



anteagroup

Clémentine BOSSA

+ 33 (0)6 85 19 87 37

clementine.bossa@anteagroup.fr



La géothermie en Midi-Pyrénées : principe, ressource, cadre réglementaire

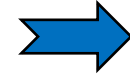
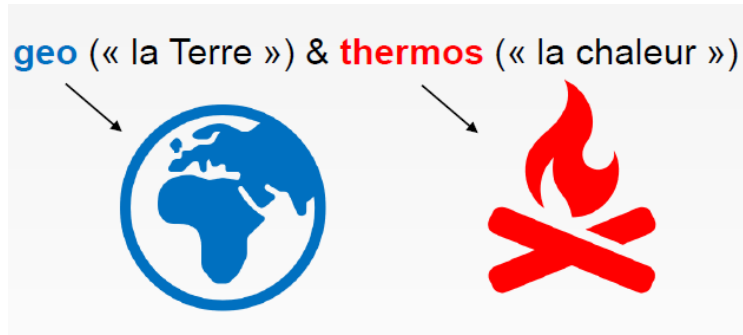
06/07/2023

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.



PRINCIPE DE LA GEOTHERMIE

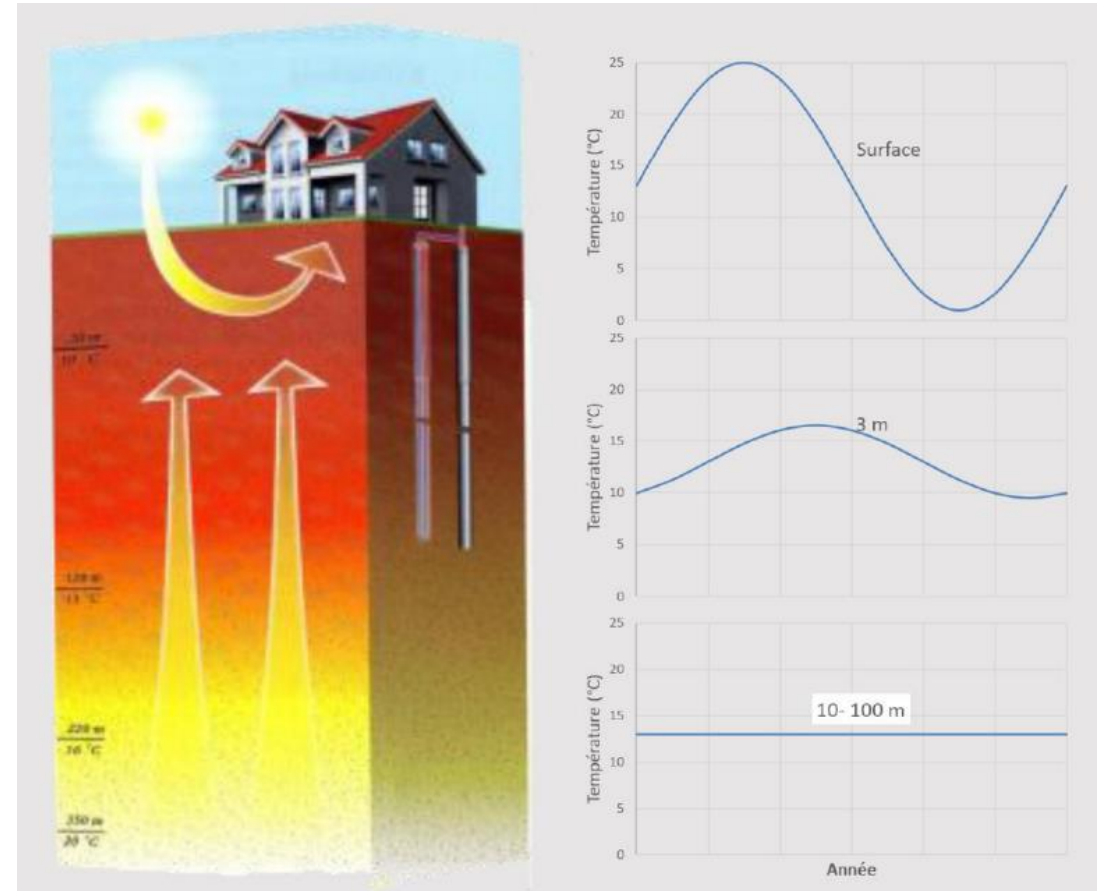


Utiliser les calories contenues dans le sous-sol pour chauffer et/refroidir | produire de l'électricité

Le gradient géothermique :

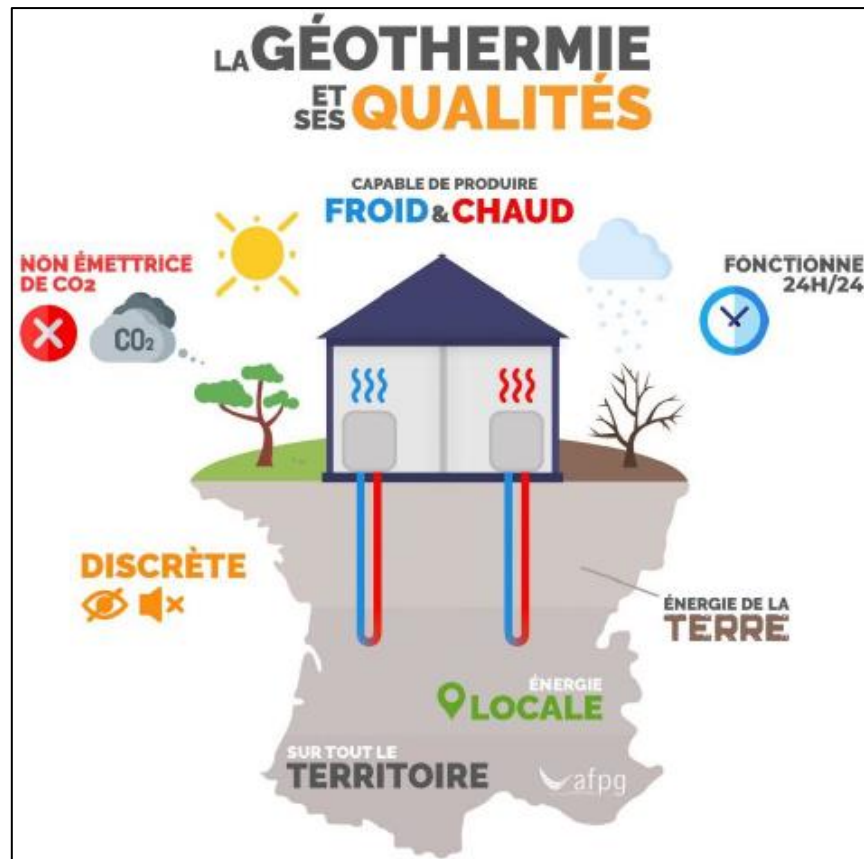
- Les variations saisonnières sont amorties dans les premiers mètres
- En profondeur, c'est le gradient géothermique qui contrôle la température ($\approx 3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ en France métropolitaine)

➔ À partir de 10 m : température stable idéale pour le fonctionnement d'une pompe à chaleur (PAC), pour la production de chaud et de froid



PRINCIPE DE LA GEOTHERMIE

Ses atouts



- Énergie permanente, décarbonée, inépuisable
- Locale et distribuée en proximité des usagers
- Production de chaud, de froid et/ou d'électricité
- Peu ou pas d'impact visuel
- Préserve la qualité de l'air
- Indépendante du prix des énergies fossiles et indépendante des contextes géopolitiques internationaux
- Coûts d'exploitation très bas (ENR la moins couteuse sur le long terme)
- Maturité des technologies, professionnels formés et qualifiés

LES GEOTHERMIES

Une solution géothermique pour tous les besoins, à adapter localement

2 grands types de géothermie :

- La géothermie de surface
- La géothermie profonde



Maison individuelle
20 kW chaud
10 kW froid



Serre horticole
500 kW chaud



Usine cosmétique
1,5 MW chaud
1,5 MW froid



Immeuble de bureaux
5,5 MW chaud
4 MW froid



Aéroport
15MW chaud

LES GEOTHERMIES

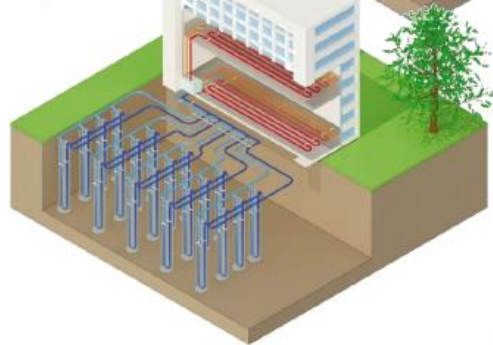
Géothermie de surface

Récupération de l'énergie contenu dans le sous-sol à faible profondeur (< 200 m)

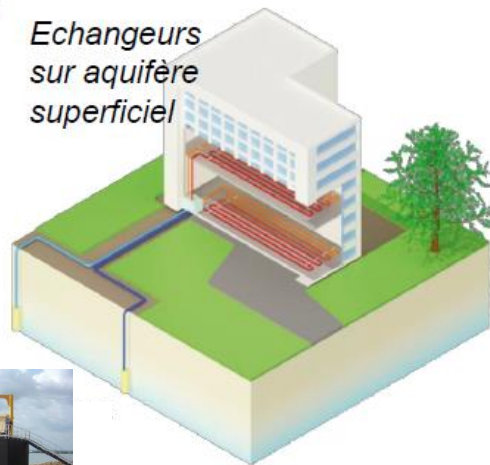
Sonde géothermique verticale (SGV)



