraine, au niveau du puits de production il est conseillé de réaliser un test par paliers de débits tous les 10 ans et de comparer les résultats avec ceux du test réalisé initialement. De manière concomitante, au niveau du puits d'injection un test par paliers en injection sera réalisé et comparé avec celui réalisé au moment des travaux. En complément il est important de contrôler la qualité de l'eau en réalisant une analyse chimique de celle-ci.

3.2.1.1 Pompe immergée

En fonctionnement, le suivi des caractéristiques de la pompe immergée permet de déceler toute dégradation ou vieillissement de celle-ci et ainsi d'anticiper son renouvellement. Un contrôle annuel de la productivité doit être effectué. Si une baisse

de cette dernière est observée en l'absence de baisse du niveau de la nappe captée, il s'agit d'un signe de vieillissement de la pompe immergée.

3.2.1.2 Injectivité du forage

Pour les systèmes ouverts en Flandre et en France, l'expérience montre que l'indice d'injectivité dans un forage est généralement inférieur à l'indice de productivité (exprimés en l/s/bar). Cette différence est encore plus nette pour les forages réalisés dans des aquifères formés de roches détritiques : sables, grès. De plus une baisse de l'injectivité est parfois observée avec le temps pour cause de colmatage partiel. Celui-ci est lié aux conditions redox (réaction d'oxydoréduction) et à la précipitation d'éléments tels que le fer, le manganèse mais aussi par l'activité des bactéries présentes dans le milieu naturel.

La filtration de l'eau de la nappe avec un dispositif adapté est donc indispensable, mais il peut être également envisagé des dispositifs où deux forages d'injection sont forés pour un forage de production ce qui permet de répartir le débit produit sur deux forages d'injection.

Une autre solution consistant à mettre en œuvre un rétro lavage dans le forage d'injection peut également permettre le ralentissement de la baisse d'injectivité. En fonction des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'aquifère exploité, la nécessité de prévoir un système de rétro-lavage sera analysée.

Le maintien de l'injectivité est crucial pour garantir la pérennité de l'installation.

3.2.2 Systèmes fermés

L'entretien d'un système fermé est relativement limité. Cependant, le Buildwise¹⁰ (Centre scientifique et technique de la construction) dans sa note technique n°259 recommande d'effectuer un certain nombre de contrôles durant la saison

de chauffe directement après l'installation et tous les deux ans par la suite, entre autres :

- Un contrôle de la protection du fluide contre le gel.
- Un contrôle quatre semaines après le remplissage, de la pression dans le système et de la température dans la conduite d'entrée et de sortie

- La mesure de la pression dans le système
- Des mesures du taux d'antigel présent dans le fluide au moyen d'un réfractomètre lors de grands travaux (ex. le remplissage ultérieur du système après réparation de fuites ou le remplacement de la pompe à chaleur)

¹⁰ CSTC NIT 259, 2017. Géothermie peu profonde Conception et mise en œuvre de systèmes avec échangeurs en forme de U

De plus, il est mentionné que chaque ajout de liquide (eau ou antigel), de même que la quantité ajoutée ainsi que la pression dans le système avant et après cet ajout doivent être notifiés.

Bruxelles Environnement préconise un contrôle annuel a minima de l'état des collecteurs, de l'étanchéité des sondes ainsi que la concentration en glycol (pour les sondes remplies en eau glycolée). De plus, un contrôle périodique des pressions et débits circulants dans les sondes est recommandé pour prévenir toute fuite potentielle ou dysfonctionnement.

Il convient de faire appel à l'installateur du champ de sondes pour son entretien.

En Suisse, il est spécifié de vérifier tous les 10 ans que les protections contre le gel et la corrosion de l'élément caloporteur soient encore suffisantes et contrôler s'il faut les compléter.

En France, les différents organes de régulation (pompes de circulation) doivent être contrôlés annuellement, la mesure du point de congélation dans le circuit primaire doit être effectuée tous les

3 ans et le fluide caloporteur remplacé totalement tous les 5 ans. De plus, il est indiqué que l'état des raccords en cas de détection de fuite(s) doit être vérifié.

En Wallonie, il n'y a pas de directives spécifiques concernant la maintenance des installations de types systèmes fermés mais les mesures proposées par le Buildwise, par Bruxelles Environnement, en France ou en Suisse peuvent s'appliquer afin de garantir le bon fonctionnement des installations.

3.3 Suivi de la performance des installations géothermiques

Le suivi de la performance des installations géothermiques au cours du temps est indispensable. La réalisation de bilans annuels permettra notamment de détecter les éventuels défauts ou signes de vieillissement des composantes du système mais aussi d'améliorer la rentabilité de l'installation en ajustant certains paramètres.

Les données principales à collecter et analyser¹¹ comprennent à minima :

- l'énergie produite en distinguant celle produite par la ressource géothermique et celle générée par la pompe à chaleur ;

- la consommation électrique des équipements, avec la puissance développée et la période de fonctionnement ;
- le rendement des équipements individuels et le rendement annuel du système global ;
- l'historique des températures, pressions et débit de fonctionnement des circuits primaire (énergie du sous-sol) et secondaire (locaux raccordés).

À noter que les dispositifs de métrologie doivent faire l'objet de contrôles réguliers au même titre que la PAC ou les ouvrages souterrains.

¹¹ Réussir un projet de qualité de géothermie de surface. ADEME, 2019.

4.1 Compétences requises

L'installation d'un système de géothermie peu profonde nécessite un large panel de compétences. La transversalité des projets requiert en effet de maîtriser techniquement, réglementairement et économiquement ce type de système énergétique.

Pour chaque installation, il sera nécessaire de regrouper les compétences suivantes :

- Installations sous-sol (champ de sondes ou nappe superficielle) : compétences sous-sol, structurelles et environnementales ;

- Dispositif de production : compétences CVC (Chauffage – Ventilation - Climatisation) spécifiques au fonctionnement des PAC géothermiques impliquant la capacité à décrire le principe de fonctionnement hydraulique de l'installation associé à l'analyse fonctionnelle du système ;
- Le dispositif de régulation : compétences de Monitoring / Gestion Technique Centralisée incluant l'interprétation de l'analyse fonctionnelle afin de garantir la bonne régulation de l'installation.

4.2 Qualifications indispensables

L'installation d'un système géothermique peu profonde nécessite de faire appel à diverses compétences disposant pour certaines de qualifications spécifiques. Celles-ci incluent :

- **Certificat Qualiwall** : La certification des installateurs de systèmes d'énergies renouvelables (dans ce cas : systèmes géothermiques de faible profondeur) dans un centre agréé par la Wallonie. Cette certification n'est pas obligatoire à ce jour car la

formation n'existe pas encore en Wallonie. Des discussions avec les centres de formation sont en cours pour la mettre en place prochainement et rendre la certification obligatoire en Wallonie.

- **Agrément foreur** : Toute personne effectuant une opération de forage sur le territoire wallon doit disposer d'un agrément foreur visant à garantir la qualité de son travail et le respect de la législation environnementale.

Pour suivre le développement de de la géothermie en Wallonie,
n'hésitez pas à consulter le site energie.wallonie.be.

Numéro vert du Service public de Wallonie :  **1718**
Appel gratuit

Guide de bonnes pratiques réalisé par le SPW Energie -
rue Brigades d'Irlande 1, 5100 JAMBES

www.wallonie.be - energie.wallonie.be

Photo: F. Dor - SPW TLPE