

Réunion AICVF POI du vendredi 16 juin 2023 au Futuroscope

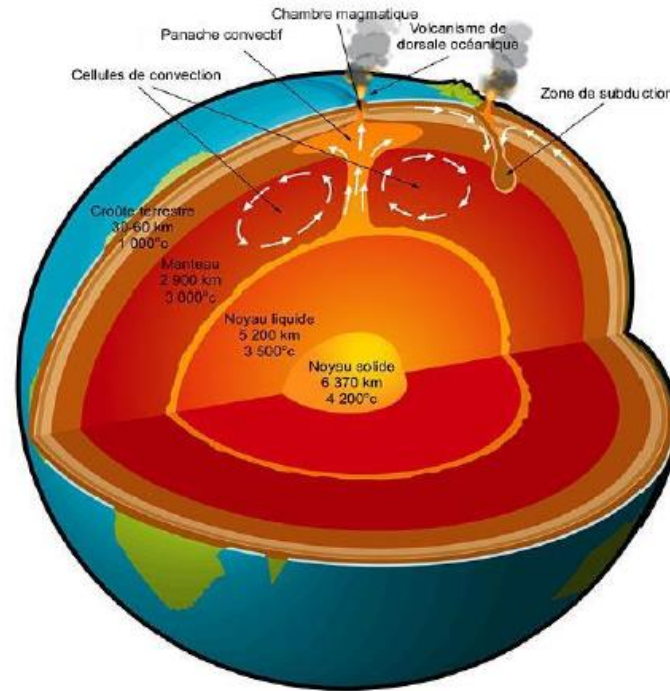
Ressources géothermiques

Principes
Règlementation
Le cas du Futuroscope

La Géothermie

DU GREC "GÉ" LA TERRE ET "THERMÉ" CHALEUR

- Deux origines:
 - La chaleur primitive lors de la formation de la terre
 - La désintégration des éléments radioactifs
- Un gradient de température de la surface vers le centre



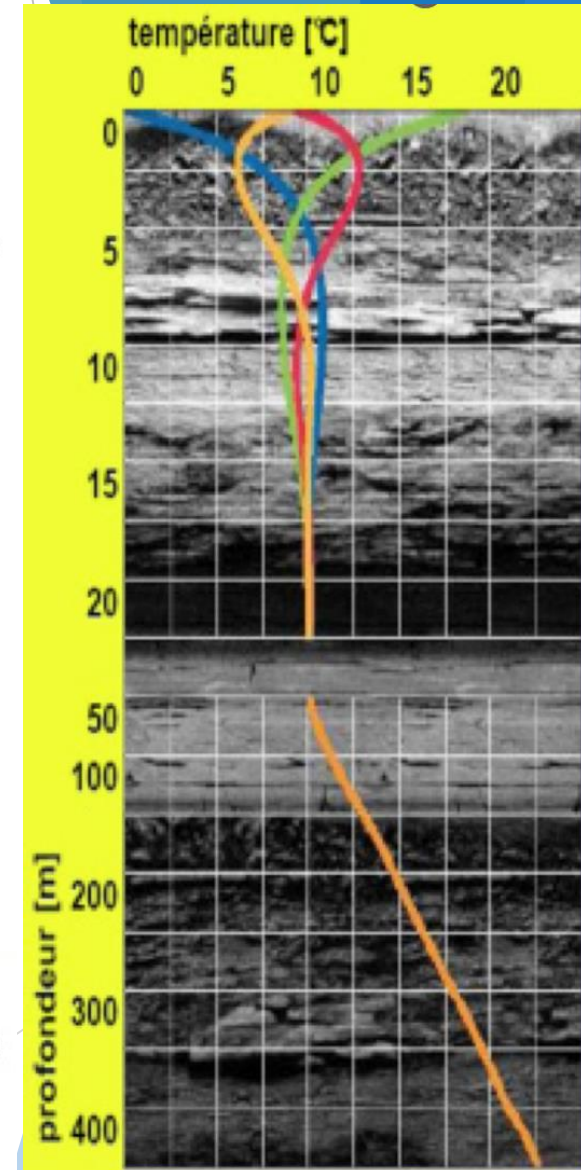
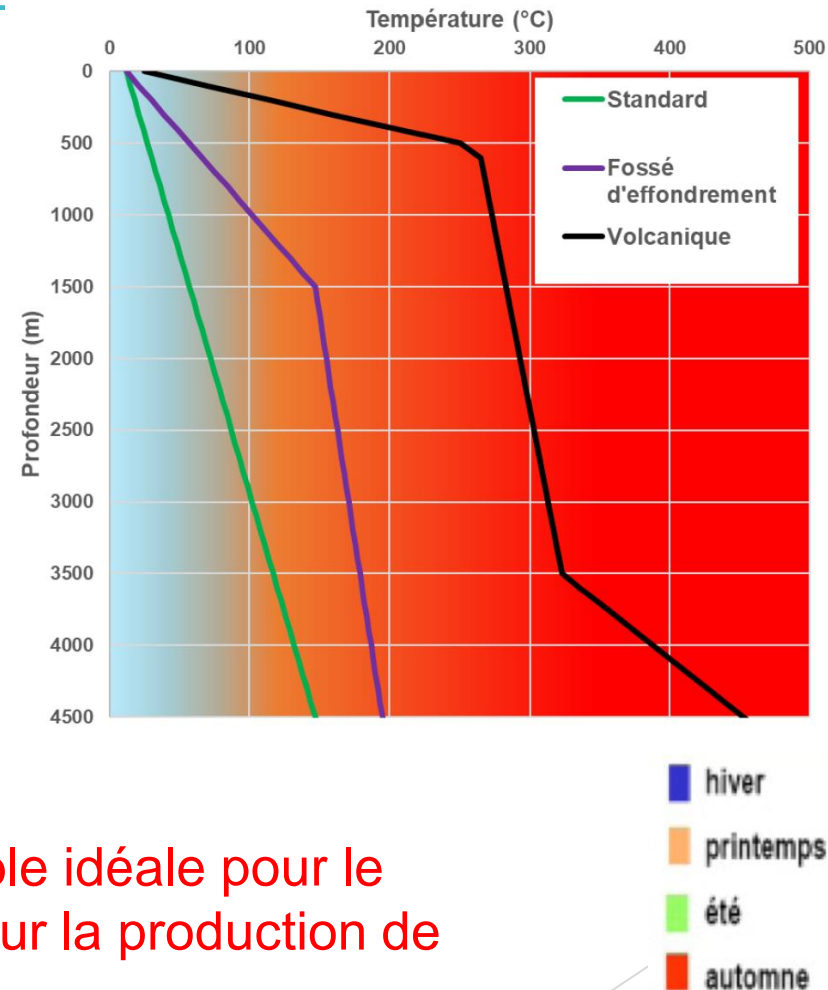
99%
de la masse de la terre
> 1000°C

Évolution de la température avec la profondeur

Principe du gradient géothermique :

- Les variations saisonnières sont amorties dans les premiers mètres ;
- La température du proche sous-sol est égale à la moyenne des températures annuelles ;
- Ensuite, c'est le gradient géothermique qui contrôle la température ($\approx 3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ en France métropolitaine).

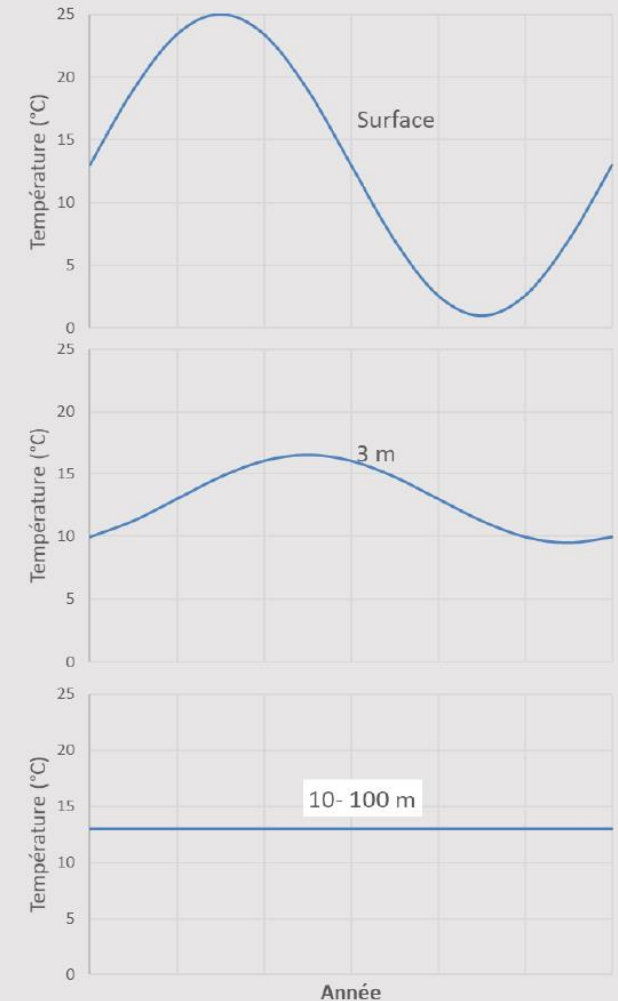
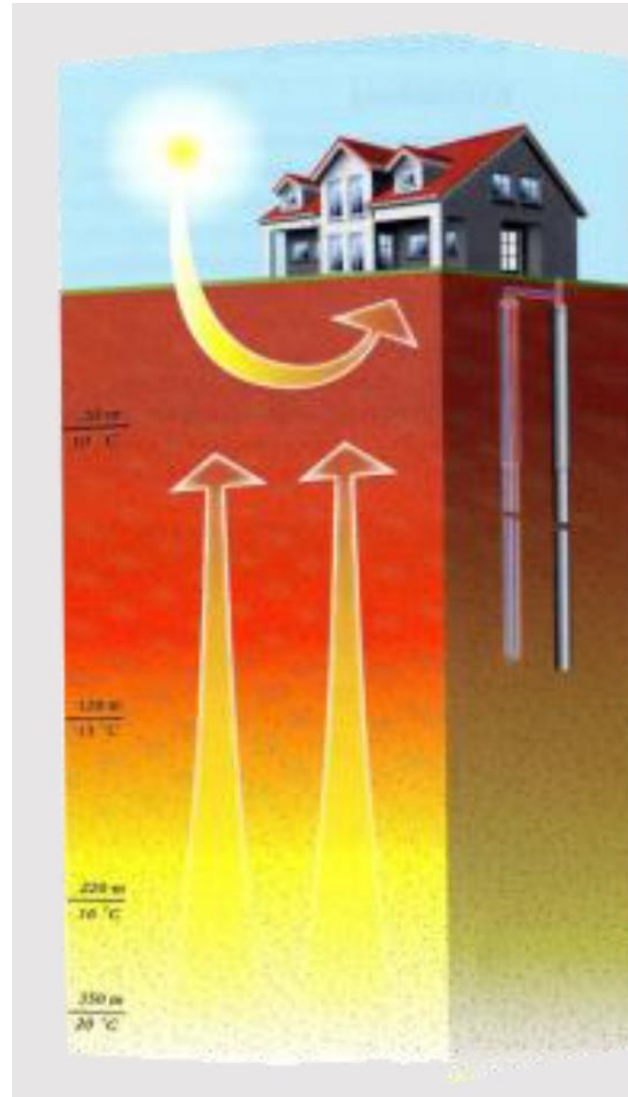
De 10 à 100 m : source à température stable idéale pour le fonctionnement d'une pompe à chaleur, pour la production de chaud et de froid