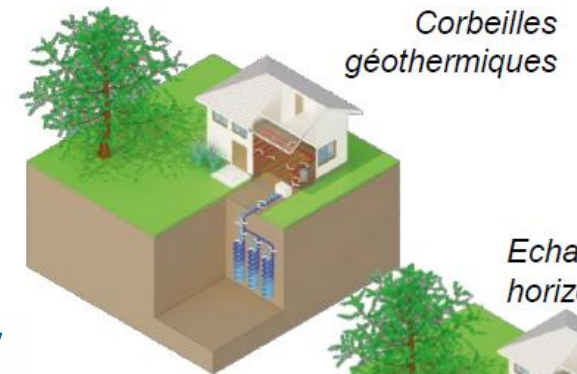
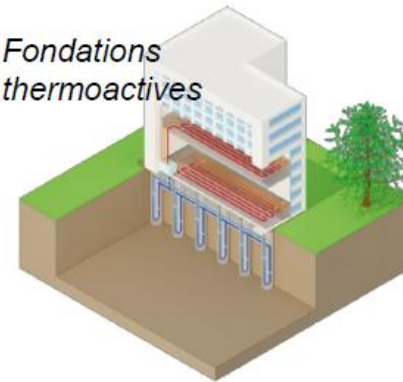
Champ de sonde géothermique



Echangeurs sur aquifère superficiel



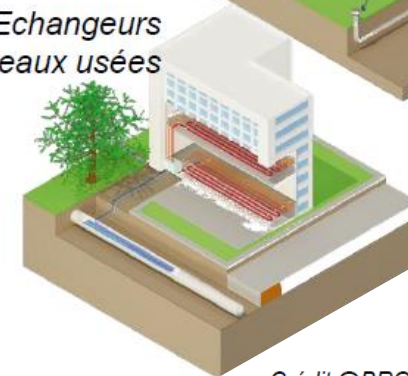
Fondations thermoactives



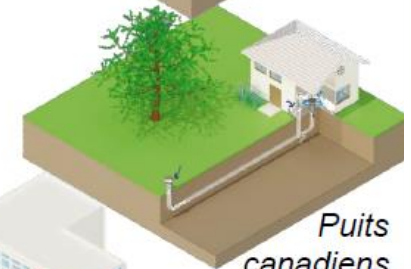
Echangeurs horizontaux



Echangeurs sur eaux usées



Puits canadiens



- Production de chaud (chauffage, ECS, procédés industriels, agriculture, loisirs...)
- Production de froid (actif) / rafraîchissement (passif)
- Pour des projets neufs ou en rénovation

Particularité pour la géothermie sur cours d'eau : code de l'environnement



LES GEOTHERMIES

Géothermie de surface

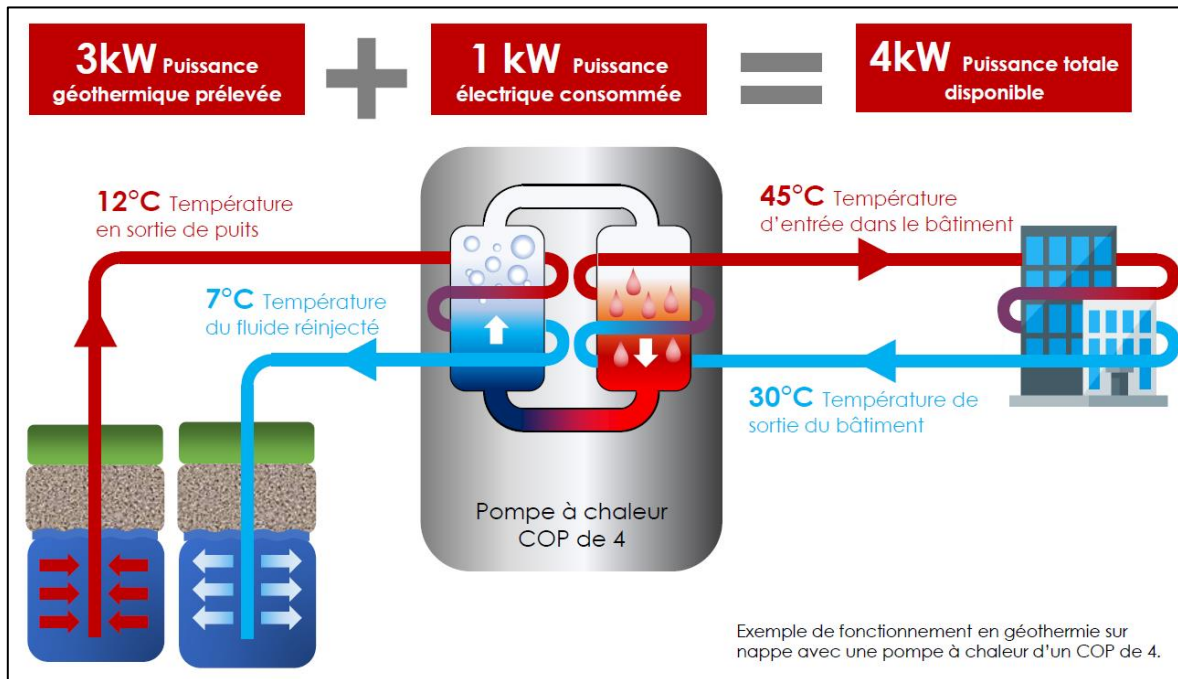
Pompe à chaleur (PAC) valorise l'énergie captée dans le sol via un échangeur

Efficacité de la PAC mesurée grâce au coefficient de performance énergétique (COP)

Exemple sur nappe
= système ouvert



Sens d'écoulement de la nappe à considérer



- Détermination des besoins thermiques du projet
- Pompages d'essai pour vérifier la disponibilité et la pérennité de la ressource en eau in situ, et la qualité des eaux
- Surveillance et entretien des forages de prélèvement et de réinjection, et des installations hydrauliques associées, fonction de la qualité de l'eau

La puissance qu'on peut mobiliser dépend :

- du débit de pompage
- de l'écart de température entre prélèvement et rejet

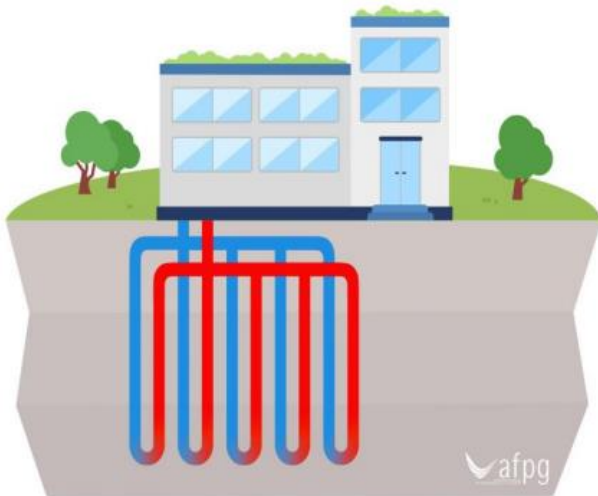
LES GEOTHERMIES

Géothermie de surface

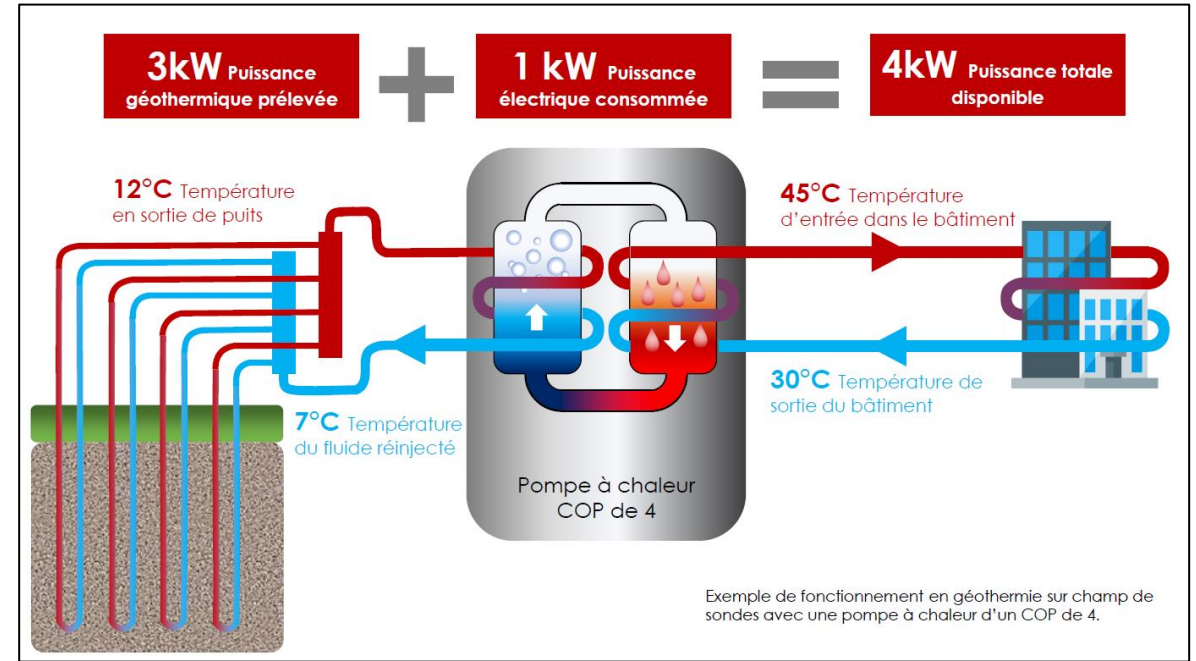
Pompe à chaleur (PAC) valorise l'énergie captée dans le sol via un échangeur

