UN OUTIL DE DIMENSIONNEMENT EN LIGNE DE CHAMPS DE SONDES GÉOTHERMIQUES VERTICALES :

PRISE EN MAIN ET CAS PRATIQUES

Charles MARAGNA

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Géosciences pour une Terre durable
brgm

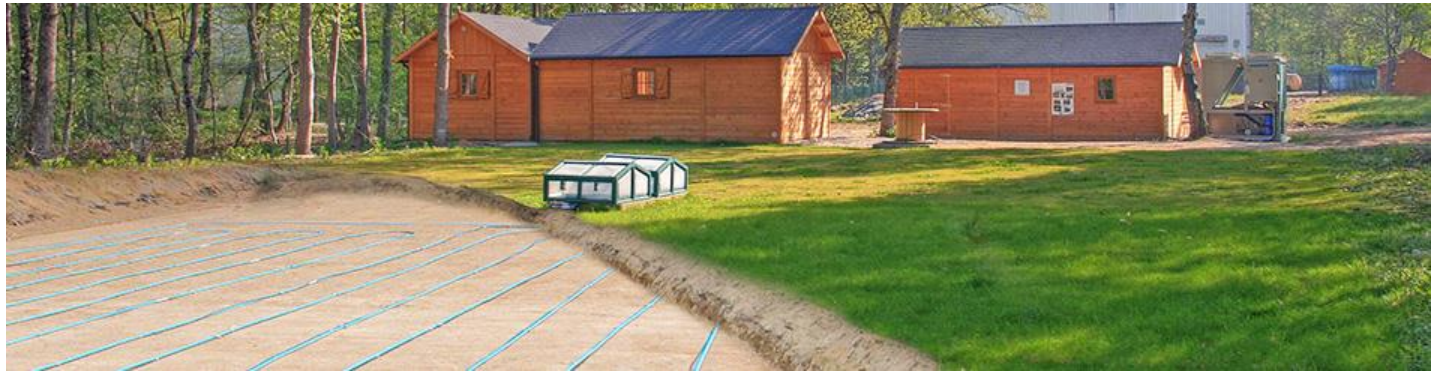
INTRODUCTION

Une plateforme digitale de dimensionnement d'échangeurs géothermiques :

Qu'est ce que c'est ?

Un outil :

> Lancé par le BRGM en 2015
> Accessible en ligne
> Destiné aux professionnels
> Initialement pour la maison individuelle μ-Geo
> Maintenant aussi pour les champs de sondes

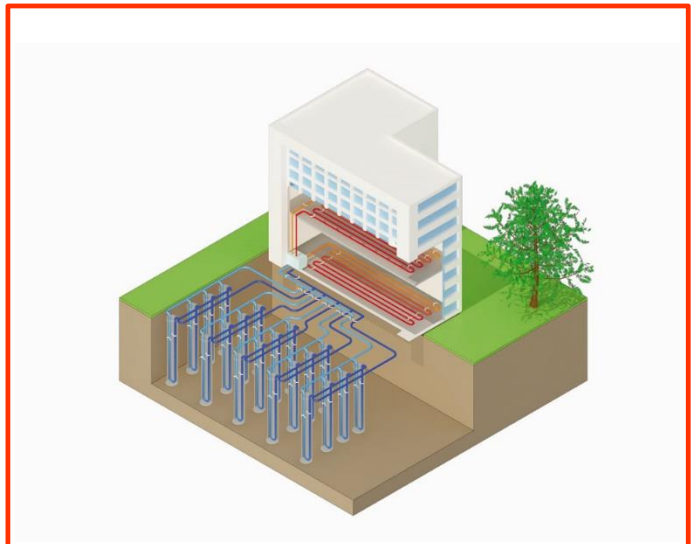


PROGRAMME DE LA DEMI-JOURNÉE

- Ce que vous allez apprendre aujourd'hui :
  - Calculer la profondeur et le nombre de forages nécessaire à la couverture des besoins thermiques d'un bâtiment

- Ce que vous ne saurez pas à la fin de la formation :
  - Identifier les contraintes réglementaires propres au projet, les démarches qualité
  - Mettre en œuvre et interpréter un test de réponse thermique
  - Dimensionner le réseau hydraulique