Évolution de la température avec la profondeur

Équilibre du rayonnement solaire avec le gradient géothermique :

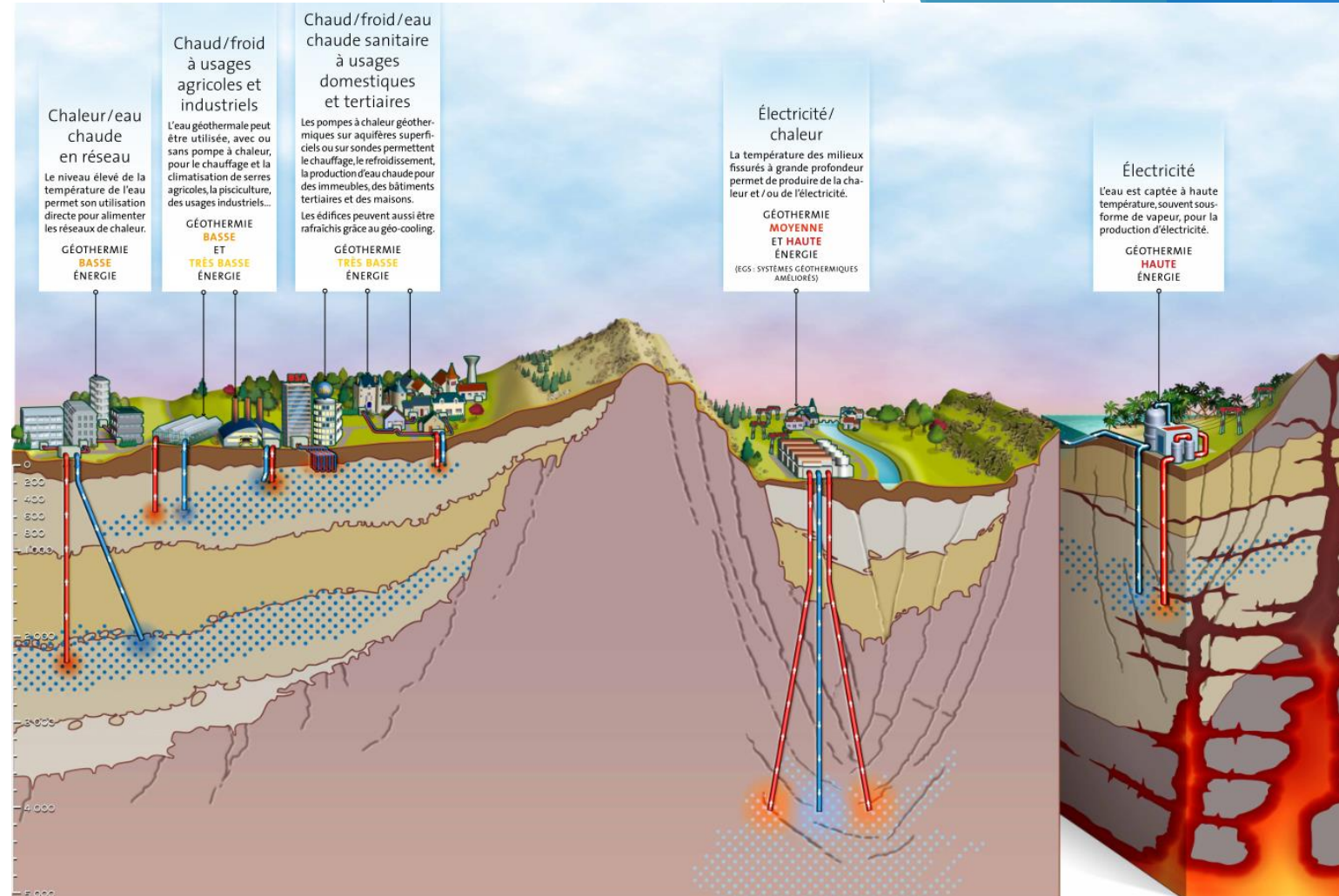
De 10 à 100 m : source à température stable idéale pour le fonctionnement d'une pompe à chaleur, pour la production de chaud et de froid



Différentes formes de géothermies

Différentes ressources = différents usages

- Typologies usuelles :
 - **Très basse énergie, assistée par Pompe à Chaleur ;**
 - Basse énergie ;
 - Haute énergie ;
 - Électrogène.
- Notions plus récentes : géothermie de surface / géothermie profonde.

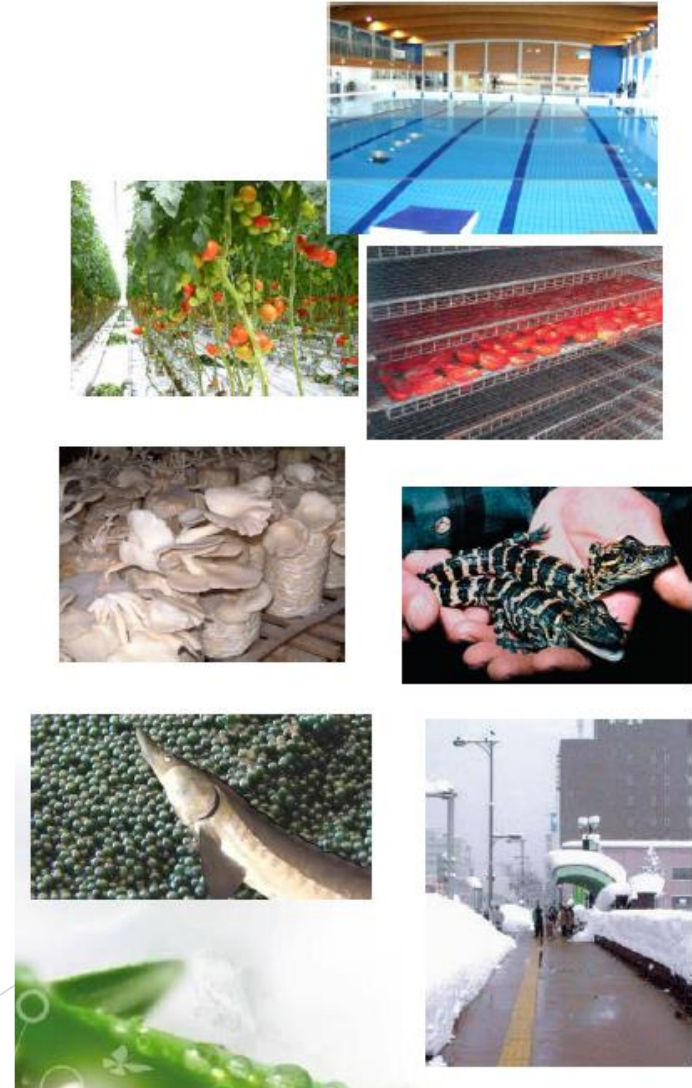


La Géothermie de surface

De nombreuses bonnes raisons

- Energie locale – emplois locaux
- Fort potentiel – disponible 24/24 et 365 j/an
- Maturité technique
- Coût de fonctionnement réduits et stables
- Indépendante:
 - Des variation climatiques
 - Des difficultés d’approvisionnement/confinement
 - Des variations et volatilité de prix des énergies
- Impacts limités
 - Peu d’émissions (CO2, Nox,...)
 - Occupation foncière maîtrisée
 - Faibles impact visuel