Efficacité de la PAC mesurée grâce au coefficient de performance énergétique (COP)

Maîtrise foncière à considérer



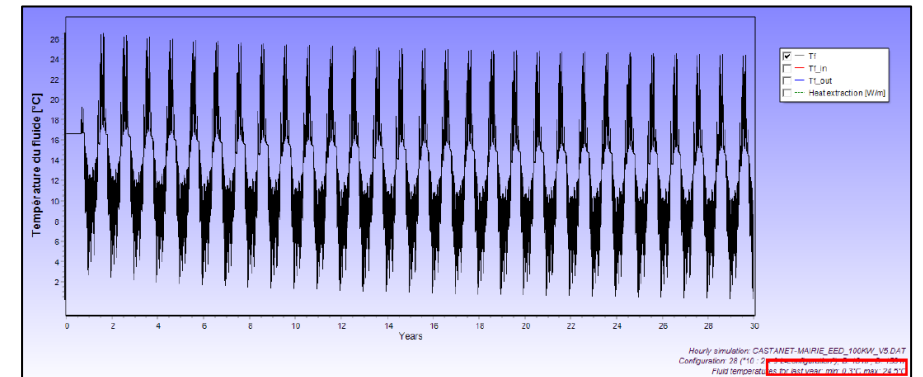
Exemple sur sondes
= système fermé



- Détermination des besoins thermiques du projet et STD
- Prédimensionnement du champ de sondes
- Sonde test et TRT (Test de Réponse Thermique) si $l > 1000$ m
- Réactualisation de l'étude de simulation
- Faible maintenance de l'installation

L'énergie qu'on peut mobiliser dépend :

- du linéaire (cumulé) de sondes
- de la façon dont la puissance évolue dans le temps
- du type de sol rencontré



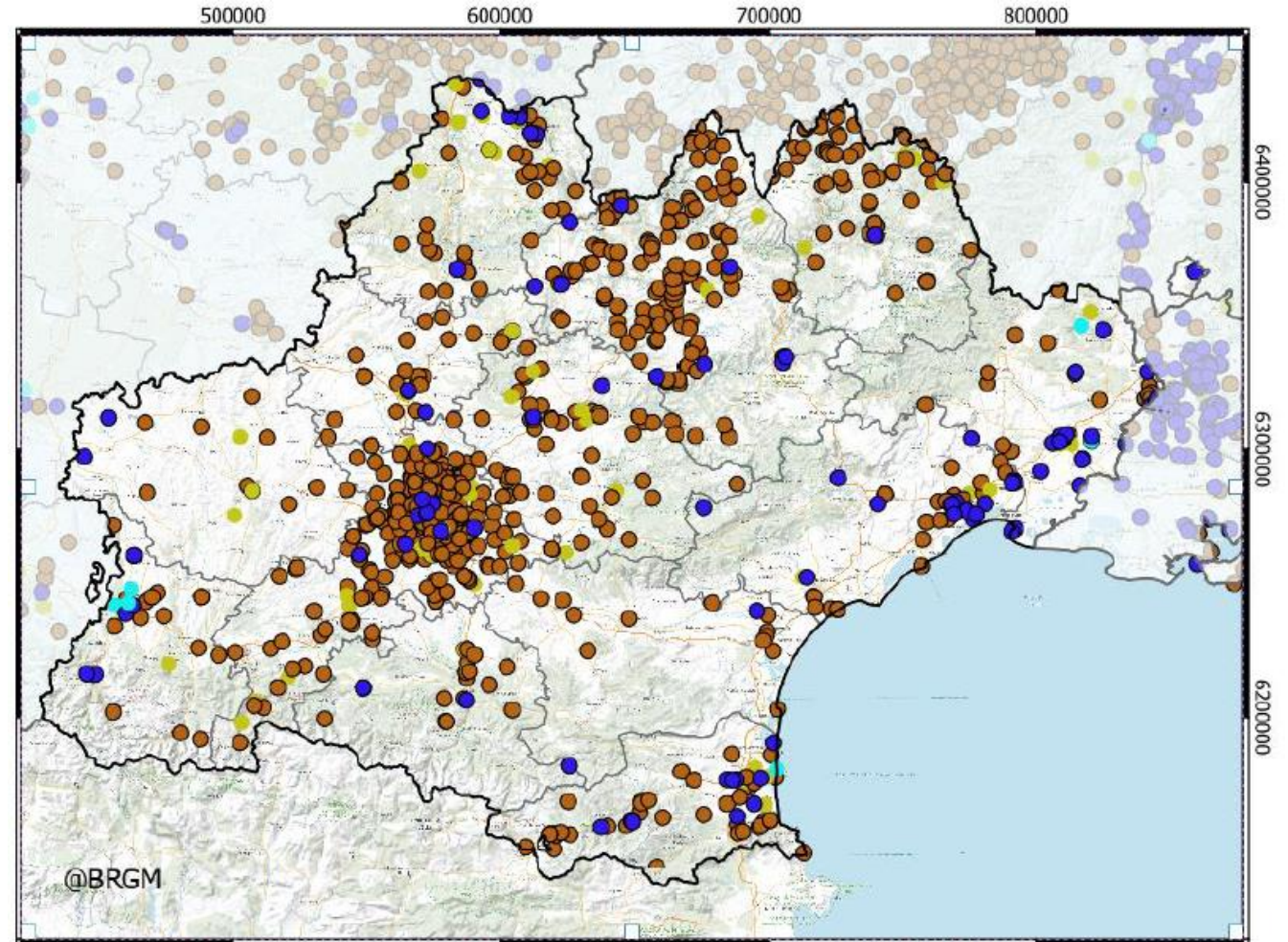
LES GEOTHERMIES

Géothermie de surface

En Occitanie :

- ≈ 1000 installations sur sondes
- ≈ 100 installations sur aquifère

Pour accéder aux informations de l'observatoire : [Services web cartographiques des installations et ouvrages de géothermie de surface / ADEME, BRGM | Geothermies](#)



Installations de géothermie de surface sur échangeurs ouverts (nappe)

- Installation réalisée
- Installation déclarée

Installations de géothermie de surface sur échangeurs fermés (sonde)

- Installation réalisée
- Installation déclarée

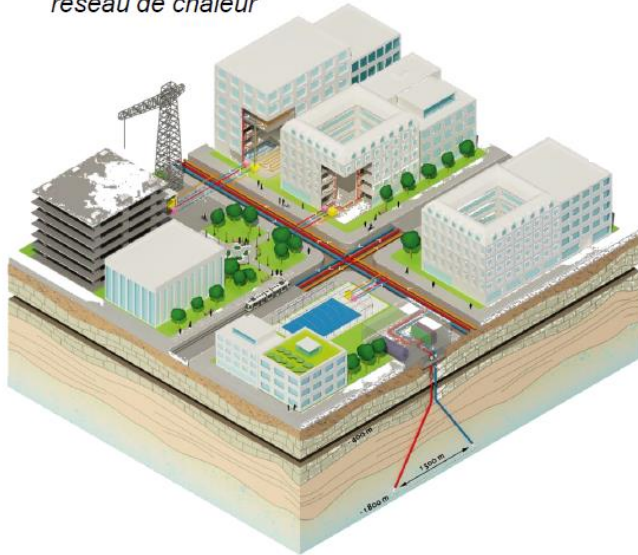
LES GEOTHERMIES

Géothermie profonde

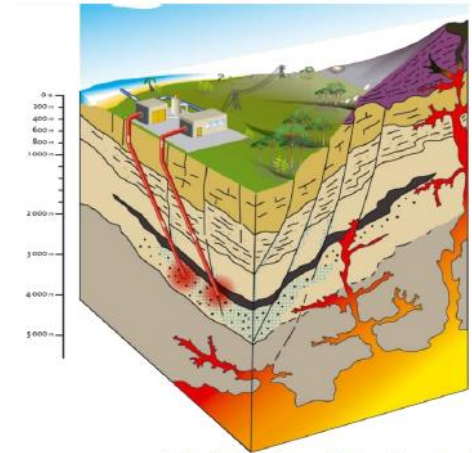
Récupération de l'énergie contenu dans le sous-sol au-delà de 200 m

- Production de chaud (chauffage, ECS, procédés agricoles, loisirs...)
- Stockage d'énergie
- Production d'électricité