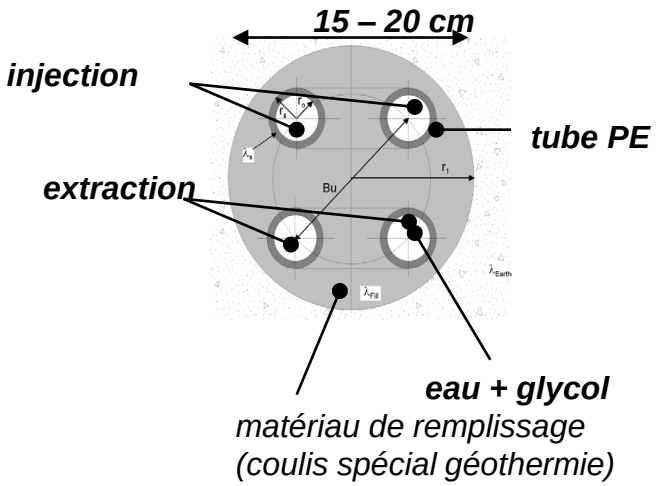
LES DIFFÉRENTES FORMES DE GÉOTHERMIE ASSISTÉE PAR POMPE À CHALEUR



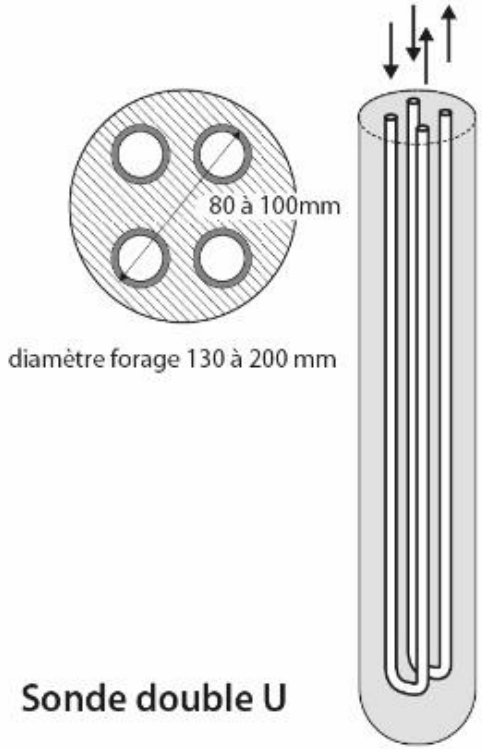
	Echangeur vertical (sondes géothermiques)	***PAC sur aquifère superficiel*** (doublet de production et d'injection)
Echange	échange d'énergie sans matière = **boucle fermée**	échange d'énergie et de matière = **boucle ouverte**

LES SONDES (DOUBLE-U)

- Le « coulis » géothermique vise à :
  - Eviter de mettre en communication des aquifères à différentes profondeurs
  - Améliorer le transfert thermique entre le fluide et le terrain (la Norme NF X 10-970 impose λ ≥ 2,0 W/(K.m))
  - → **Importance d'utiliser un coulis adapté aux sondes géothermiques**



matériau de remplissage (coulis spécial géothermie)



LES SONDES (DOUBLE-U)