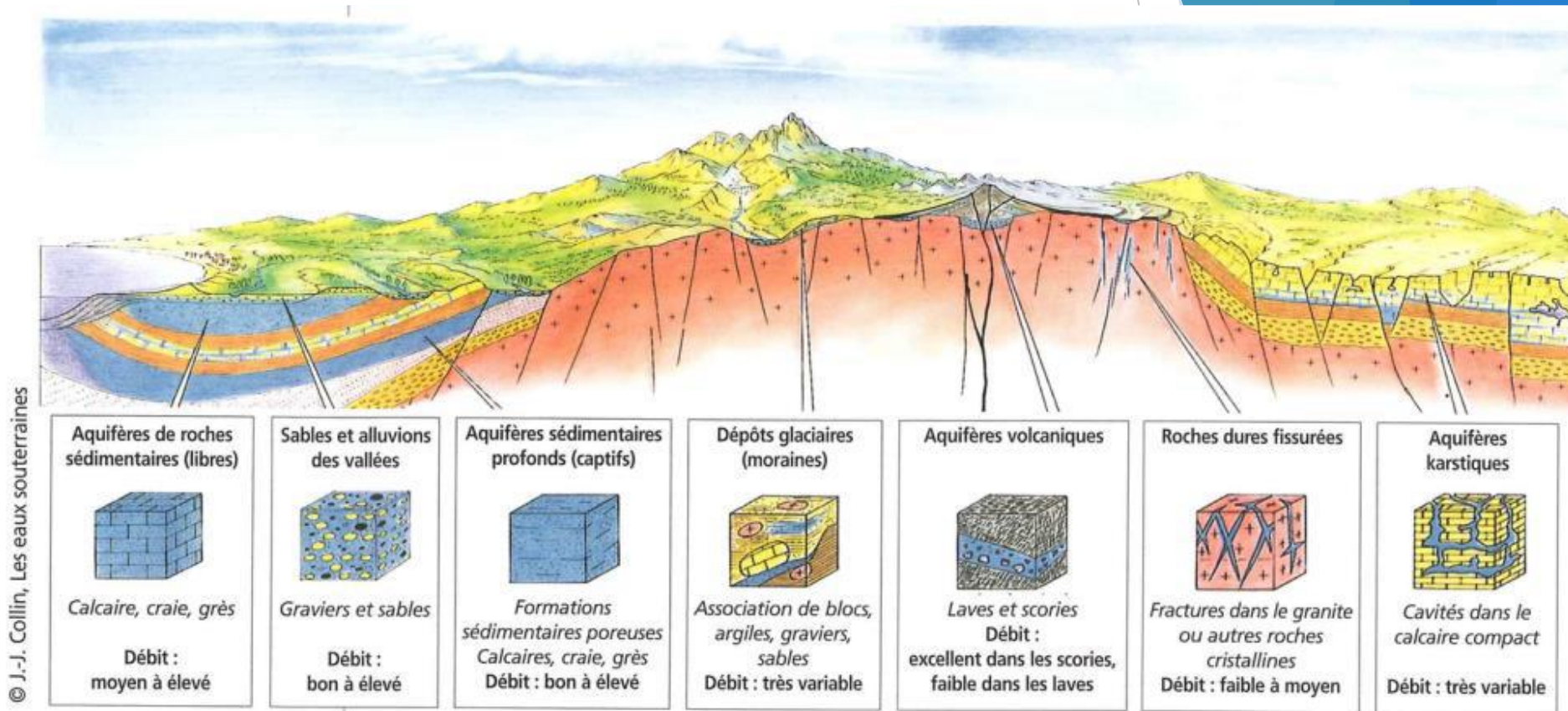
Des usages multiples



Géothermie de surface

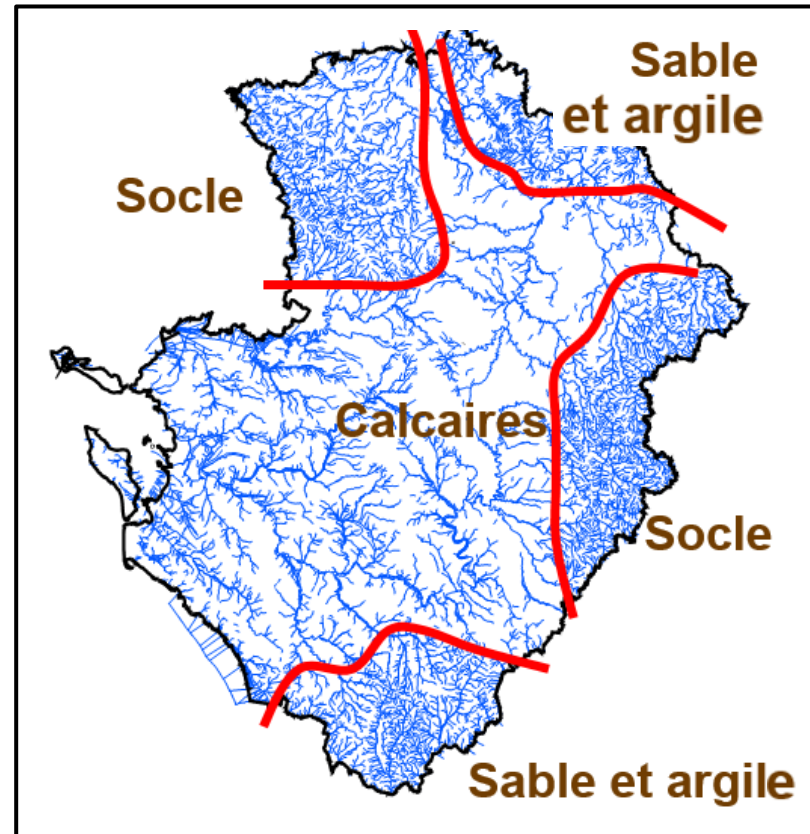
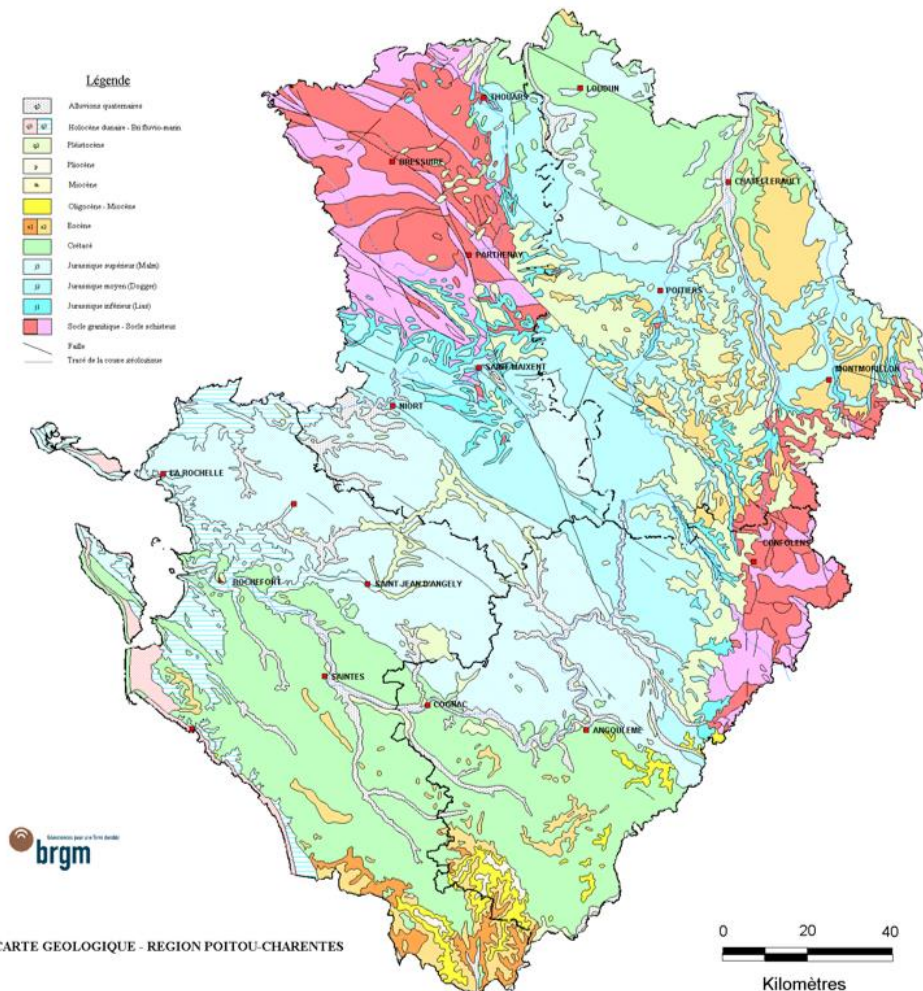
Ressources fortement dépendantes de la nature du sous-sol

- Profondeur d'accès à la ressource
- Débit exploitable (productivité)
- Température de l'eau
- Qualité de l'eau
- Conductivité des roches



Contexte géologique en Poitou-Charentes

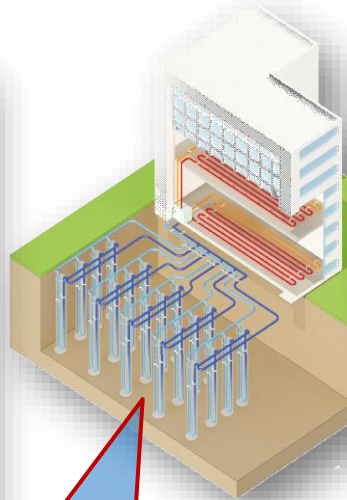
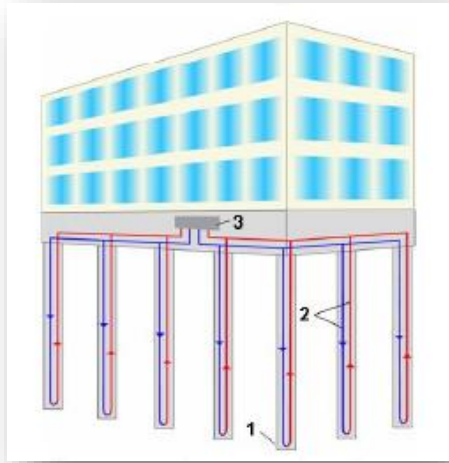
Atlas du potentiel géothermique en ex-Poitou-Charentes