Doublet géothermique sur aquifère profond et réseau de chaleur

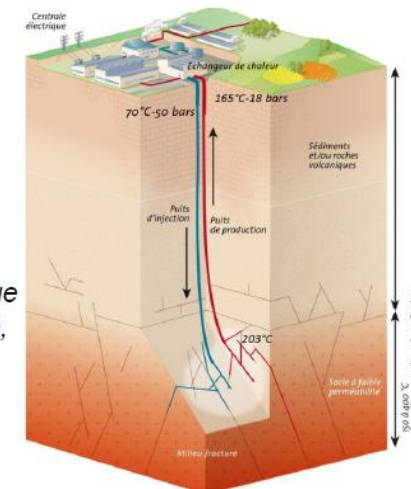


Exemple de Toulouse Grand Matabiau Quais d'Oc
ENGIE étudie la faisabilité de forages géothermiques pour le réseau de chaleur du quartier, dans le cadre de la DSP



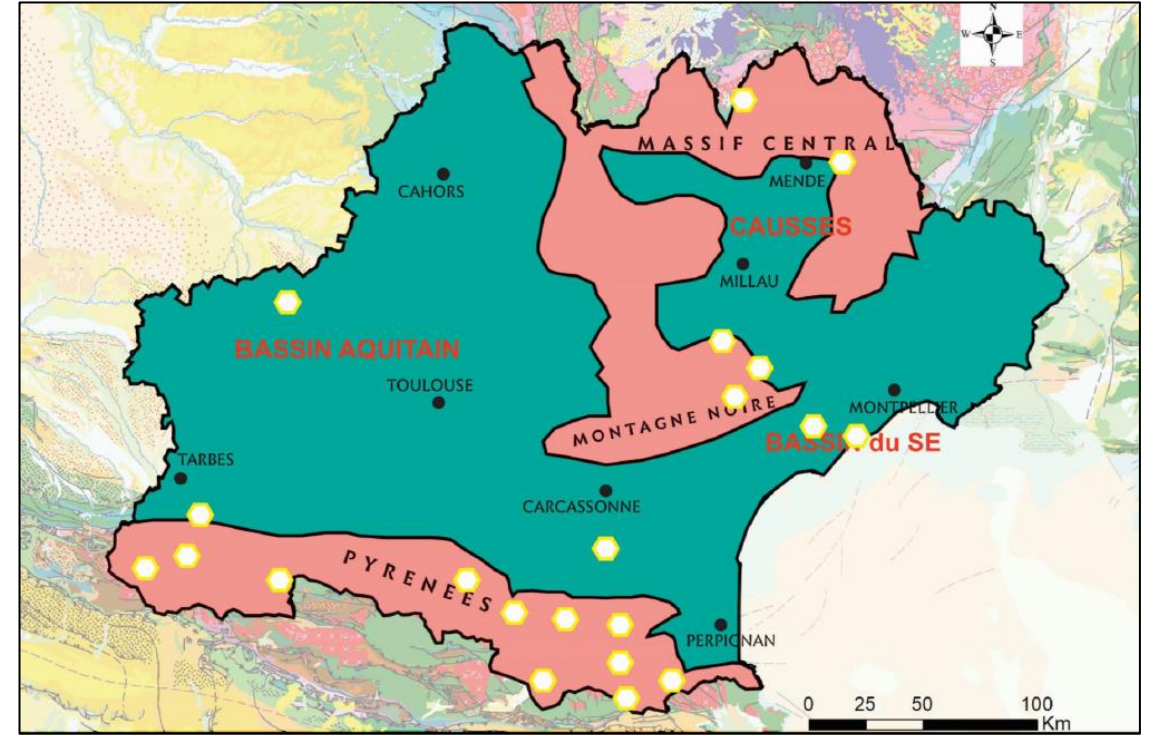
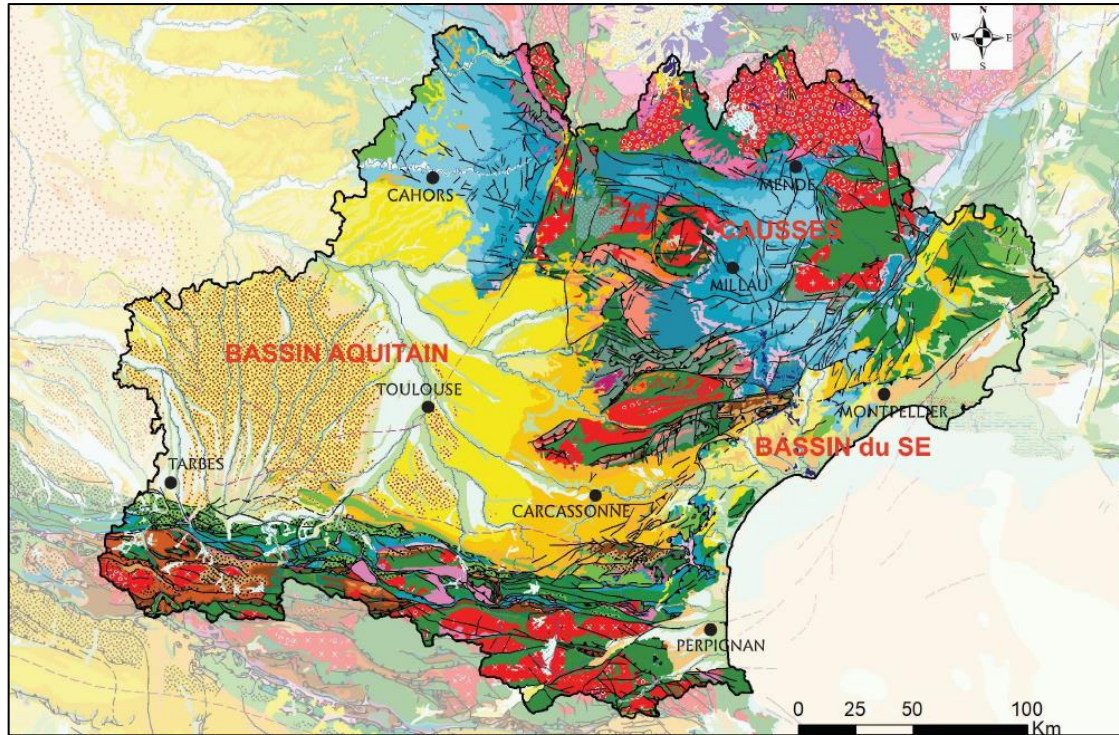
Exploitation d'un réservoir fracturé en zone volcanique, Centrale électrique de Bouillante, Guadeloupe

Doublet géothermique sur réservoir fracturé, Soultz-sous-Forêts



Crédit @BRGM, ADEME

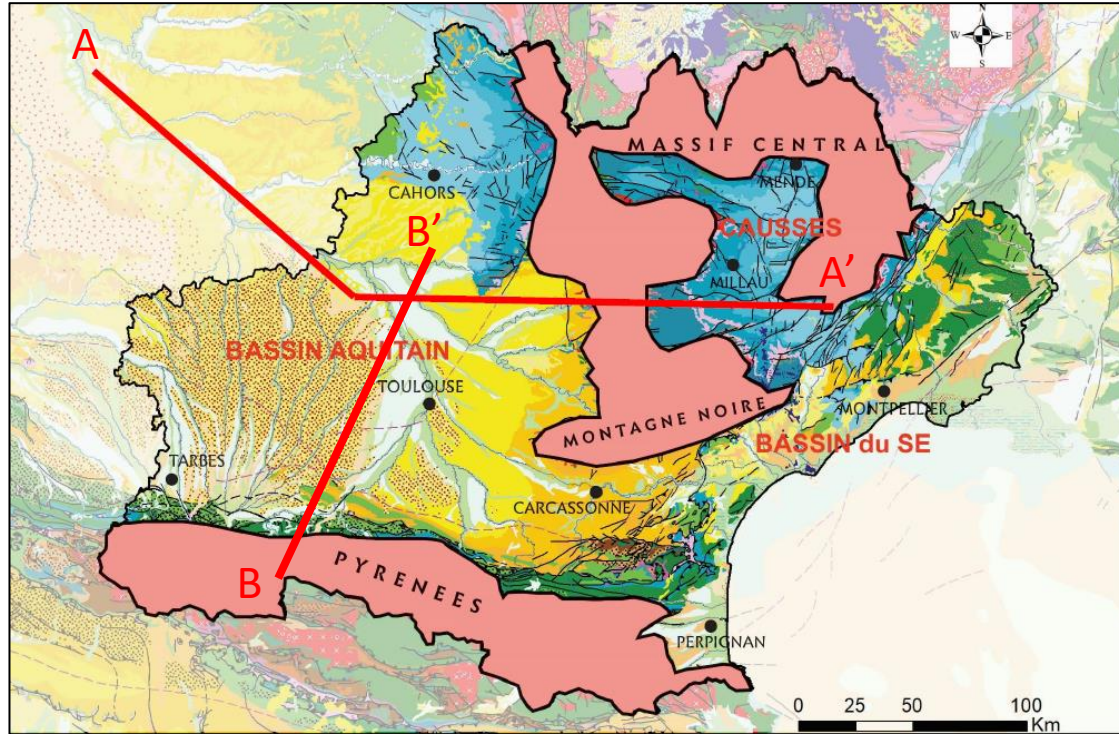
LE CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE EN OCCITANIE