Machine de forage

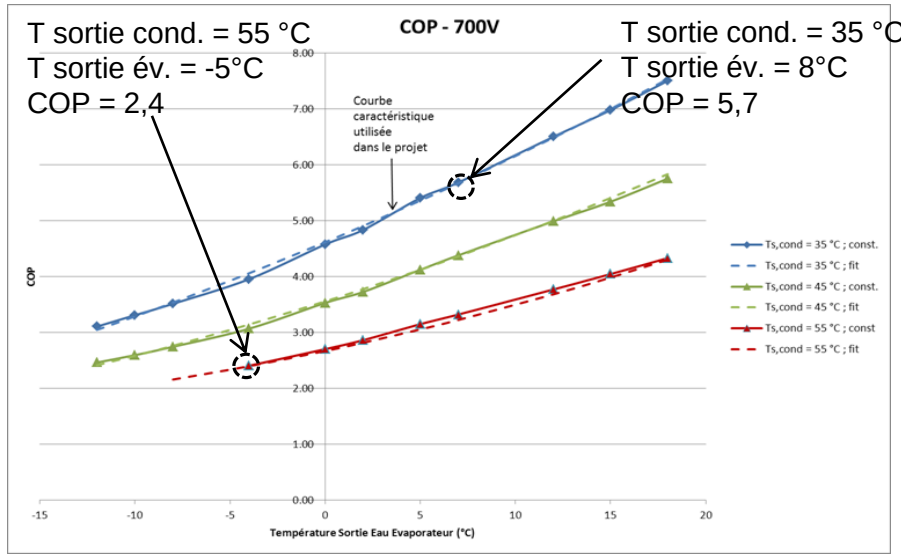
Pieds de sonde

Mise en place de la sonde

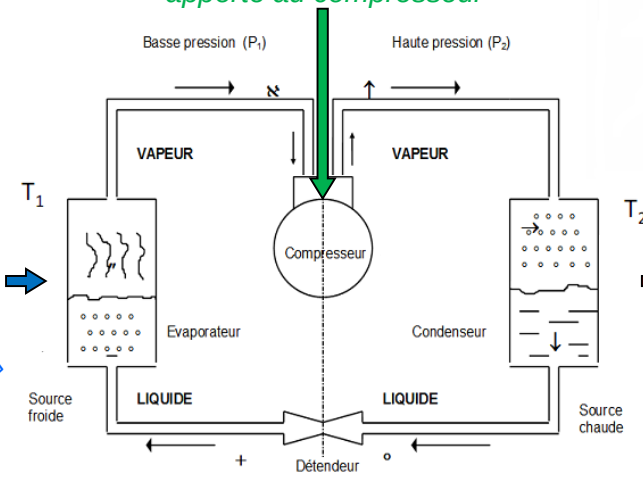
Mise en place de la sonde

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE À CHALEUR (PAC)

- Conservation de la puissance : $P_{cal} = P_{fr} + P_e$
- Performance de la PAC : COP = Energie gagné / Energie payée
- Performance de la PAC en mode chauffage :
  - **COP = P_{cal} / P_e**
  - COP maximal (théorique) = T_2 / (T_2 - T_1)
- Performance de la PAC en mode climatisation :
  - **EER = P_{fr} / P_e**
  - EER maximal (théorique) = T_1 / (T_2 - T_1)



P_e : énergie électrique apporté au compresseur



P_{fr} : chaleur prélevée à la « source froide » (à température T_1) = énergie « frigorifique »

P_{cal} : chaleur cédée à la « source chaude » (à température $T_2 > T_1$) = énergie « calorifique »