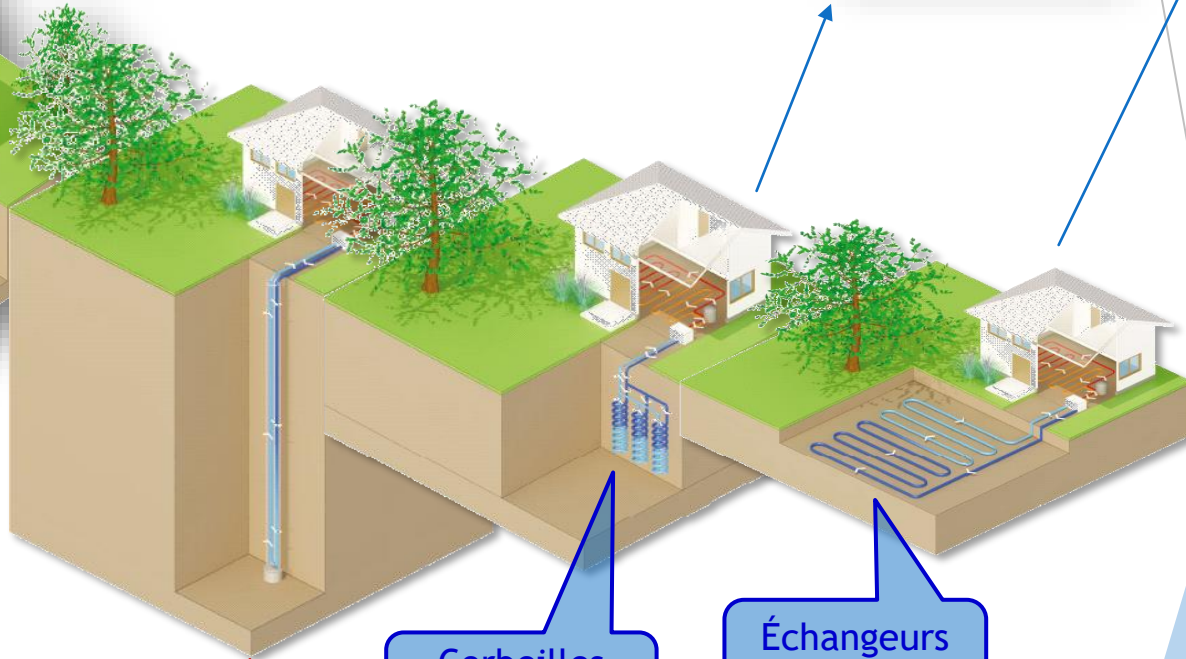
Différentes géothermies de surface

Un large panel de solutions : échanges avec le sous-sol

ΔT entre 2 °C et 4 °C



Champ de sondes Géothermiques



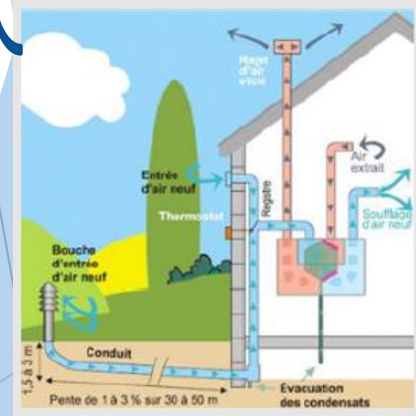
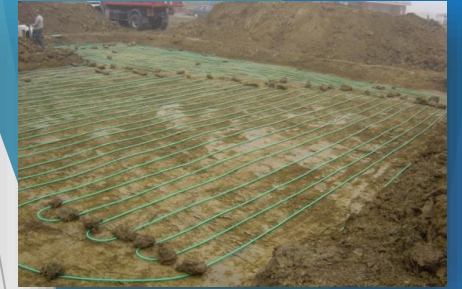
Pieu ou mur géothermique au profit d'une structure mécanique convertie en échangeur de chaleur

Sonde géothermique verticale (SGV)

Corbeilles géothermiques

Échangeurs horizontaux

Puits canadiens / provençaux

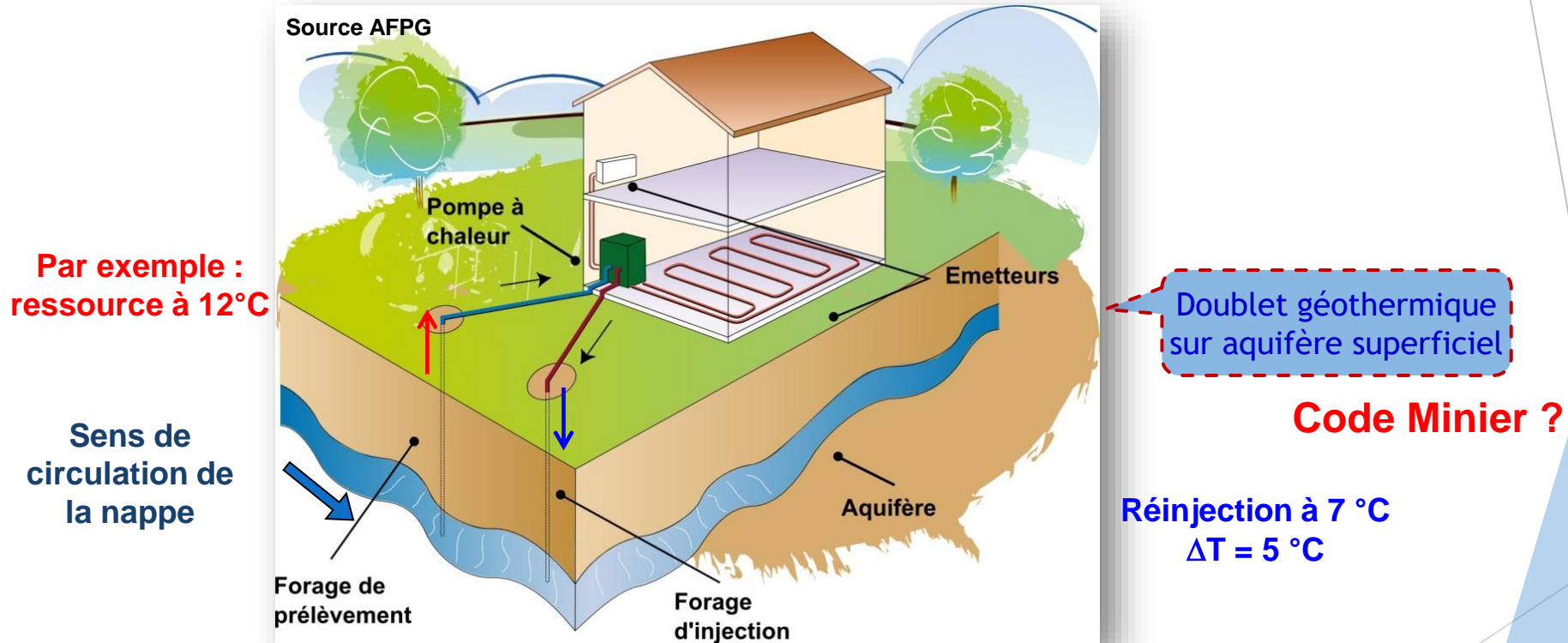


Code Minier

Différentes géothermies de surface

Un large panel de solutions: échanges avec la nappe

En prélevant et réinjectant de l'eau de nappe



Principes et méthodes

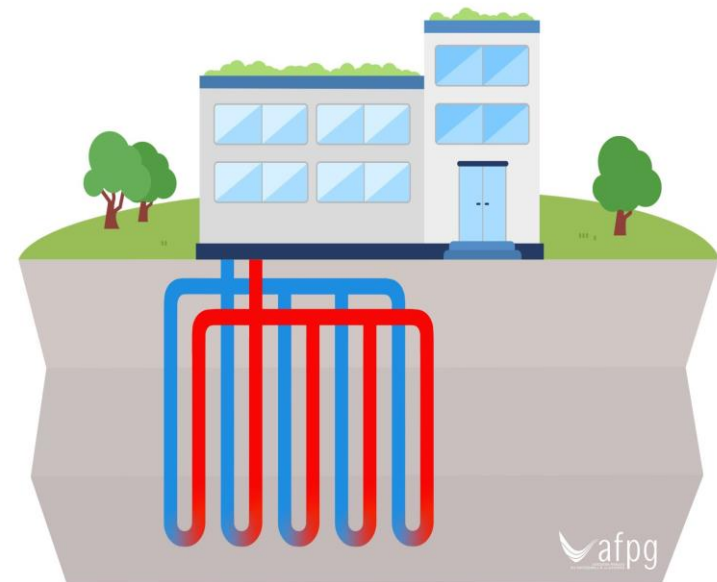
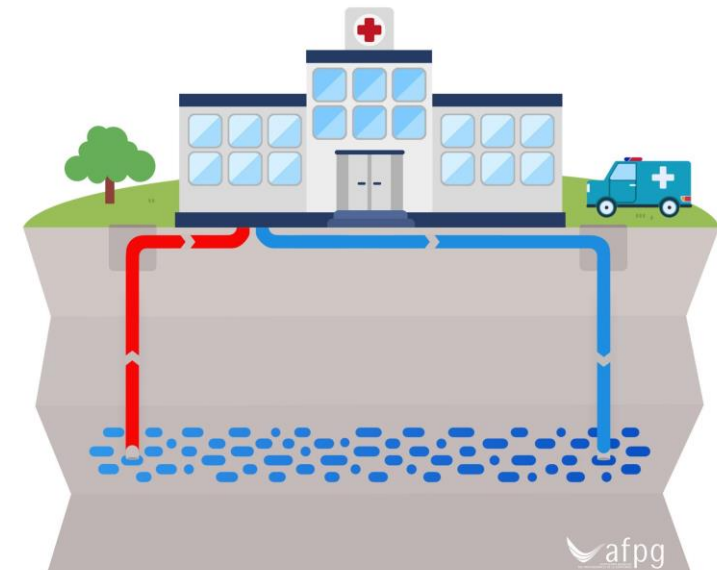
Les technologies en sous-sol :

... servent à évacuer le chaud ou le froid.

On peut classer en deux grandes catégories :

- Boucle ouverte : prélèvement d'une ressource et réinjection à température (un peu) différente. Ce qui nécessite la présence de cette ressource ; **Solution mise en œuvre au Futuroscope**
- Boucle fermée : un fluide *caloporteur* sert de vecteur des calories/frigories vers le sous-sol. Ce qui peut se faire « n'importe où ».