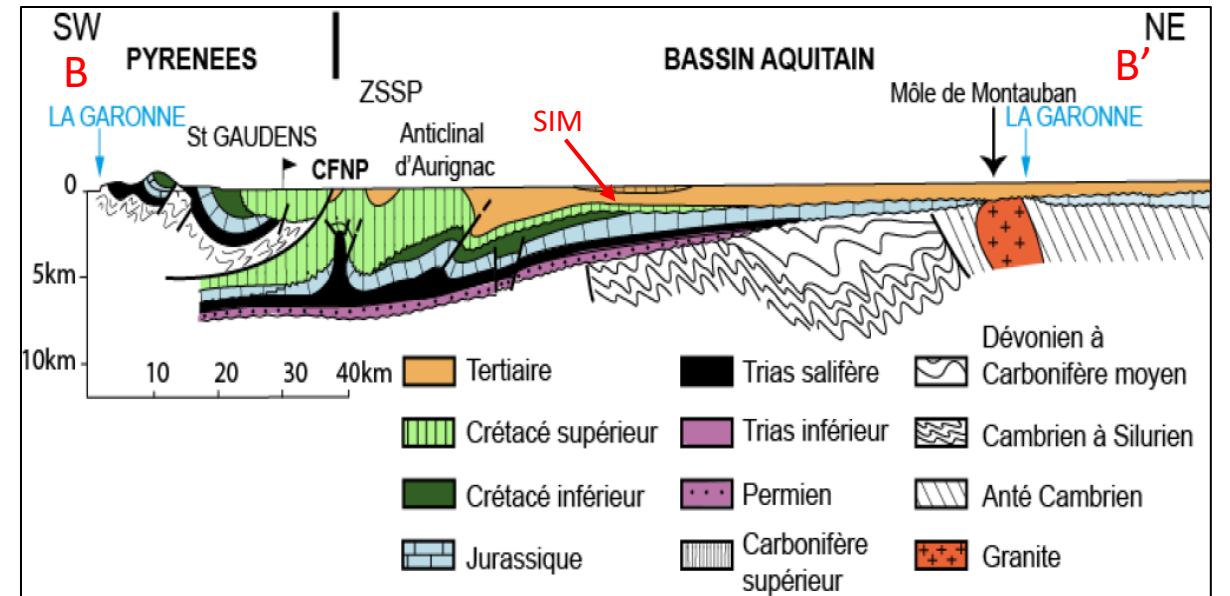
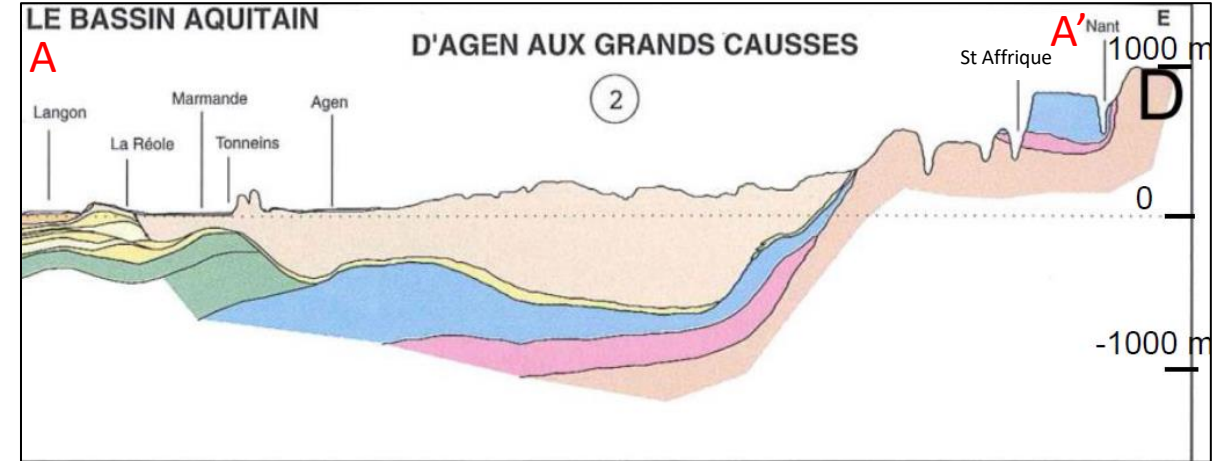
BRGM

- 1 massif ancien au nord : Massif central
- 1 massif récent : Pyrénées
- Nombreuses sources chaudes émergeant des massifs montagneux
- 2 bassins sédimentaires : aquitain et du Sud-Est

LE CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE EN MIDI-PYRÉNÉES

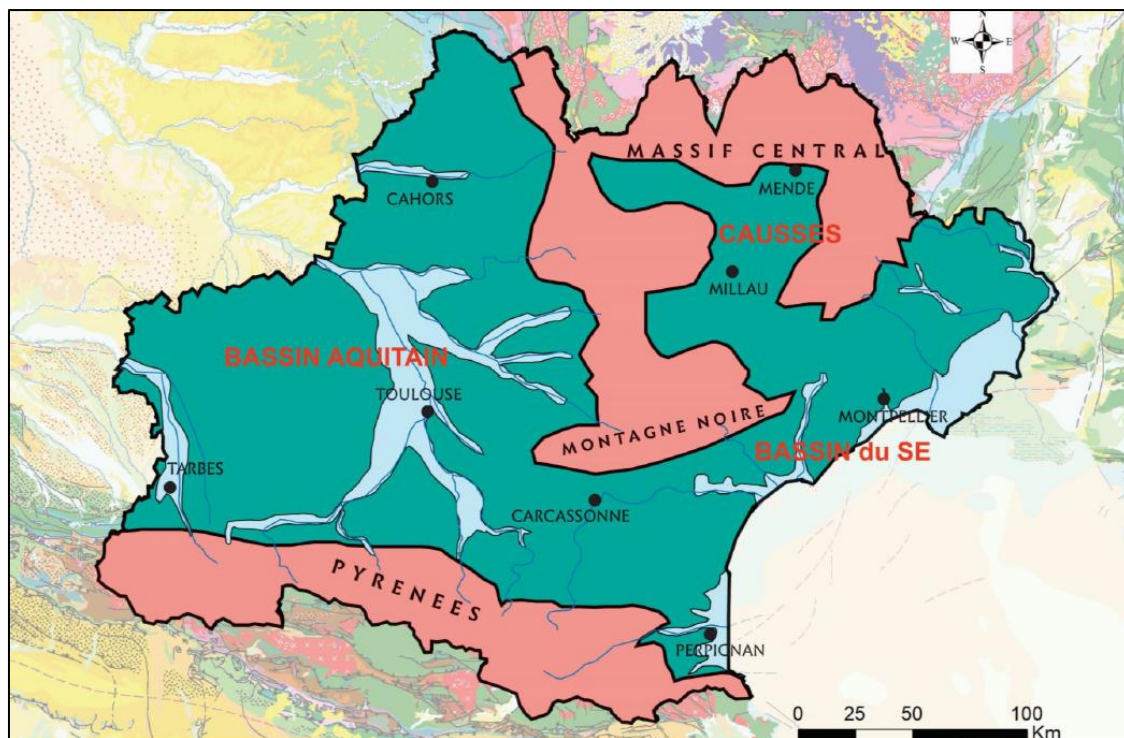


- Forte épaisseur de molasses (jusqu'à 2 km)
- Présence des sables infra-molassiques (SIM)
- Terrains du Jurassique et Crétacé peu connus et à grande profondeur