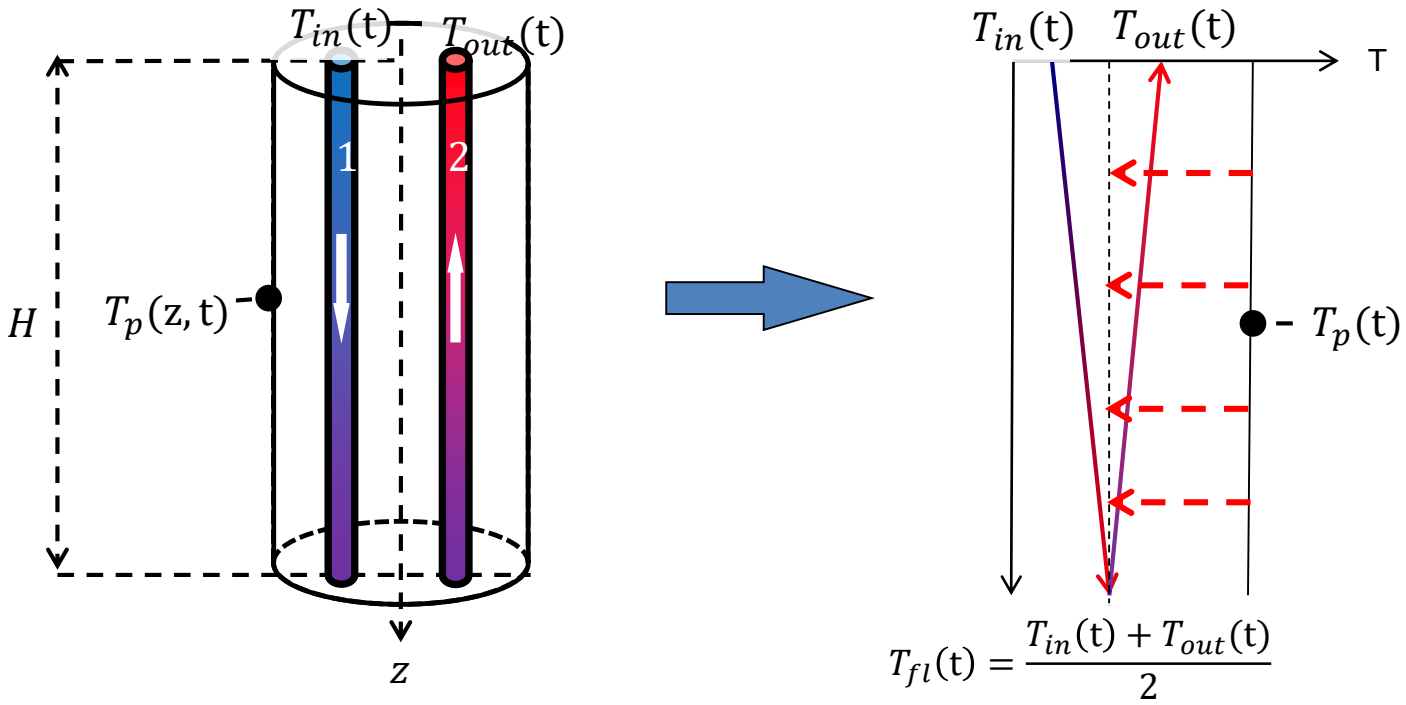
Différents émetteurs de chaleur :
- *planchers chauffants (ex. : 35 / 30 °C)*
- *ventilo-convecteurs (ex. : 45 / 40 °C)*
- *radiateurs basse température (ex. : 55 / 50 °C)*
- *radiateurs haute température (ex. : 65 / 60 °C)*

ORGANISATION DE L'OUTIL

- Données d'entrée :
  - Caractéristiques du bâtiment
  - Système de surface
  - Champs de sondes
- Principe :
  - Simulation thermique dynamique au pas temps horaire sur 25 ans : Calcul de la température de liquide caloporteur
- → Résultats :
  - Bilan énergétique
  - Evolution de la température du liquide caloporteur dans l'échangeur

FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL : MODÉLISATION DES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

- Utilisation de solutions analytiques. Hypothèses :
  - H1 : Terrain homogène, sans écoulement souterrain (conduction pure, pas de convection)
  - H2 : Inertie du coulis de remplissage du forage négligée
  - H3 : Température de paroi du forage T_p constante sur toute la hauteur de la SGV
  - H4 : Profil de température du fluide « en V » dans le forage



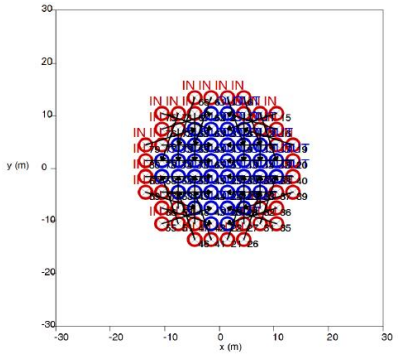
FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL : MODÉLISATION DES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