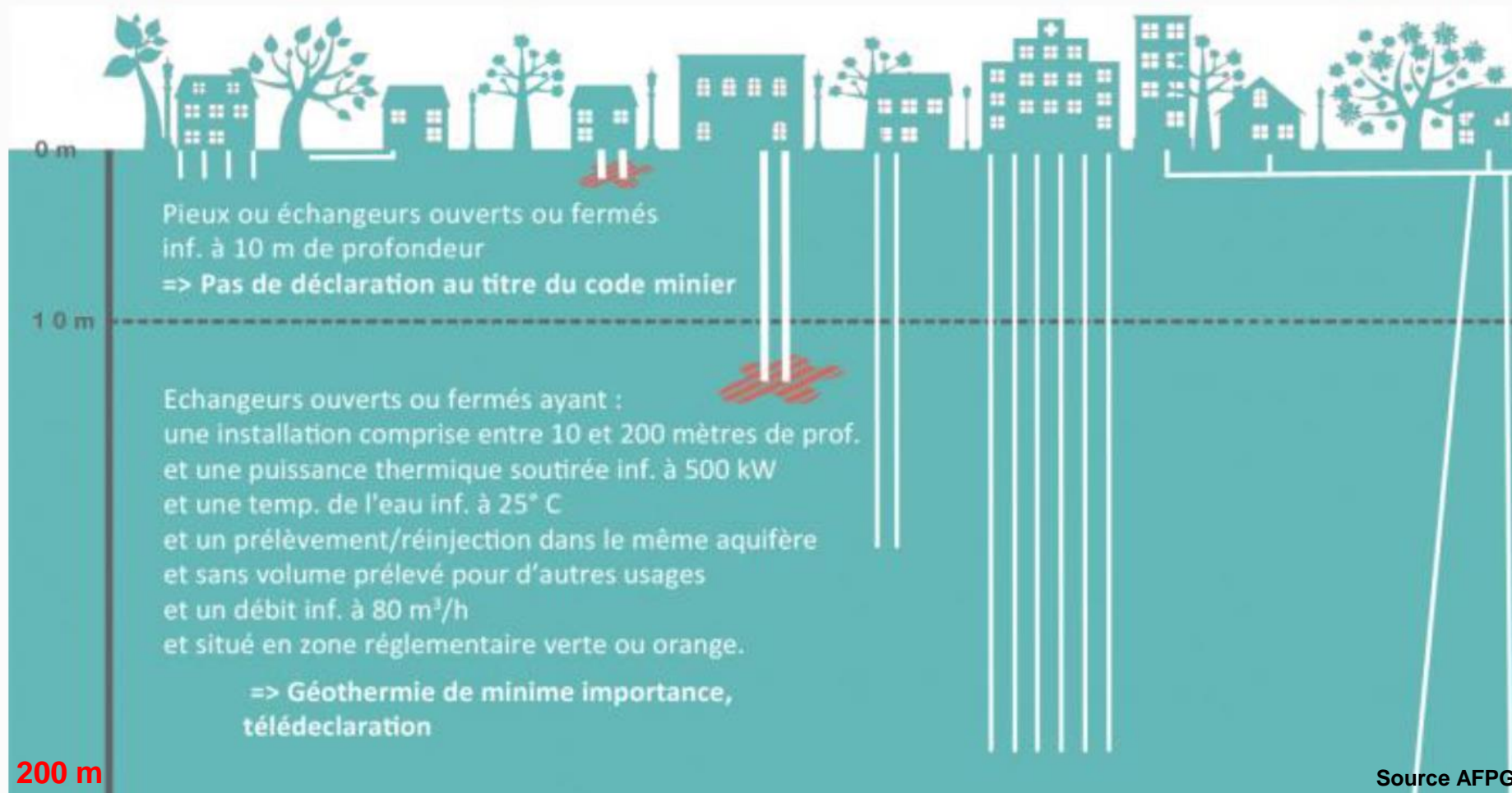
Schéma boucle ouverte/boucle fermée



Cadre réglementaire : code minier

La Géothermie de Minime Importance pour une démarche simplifiée

Arrêté du 25 juin 2015 relatif aux prescriptions générales applicables aux activités géothermiques de minime importance.



Cadre réglementaire : code minier

Hors Géothermie de Minime Importance = autorisations

Démarche mise en œuvre au Futuroscope

Toute installation de géothermie basse température ne répondant pas aux critères de la Géothermie de Minime Importance doit faire l'objet au titre du nouveau Code Minier (dernière modification en date du 14 avril 2022) d'une demande d'autorisation :

- de recherche de gîte géothermique (titre du décret 78-498 du 28 mars 1978),
- d'ouverture de travaux (titre du décret n°2006-649 du 2 juin 2006),
- puis de permis d'exploitation (titre des dispositions du décret n°2019-1518 du 30 décembre 2019).

Cadre réglementaire : code minier

La GMI pour une démarche simplifiée mais pas n'importe où

Cartographie des zonages réglementaires vis-à-vis des risques géologiques

Sur la base de l'évaluation de 9 risques géologiques (en fonction du type de capteurs et de leur profondeur) le territoire est découpé en 3 zones en fonction de la capacité à pouvoir accueillir des projets de GMI :

- des zones ne présentant pas de risques, dites « **verte** »
- des zones « **orange** » dans lesquelles, en l'absence de connaissances suffisantes ou compte tenu des risques déjà identifiés, il doit être joint à la déclaration l'attestation d'un expert agréé, qui garantit l'absence de risques graves du projet
- des zones à risque significatif, dites zones « **rouge** » où le projet ne pourra être réalisé qu'après autorisation de l'installation au titre du code minier.

Cadre réglementaire : code minier

La GMI pour une démarche simplifiée mais pas n'importe où, et des conditions d'implantations strictes

Arrêté du 25 juin 2015 relatif aux prescriptions générales applicables aux activités géothermiques de minime importance.

Les **échangeurs géothermiques ouverts et fermés** destinés à l'exploitation d'une ressource géothermique de minime importance **ne peuvent pas être implantés** :

- dans un périmètre de protection immédiate ou rapprochée de captage d'eau destinée à la consommation humaine (AEP) et des sources des eaux minérales naturelles conditionnées ;
- à moins de 35 mètres :
 - d'un ouvrage souterrain de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ;
 - des ouvrages de traitement des eaux usées collectifs ou non collectifs ;
 - des stockages d'hydrocarbures, de produits chimiques, de produits phytosanitaires ou autres produits susceptibles d'altérer la qualité des eaux souterraines ;
 - des bâtiments d'élevage et leurs annexes relevant des rubriques 2101, 2102, 2110, 2111, 2112, 2113, 2120 de la nomenclature des installations classées (ICPE) ainsi que des zones de stockage des déchets de l'exploitation d'élevage ;
- à moins de 200 mètres d'une installation de stockage de déchets relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées.

Cadre réglementaire

La GMI pour une démarche simplifiée mais pas n'importe où, et des conditions d'implantations strictes

Arrêté du 25 juin 2015 relatif aux prescriptions générales applicables aux activités géothermiques de minime importance.

les échangeurs géothermiques fermés ne doivent pas être implantés à moins de 5 mètres :

- de la limite de propriété la plus proche, à défaut d'un accord écrit préalable des propriétaires voisins autorisant la réalisation de l'échangeur géothermique de minime importance ;
- de conduites, collectives ou non collectives, d'eaux usées ou transportant des matières susceptibles d'altérer la qualité des eaux souterraines.

les échangeurs géothermiques ouverts ne peuvent pas être implantés :

- dans un "volume d'exploitation" d'activités géothermiques, en application de l'article L134-5 du code minier qui définit un droit exclusif d'exploitation des ressources du sous-sol par une installation pré-existante ou, dans un périmètre de protection géothermique d'une installation pré-existante qui peut limiter ou interdire les usages de votre installation (article L134-7 du code minier) ;
- à moins de 5 mètres de conduites d'assainissement individuelles ou collectives d'eaux usées ou transportant des matières susceptibles d'altérer la qualité des eaux souterraines, lorsque qu'une étanchéité entre les conduites d'assainissement et les horizons géologiques exploités existe ou est mise en place. En l'absence d'une telle étanchéité naturelle ou artificielle, cette distance minimale est portée à 35 mètres.

Contexte du Futuroscope

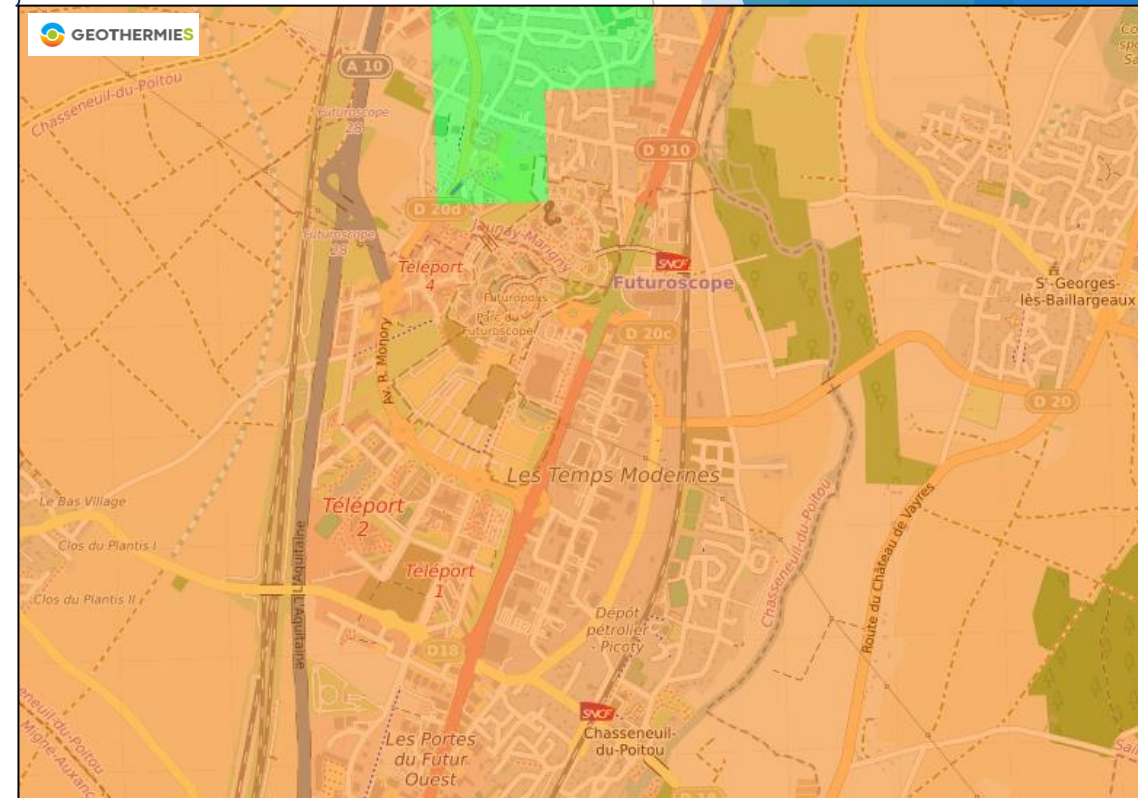
Utilisation de thermofrigopompes sur nappe pour le chauffage et la climatisation

- Déclaration d'un doublet en GMI (< 80 m³/h ; < 500 kW)
- Et démarches en cours pour autorisations recherches et travaux puis permis d'exploitation (160 m³/h (230 m³/h en pointe) pour un volume annuel circulant de 1 170 844 m³ ; 2 050 kW chaud et 1 305 kW froid)

Tableau récapitulatif des contraintes réglementaires propres à la GMI

Géothermie de "minime importance"			Géothermie profonde	
Profondeur de forage < 200m			Puissance < 20 MW	Puissance > 20 MW
Puissance prélevée < 500 kW			Permis d'exploitation (Préfecture)	Concession (Ministère)
débit prélevé ou réinjecté < 80 m ³ /h				
Décret du 08/01/2015			Décret du 30/12/2019 suite à l'ordonnance n°2019-784 du 24/07/2019	
Zone verte	Zone orange	Zone rouge	Plus de notion de température	
Déclaration	Déclaration + avis expert	Autorisation (Préfecture)		