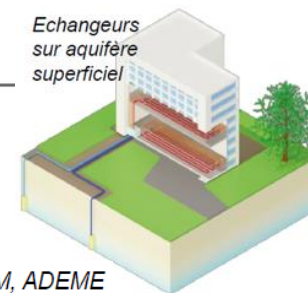
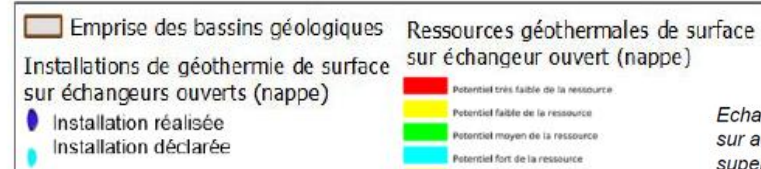
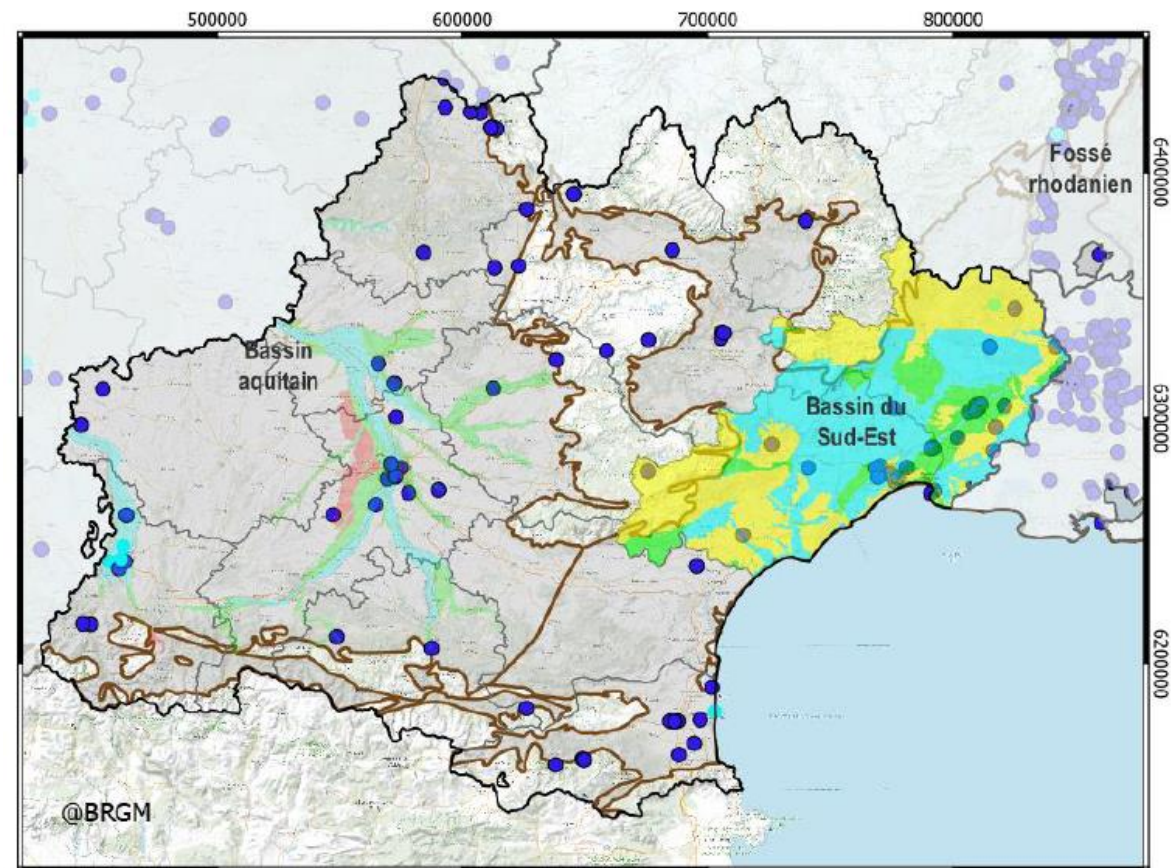


LE CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE EN OCCITANIE

Solution nappe



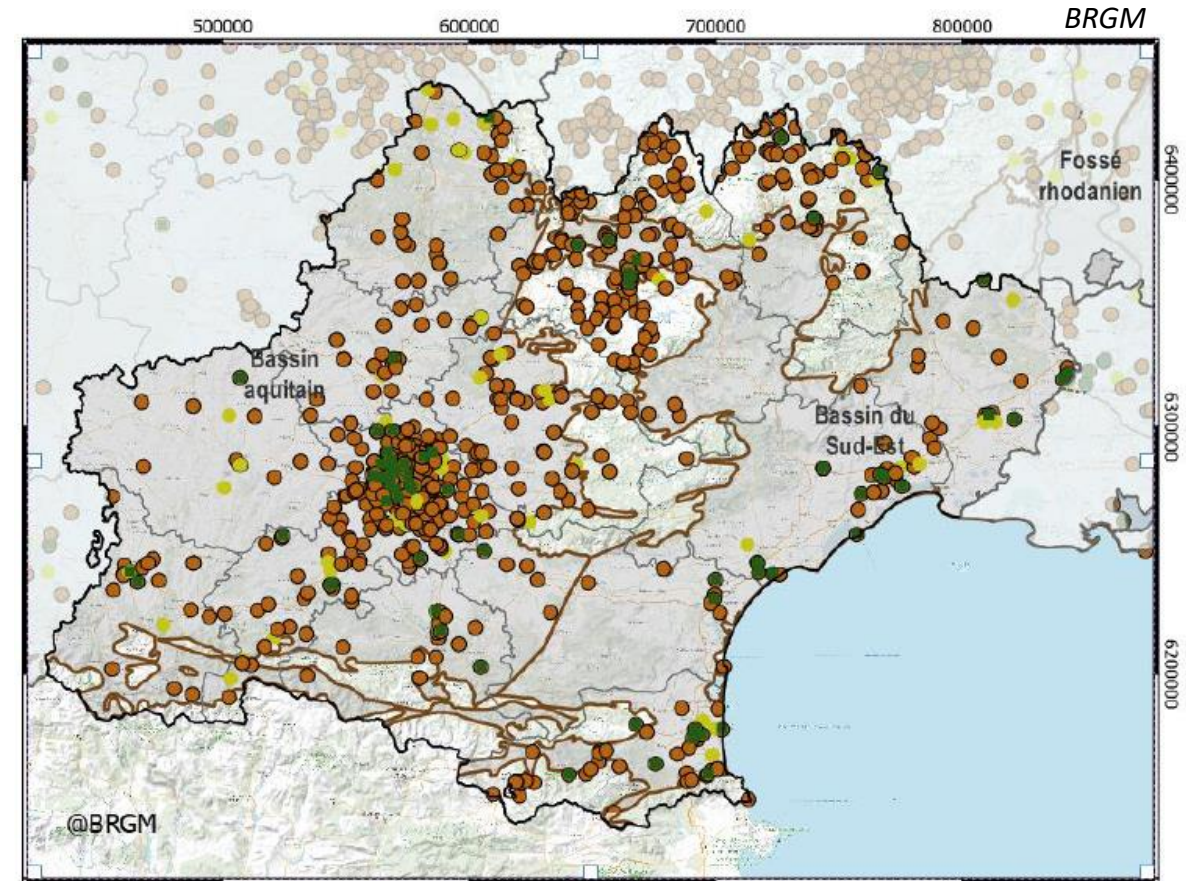
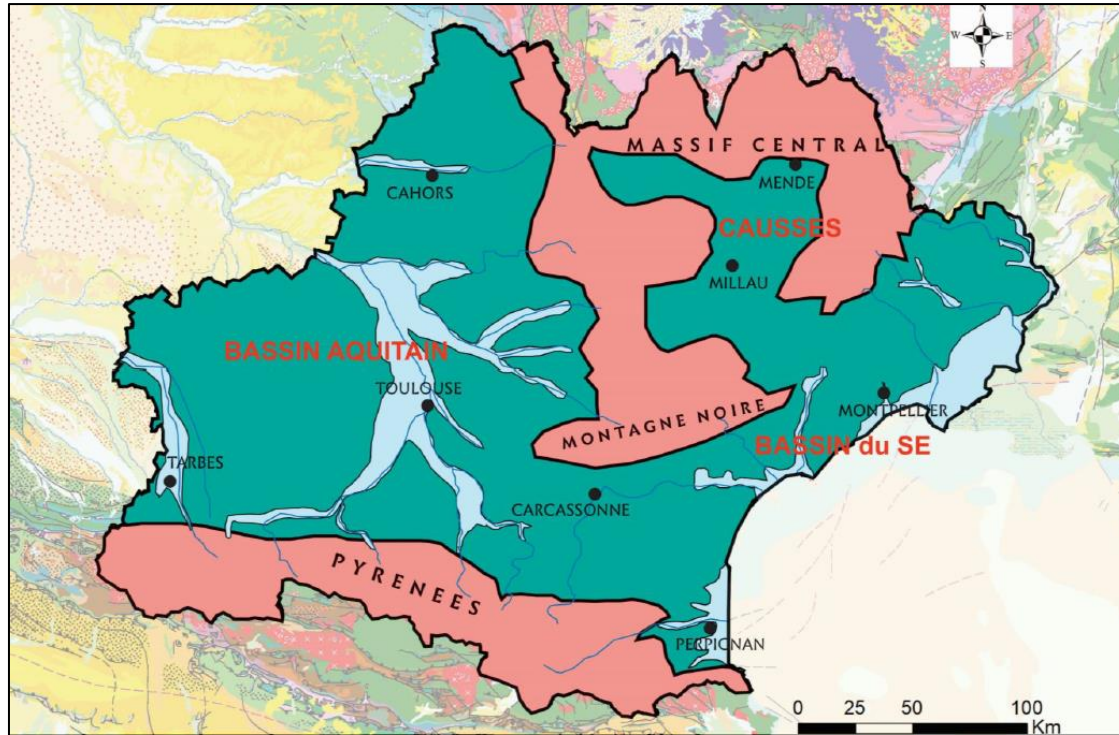
- Alluvions connectées à un cours d'eau
- Solution sur nappe : potentiel fort mais localisé au droit des aquifères
- Vérifier la productivité des alluvions au droit du projet / aux besoins, puis dimensionnement adapté



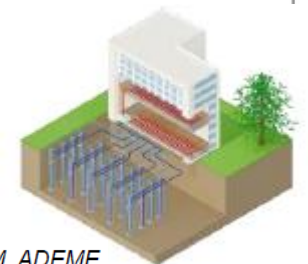
Crédit @BRGM, ADEME

LE CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE EN OCCITANIE

Solution sondes

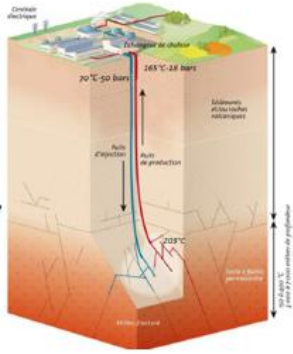


- **Solution sondes : potentiel fort sur l'ensemble du territoire**
- **Vérifier la conductivité du sol via un TRT et la lithologie, puis dimensionnement adapté / besoins**