- Discussion de l'hypothèse n°1 : Ecoulement pas pris en compte
  - Si milieu hétérogène, avec écoulement : Résolution nécessite le recours à des méthodes numériques (éléments finis, etc.), lourdes à mettre en place
  - Exemple : Profil de température autour d'un champ de SGV traversant 2 aquifères distincts après 5 années de fonctionnement (d'après Riegger et al., avec logiciel FEFLOW)

aquifère lent : vitesse de Darcy = 2 m/an

couche imperméable

aquifère rapide : vitesse de Darcy = 20 m/an



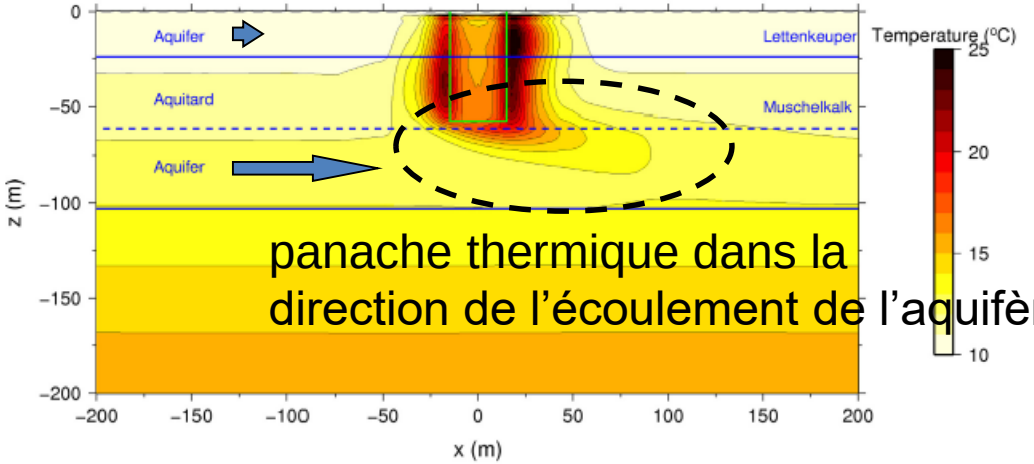


Figure 1.36 Cross-sectional temperature profile through the center of the BTES (green line) oriented to the main groundwater flow direction after the fifth year of BTES operation.

FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL : MODÉLISATION DES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

- Utilisation de solutions analytiques :
  - Pour un échangeur en boucle fermée, la température du fluide dans le forage est de la forme :

$$T_{fl}(t) = T_0 + \frac{p}{\lambda_m} G(t)$$

- T_0 : température initiale du terrain (°C)
- p : puissance linéaire échangée par mètre de forage (W/m)
- λ_m : conductivité thermique du terrain (W/K/m)

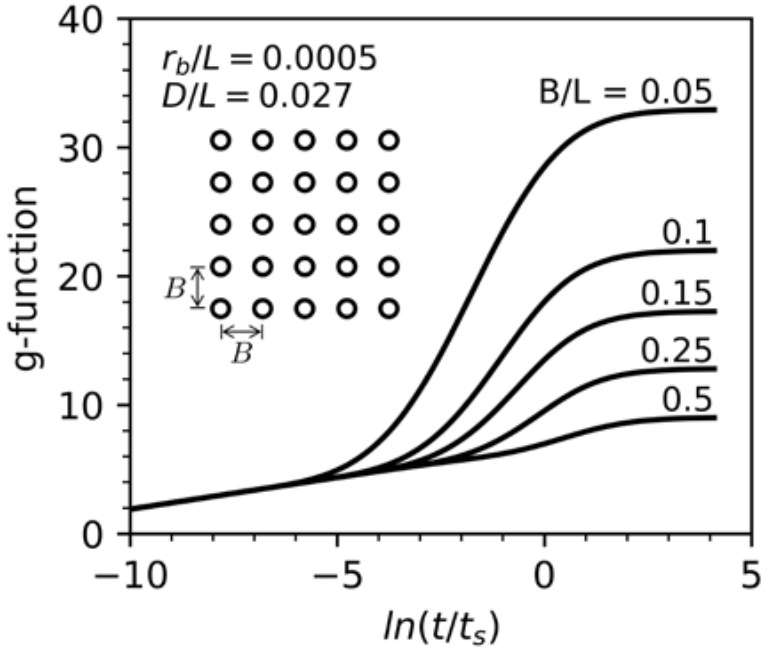
  - La fonction *G* traduit l'évolution de la température moyenne du fluide suite à un échelon de puissance. Pour un champ de sondes, la fonction G est :

$$G(t^*) = \underbrace{\lambda_m R_f}_{\substack{transfert \\ dans\ un\ forage}} + \underbrace{G_0(t^*)}_{\substack{transfert\ à \\ proximité \\ d'un\ forage}} + \underbrace{\frac{1}{N}\sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{N}\sum_{j=1}^{N} G_{i\to j}(t^*)}_{interactions\ entre\ les\ N\ forages}$$