Zonage GMI : orange → avis expert GMI sollicité



Acquisition de données, analyse du contexte géologique, hydrogéologique, environnemental et réglementaire

- Définition du contexte administratif/réglementaire sommaire
- Caractérisation du contexte géologique, hydrogéologique et réglementaire
- Validation bibliographique de l'existence du potentiel au droit du site
- Description sommaire de la nature des couches et sur la profondeur requise pour disposer du potentiel géothermique
- Estimation de la puissance d'extraction calorifique des terrains
- Précisions sur la pérennité de la ressource
- Évaluation du nombre de forages
- Précisions sur les positions des forages, leurs profondeurs et caractéristiques techniques, "enveloppe budgétaire" du ou des ouvrages
- Commentaires, préconisations, recommandations

Données à collecter : données de consommation horaire en chaud/froid, débit moyen, débit maximal, volume annuel

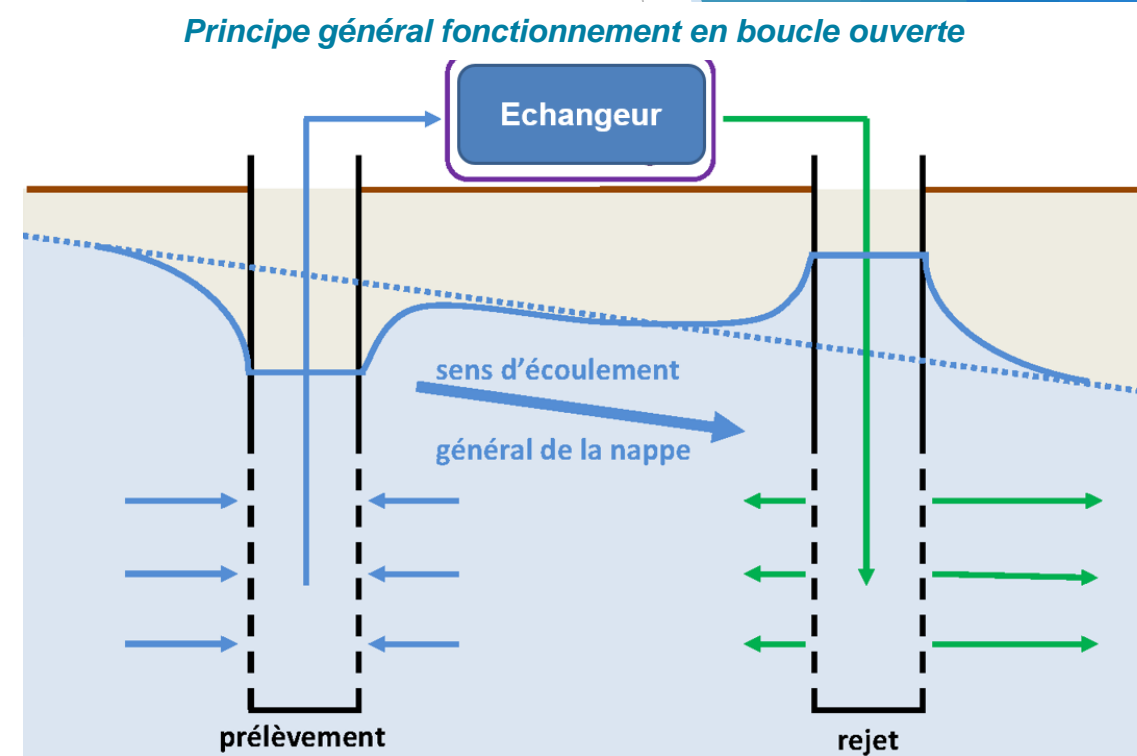
Potentiel offert par le géocooling pour le rafraîchissement à étudier par le BE thermique

➔ Réalisation des dossiers administratifs préalables

Principes et méthodes

Principe de la boucle ouverte : Solution mise en œuvre au Futuroscope

- Création de 2 forages d'eau (ou plus) atteignant la même nappe d'eau souterraine, écartés en fonction du contexte local : potentiel des forages et recyclage thermique
- L'eau souterraine est prélevée d'un côté et intégralement réinjectée de l'autre : débit en lien avec la puissance installée et la variation de température de l'eau souterraine
- Le passage par un échangeur thermique permet de prendre les calories ou les frigories excédentaires, sans altérer autrement la qualité de l'eau souterraine : la qualité de l'eau est vérifiée pour l'usage géothermique (oxydation – précipitation)



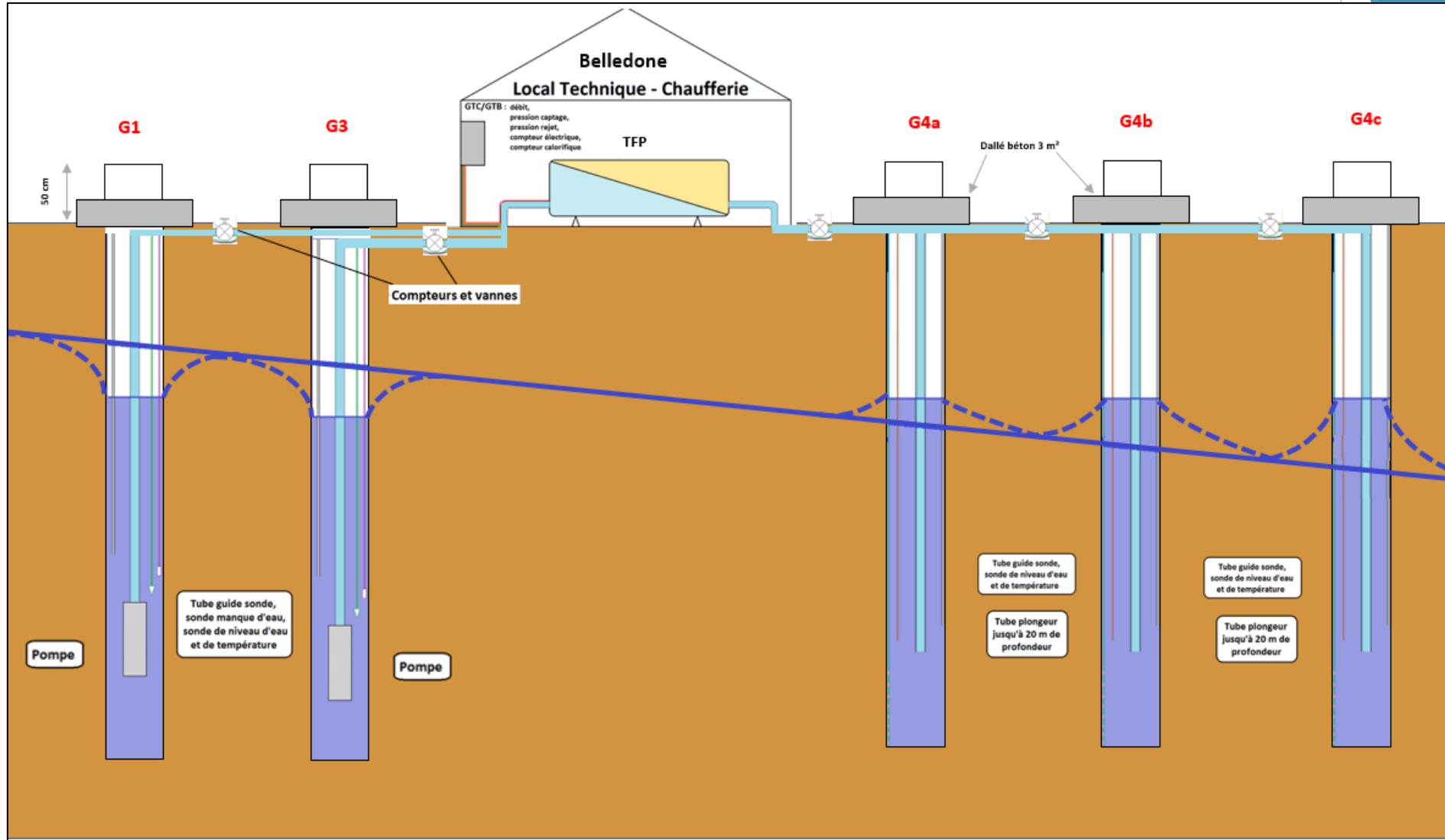
Dispositif boucle ouverte envisagé au Futuroscope

Les données d'entrée :

	Belledonne
Besoins annuels chauffage :	18 276 MWh/an
Besoins annuels froid :	255 MWh/an
Puissance chaud :	2 050 kW
Puissance froid :	1 305 kW
COP/EER :	2,72/1,73
Températures pompage/rejet :	14 / 7°C (-7°C)
Débit de la pompe :	160 m ³ /h (230 m ³ /h en pointe)
Durée de fonctionnement de la pompe :	365 j/an et environ 20 h/j
Volume annuel prélevé/réinjecté :	1 170 845 m ³ /an
Volumes prélevé/réinjecté sur 30 ans :	35 125 350 m ³

	Volume (m ³)	Débit max (m ³ /h)	Puissance max (kW)
Répartition des volumes mensuels			
Janvier	90 101	160	1 300
Février	95 744	160	1 300
Mars	111 805	160	1 300
Avril	112 099	160	1 300
Mai	112 457	160	1 300
Juin	94 421	160	1 300
Juillet	93 585	160	1 300
Août	101 094	160	1 300
Septembre	92 140	160	1 300
Octobre	91 219	160	1 300
Novembre	82 725	160	1 300
Décembre	93 455	160	1 300
Volumes annuels	1 170 845	160	1300
Volumes sur la durée de l'autorisation (30 ans)	35 125 350	160	1300