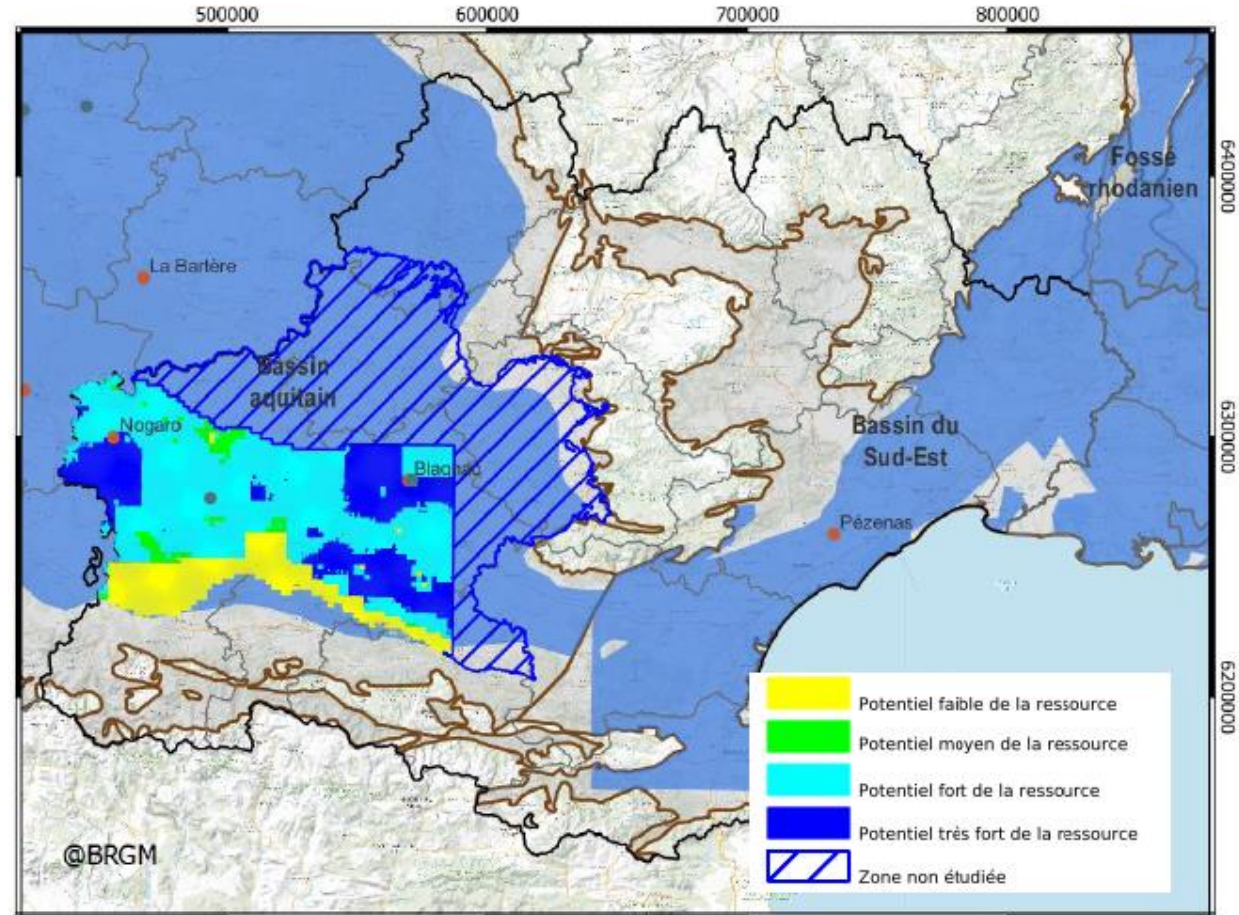


LE CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE EN OCCITANIE

Géothermie profonde



- Un potentiel important à développer
- Ressource géothermale présente sur une grande partie du territoire
- Identification et caractérisation des ressources : température, débit envisageable
- Étude de conception, éléments financiers...



Exemples locaux :

- Blagnac - Ritouret, SIM, 1552-1574 m, 36 m³/h, 58°C
- Blagnac - Ramier, SIM, 1446-1470, 7,3 m³/h, 55°C
- Nogaro, SIM, 1031-1061 m, 45-90 m³/h, 51°C

ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

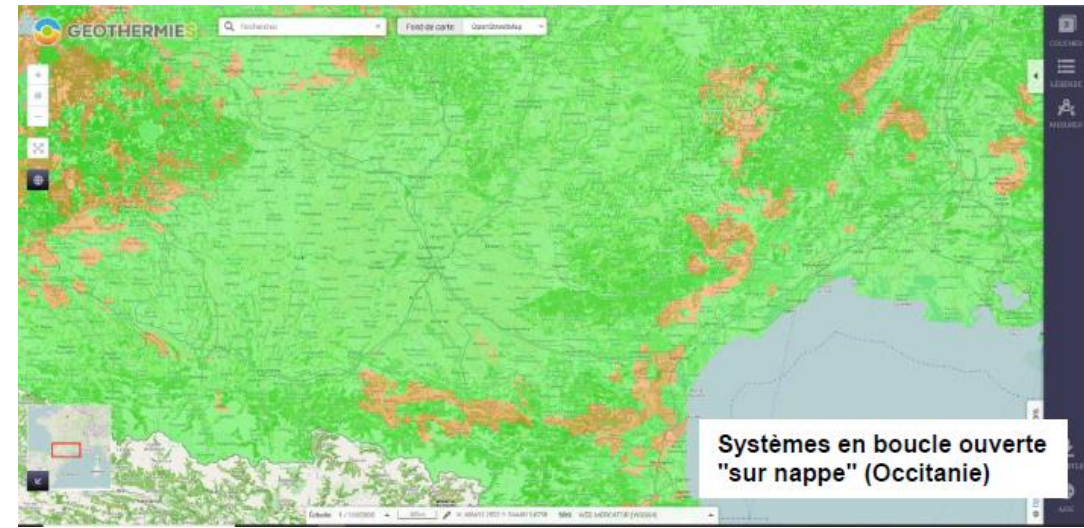


Eligibilité au régime de la GMI (pour une démarche simplifiée) :

- **Zone géographique favorable**
 - Zones **vertes** : pas de risques significatifs -> télé-déclaration
 - Zones **orange** : risques potentiels -> télé-déclaration avec attestation d'un expert agréé
 - Zones **rouge** : risques significatifs -> autorisation code Minier
- **Profondeur des ouvrages**
- **Puissance thermique**
- **Mode de prélèvement et de réinjection**

Distances réglementaires à respecter :

- Pas dans PPI et PPR de captages AEP
- à + de 3 des arbres
- à + de 5 m : limites de propriété, conduite EU ou autre
- à + de 35 m de : captages AEP, traitement EU, stockages dangereux, sites d'élevage
- à + de 200 m de : stockage de déchets (rubrique 2760 des ICPE)



Régime réglementaire	GMI*	PEX*
Travaux souterrains	Profondeur < 10 m	-
Température de prélèvement en sortie d'ouvrage	Température < 25°C	Température ≥ 25°C
Profondeur	Profondeur < 200 m	Profondeur ≥ 200 m
Besoin thermique maximum	Puissance < 500 kW	Puissance ≥ 500 kW
Réinjection en nappe	Qmax < 80 m³/h	Qmax ≥ 80 m³/h
Prélèvement en nappe	Aquifère prélèvement = aquifère réinjection	Aquifère prélèvement ≠ aquifère réinjection
	Volume prélevé = volume réinjecté	Volume prélevé ≠ volume réinjecté

*GMI : régime correspondant à la Géothermie de Minime Importance

*PEX : régime correspondant au Permis d'Exploitation de gîtes géothermiques

AIDES FINANCIERES

Fonds chaleur de l'ADEME (<https://agirpourlatransition.ademe.fr/>)

- **Aide à la décision pour les études d'opportunité (< 50 MWh/an) et de faisabilité, dont TRT** (contacter l'ADEME avant la signature du marché d'études)
- **Aide à l'investissement (avant la signature des marchés travaux)**
 - Forfait pour les projets jusqu'à 2 000 MWh/an
 - Analyse économique au-delà de 2 000 MWh/an

	Production de CHAUD	Production de FROID
Technologie	Aide forfaitaire en €/MWh EnR/an (sur 20 ans) en mode chaud	Aide forfaitaire en €/MWh EnR/an (sur 20 ans)
PAC sur sondes et géostructures énergétiques	50 €/MWh EnR	13 €/MWh EnR
PAC sur échangeurs compacts géothermiques	44 €/MWh EnR	13 €/MWh EnR
PAC sur eau de nappe, sur eau de mer et sur eaux usées	25 €/MWh EnR	13 €/MWh EnR

Technologie	Aide forfaitaire en €/MWh EnR&R/an (sur 20 ans)
PAC en montage TFP sur champ de sondes et géostructures énergétiques	28 €/MWh EnR&R
PAC en montage TFP sur eau de nappe, sur eau de mer et sur eaux usées	14 €/MWh EnR&R