- La fonction *G* est propre à chaque champ de sondes
- Remarque : Fonction *G* utilisée ici est la « Ligne Source Finie ». Convient uniquement aux sondes et pas aux pieux et corbeilles (car diamètre >> diamètre d'une sonde)

FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL : MODÉLISATION DES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

- Utilisation de solutions analytiques :
  - La fonction *G* traduit l'évolution de la température moyenne du fluide suite à un échelon de puissance. La fonction G est propre à un champ de sondes :



Source: Cimmino et al. 2018

FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL : MODÉLISATION DES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

- Utilisation de solutions analytiques :
  - Pour une SGV, la température du fluide dans le forage est de la forme :

$$T_{fl}(t) = T_0 + \frac{p}{\lambda_m} G(t)$$

    - T_0 : température initiale du terrain (°C)
    - p : puissance linéaire échangée par mètre de forage (W/m) = constante
    - λ_m : conductivité thermique du terrain (W/K/m)
  - Dans la réalité, la puissance échangée varie au cours du temps. Par application du principe de superposition, la température du fluide au pas de temps n est :

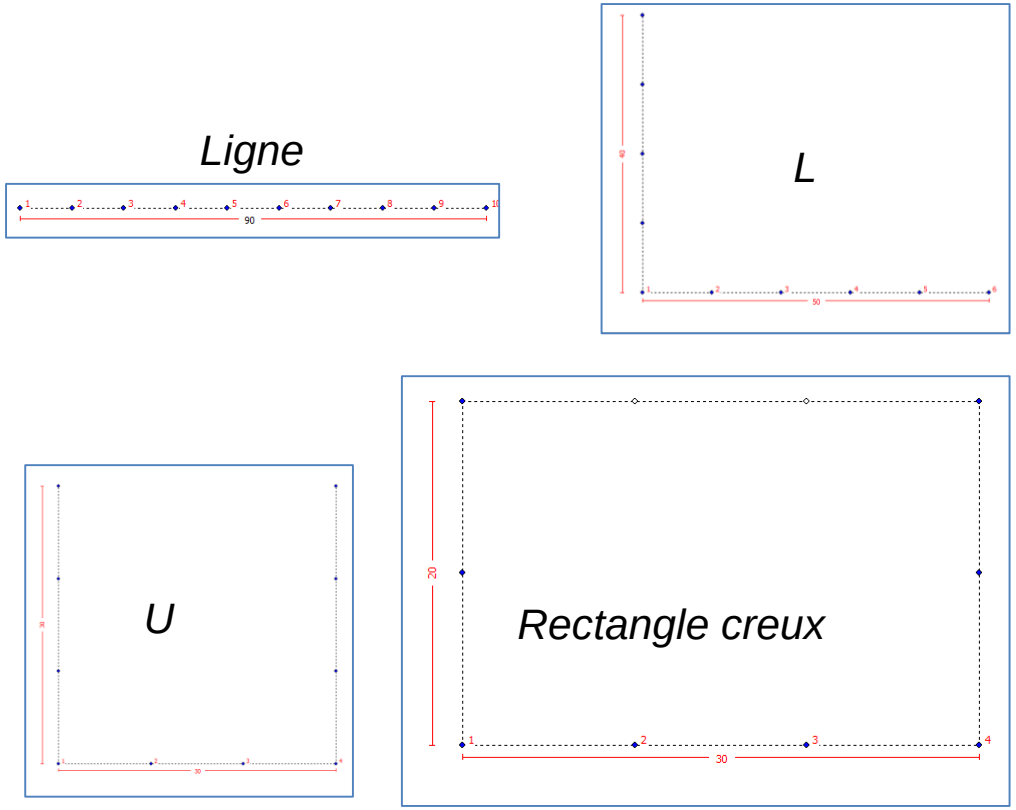
$$T_{fl}{}^n = T_0 + \frac{1}{\lambda_m}\left(p^1 G^n + \sum_{l=1}^{n-1} \left(p^{l+1} - p^l\right) G^{n-l} \right)$$