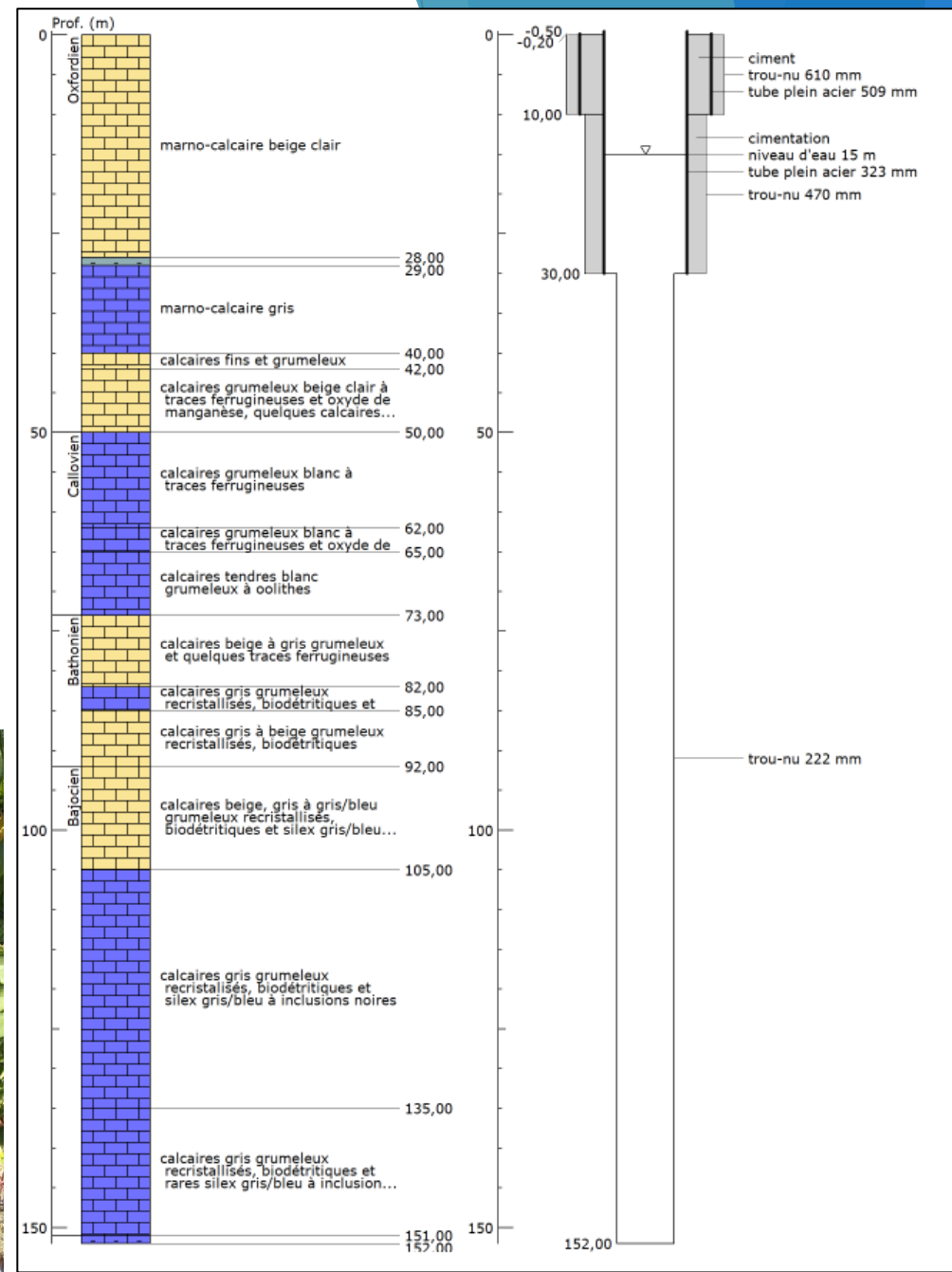
Dispositif boucle ouverte envisagé au Futuroscope



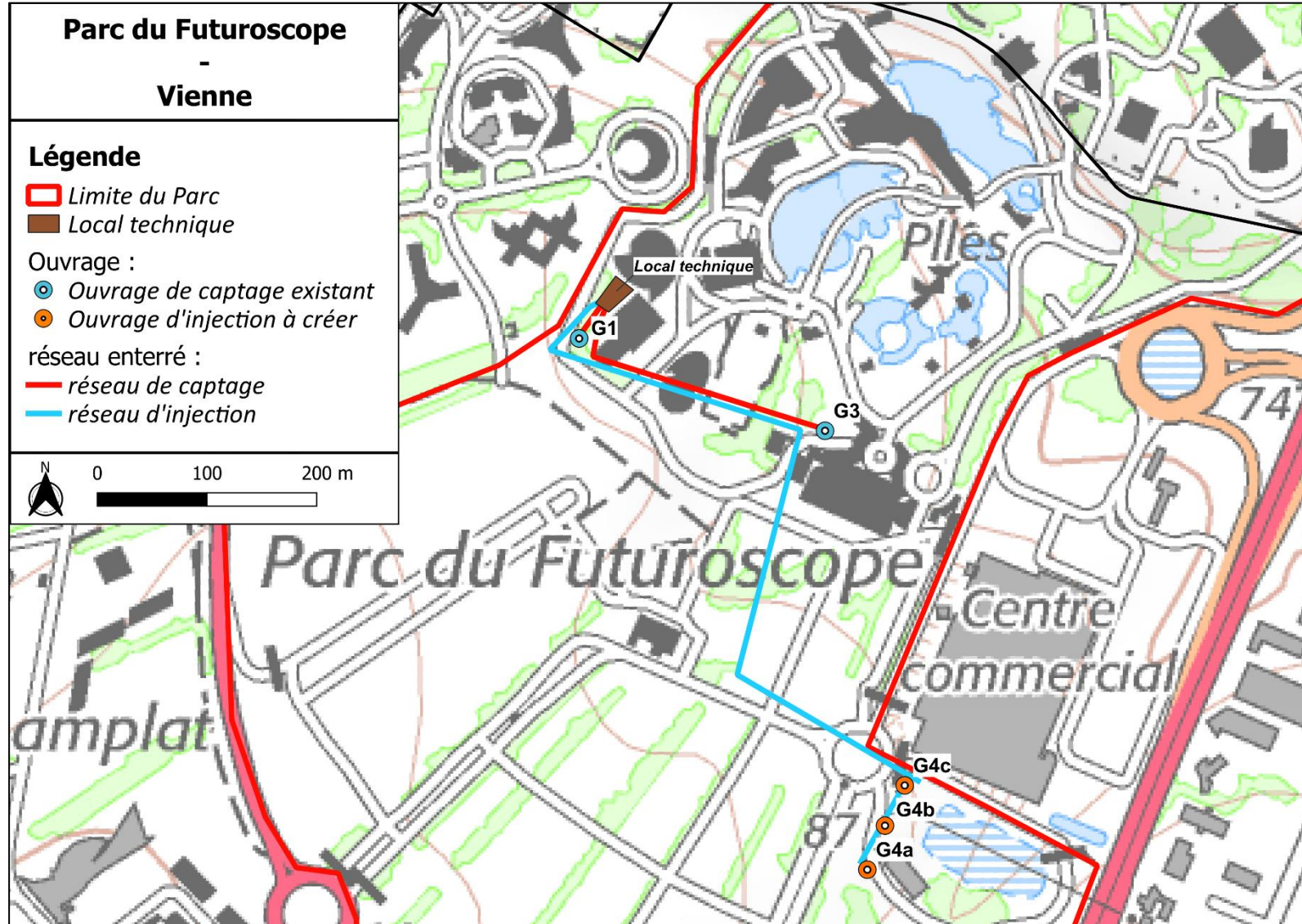
Dispositif boucle ouverte envisagé au Futuroscope

Coupes géologique et technique des forages :

Un aquifère karstique multicouches



Dispositif boucle ouverte envisagé au Futuroscope



Mission de maitrise d'œuvre pour la réalisation des forages, essais et interprétation, recommandations pour l'exploitation du dispositif

- Consulter les foreurs
- Suivre les travaux de forages et d'essais
- Valider la ressource
- Réaliser la caractérisation hydrodynamique des ouvrages
- Établir les incidences de l'exploitation dans le temps
- Définir les recommandations d'exploitation et d'entretien



Les points clefs

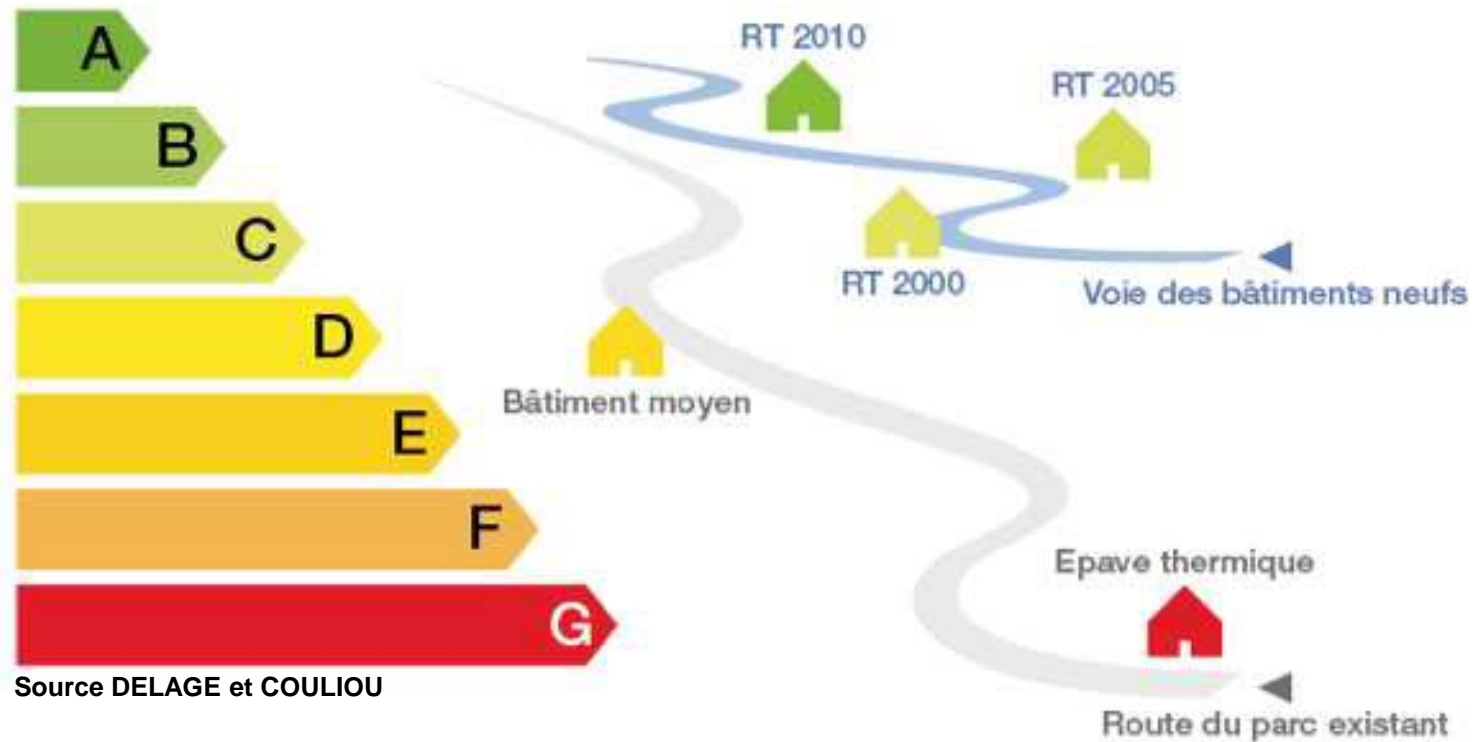
Condition de réussite du projet

La coordination entre les bureaux d'études thermique et hydrogéologie est primordiale aux différentes étapes du projet.