Technologie	Aide forfaitaire en €/MWh EnR&R (sur 20 ans)
PAC aérothermique air/eau	6 €/MWh EnR sur 20 ans

DETR (dotation d'équipement des territoires ruraux)

Conseil Départemental

La Région Ou Le FEDER (fonds européen de développement régional), lorsque le montant restant à subventionné > 150 000 € (en cours d'évolution)

[Programme Régional Occitanie FEDER, FSE+ 2021-2027 - Europe en Occitanie \(europe-en-occitanie.eu\)](http://europe-en-occitanie.eu)

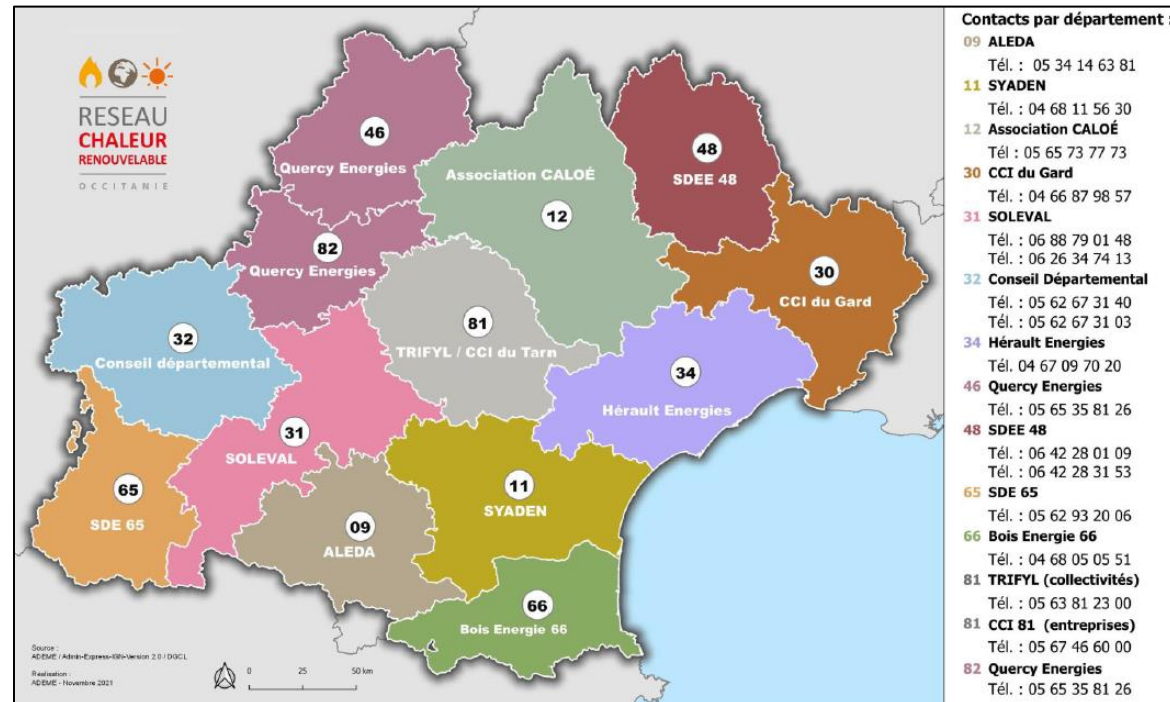
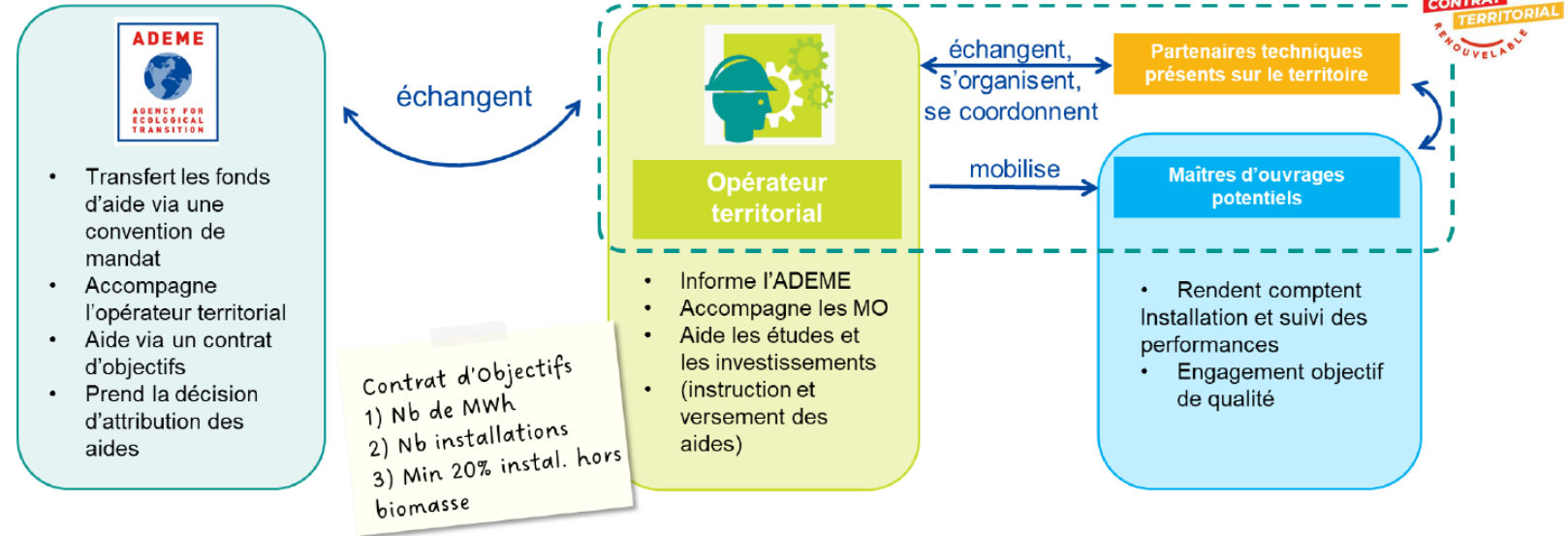


Géothermie subventionnée jusqu'à 80% sous certaines conditions

ACCOMPAGNEMENT D'UN PROJET

Relais territoriaux

Soutien financier, technique et méthodologique



ACCOMPAGNEMENT D'UN PROJET

Entreprises qualifiées



Dimensionnement des besoins + étude sondes :
bureau d'études qualifié OPQIBI RGE 20.13
Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie géothermique

Etude sur nappe :
bureau d'études qualifié OPQIBI RGE
20.13 et 10.07
Etude des ressources géothermiques



Garantie AQUAPAC
Pour solution nappe < 200 m et PAC > 30 kW

Couvre le risque d'échec suite à une ressource insuffisante
Couvre le risque de diminution ou détérioration de la
ressource pour les 10 premières années



Qualiforage

Qualification RGE QUALIFORAGE
Entreprises de forage qualifiées
impérativement pour les projets en GMI

PRO FORAGE (31)
SOGAMA (32)
GEOFORAGE (65)
AQUA SYSTEM (12)

EXEMPLES DE RÉALISATION

Géothermie de surface

Castanet-Tolosan – Hôtel de ville :

- Zone verte
- Puissance 90 kW chaud, 52 kW froid
- Energie 144 MWh/an chaud, 35 MWh/an froid
- Proposition d'une couverture 100% des puissances

Mont de Marsan – Lycée:

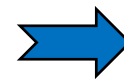
- Zone verte
- Puissance 443 kW chaud (sortie PAC)
- Débit objectif : 45 m³/h

Toulouse - ZAC :

- Zone verte (partiellement orange)
- Puissance 1,7 MW chaud, 2,3 MW froid
- Energie 1 700 MWh/an chaud, 2 300 MWh/an froid
- Proposition d'une couverture 80% chaud, 65% froid

Pas de nappe

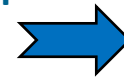
Meilleure solution technico-économique : 10 sondes de 150 m dans les molasses



Puissance < 500 KW (GMI)

Sables de l'Aquitainien (Miocène) de 46 à 70 m

**1 forage de production + 1 forage de reinjection de 73 m de Profondeur
43 m³/h**



Puissance < 500 KW + < 80 m³/h (GMI)

Productivité des alluvions de la Garonne limitante

Complexité de la démarche en cours d'eau

Meilleure solution technico-économique : 133 sondes de 200 m



Puissance > 500 kW (PEX)

Merci pour votre attention

Clémentine BOSSA

Hydrogéologue, Responsable équipe Eau Ressource & Géothermie | Labège (31)
clementine.bossa@anteagroup.fr

Pour compléter l'information sur les géothermies

Site de ADEME-BRGM [Géothermies](https://www.géothermies.fr/) | [le site d'information sur les géothermies de l'ADEME et du BRGM \(geothermies.fr\)](https://www.géothermies.fr/)
et son espace cartographique [Géothermies \(geothermies.fr\)](https://www.géothermies.fr/)

Site de l'AFPG [afpg.asso.fr](https://www.afpg.asso.fr/)
Association Française des professionnels de la géothermie



Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

anteagroup.fr