Phase	Étape	Objet	Acteur
Conception	Subvention	Fonds Chaleur	Maitre d'Ouvrage
	Étude de pré faisabilité	Évaluation des besoins – Évaluation de la ressource et dimensionnement	BE thermique et hydrogéologie
	Consultation et analyse de offres	Assistance à maitrise d'Ouvrage	Maitrise d'Oeuvre – BE hydrogéologie
	Dossiers règlementaires	Assistance à maitrise d'Ouvrage	Maitrise d'Oeuvre – BE hydrogéologie
	Assurance AquaPAC (géothermie sur nappe)	Couvrir en cas d'échec (phase réalisation et phase exploitation)	Maitre d'Ouvrage
Travaux	Forage	Forage essais et interprétation – doublet sur nappe – champ de sondes	Foreur QualiForage – BE hydrogéologie
	Pompe à chaleur et installation hydraulique	Mise en œuvre équipement - raccordements	Entreprise de travaux – BE thermique
Exploitation	Suivi d'exploitation	Suivis des performances à préciser dès la phase conception - validation subvention	Exploitant

Transition énergétique

La géothermie est un moyen pour augmenter l'efficacité énergétique en existant et en neuf



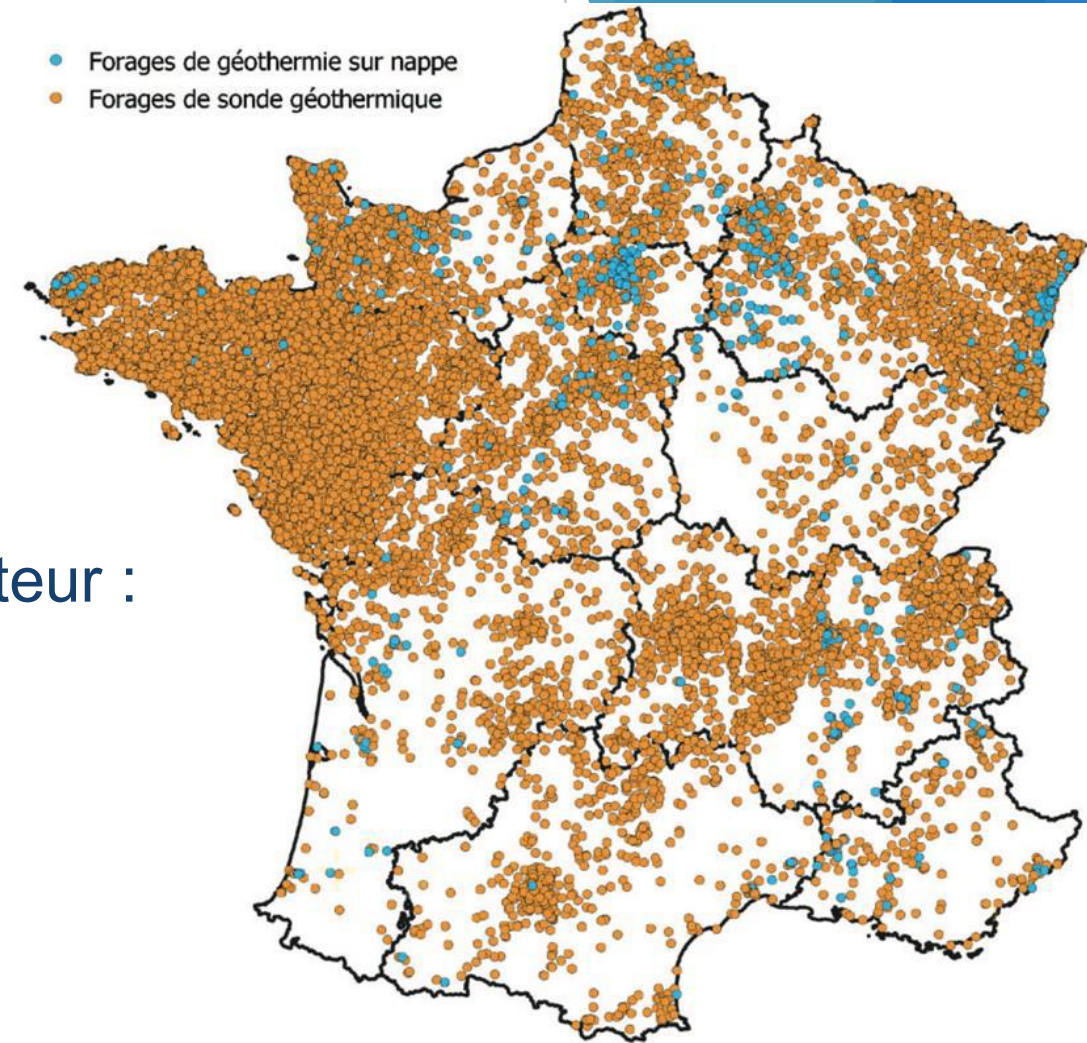
Les installations existantes

Etat actuel des concrétisations

Avec certaines régions en avance

... Mais un développement loin d'être à la hauteur :

- Des ressources !
- De la maturité des filières !



0 100 200 300 km

Sources :
- Contour des régions : OSM
- Géothermie : BSS/BRGM

 **afpg**
ASSOCIATION FRANÇAISE
DES PROFESSIONNELS DE LA GÉOTHERMIE

Transition énergétique



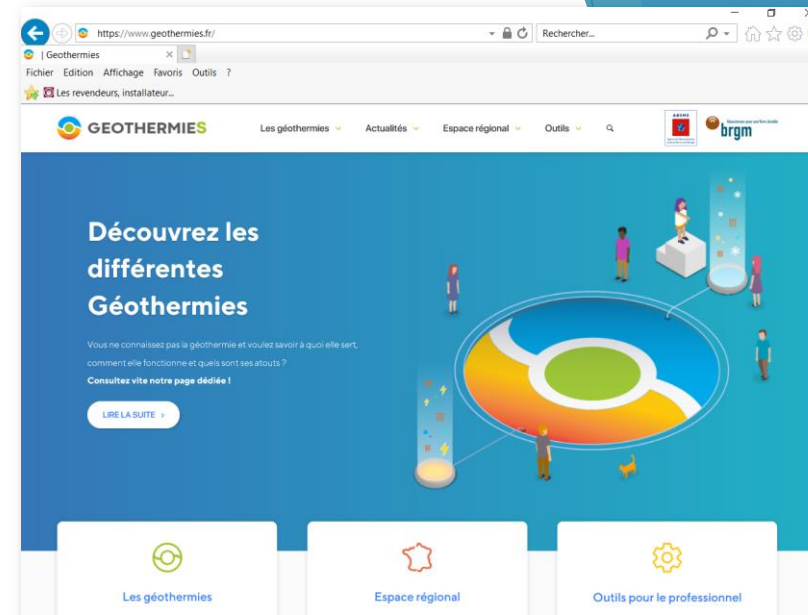
Multiplier les opérations de géothermie s'inscrit dans les objectifs de la loi de transition énergétique



Pour aller plus loin



CdC à télécharger sur **DIAGADEME**
<http://www.diagademe.fr/>



Le nouveau site www.géothermies.fr

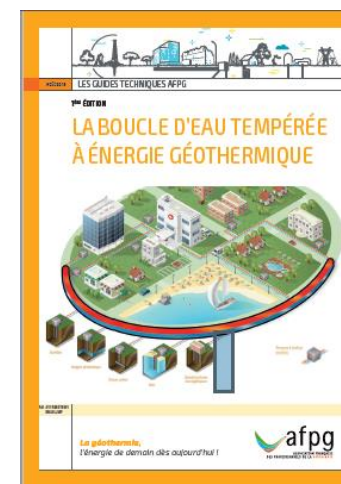
Plaquette ADEME BRGM
 « 6 bonnes raisons de choisir la géothermie »



Brochure ADEME « Se chauffer et rafraîchir avec la géothermie TBE »



Guide AFPG – La boucle d'eau tempérée



Guide ADEME « Réussir un projet de qualité en « Géothermie de Surface » »



Pour aller plus loin

Pour une meilleure visibilité de la géothermie, le CRER et l'AFPG mettent en œuvre un annuaire des installateurs :

Cartographie : <https://geoartisans.afpg.fr/>

Inscription : <https://framaforms.org/geoartisans-1661339905>

Dans sa démarche de structuration de la filière sur le territoire du Poitou-Charentes, le CRER :

- Répertoire les acteurs du territoire
- Recueille les besoins
- Développe la montée en compétence des acteurs
- Participe aux réunions nationales de la filière

Merci pour votre attention

HYGÉO EAU ET ENVIRONNEMENT

Société d'ingénierie et de conseil • Code APE 7112B

SAS au capital de 15 000 € • TVA intracommunautaire FR36 441 783 016 • Siret : 44178301600021 • RCS de Poitiers
43 bis, rue des Davitaires • 86 550 Mignaloux-Beauvoir • Tél 05 49 30 05 88 • accueil@hygeo.fr • www.hygeo.fr

Réunion AICVF POI du 16 juin 2023 au Futuroscope - HYGEO