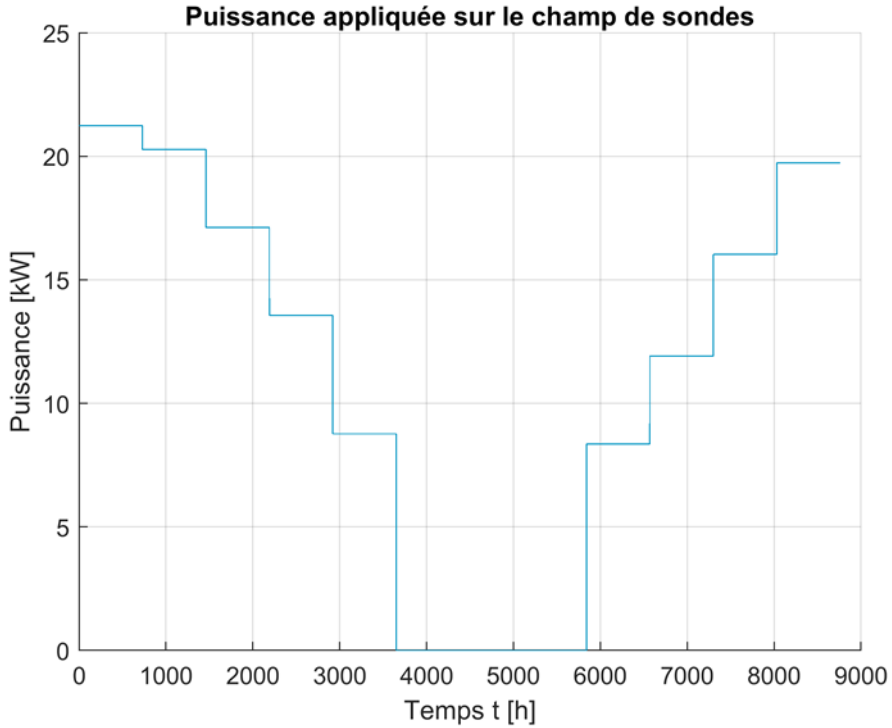
  - La température à un instant *t* dépend donc de la chronique de puissance échangée depuis le début de l'exploitation.

Avec $t = n\,\Delta t$, où Δt est le pas de temps

VÉRIFICATION DE L'OUTIL : VS EED

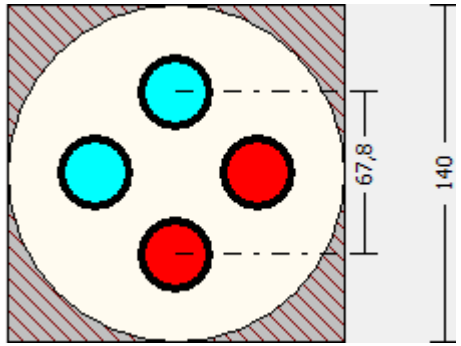
- Vérification du calcul de l'évolution de la température de liquide caloporteur sur 25 ans
  - Sollicitation à puissances constantes mensuelles
  - 8 configurations : 4 implantations & 2 espacements (5 ou 10 m)





VÉRIFICATION DE L'OUTIL : VS EED

- Hypothèses :
  - Sous-sol :
    - Conductivité thermique = 3,5 $W.K^{-1}.m^{-1}$
    - Capacité calorifique = 2,16 $MJ.K^{-1}.m^{3}$
    - Température de surface = 8 °C
    - Flux géothermique = 60 mW/²
  - Sondes géothermiques :
    - Profondeur H = 100 m
    - Conductivité thermique du coulis = 2 $W.K^{-1}.m^{-1}$
    - Conductivité thermique des tubes = 0,42 $W.K^{-1}.m^{-1}$

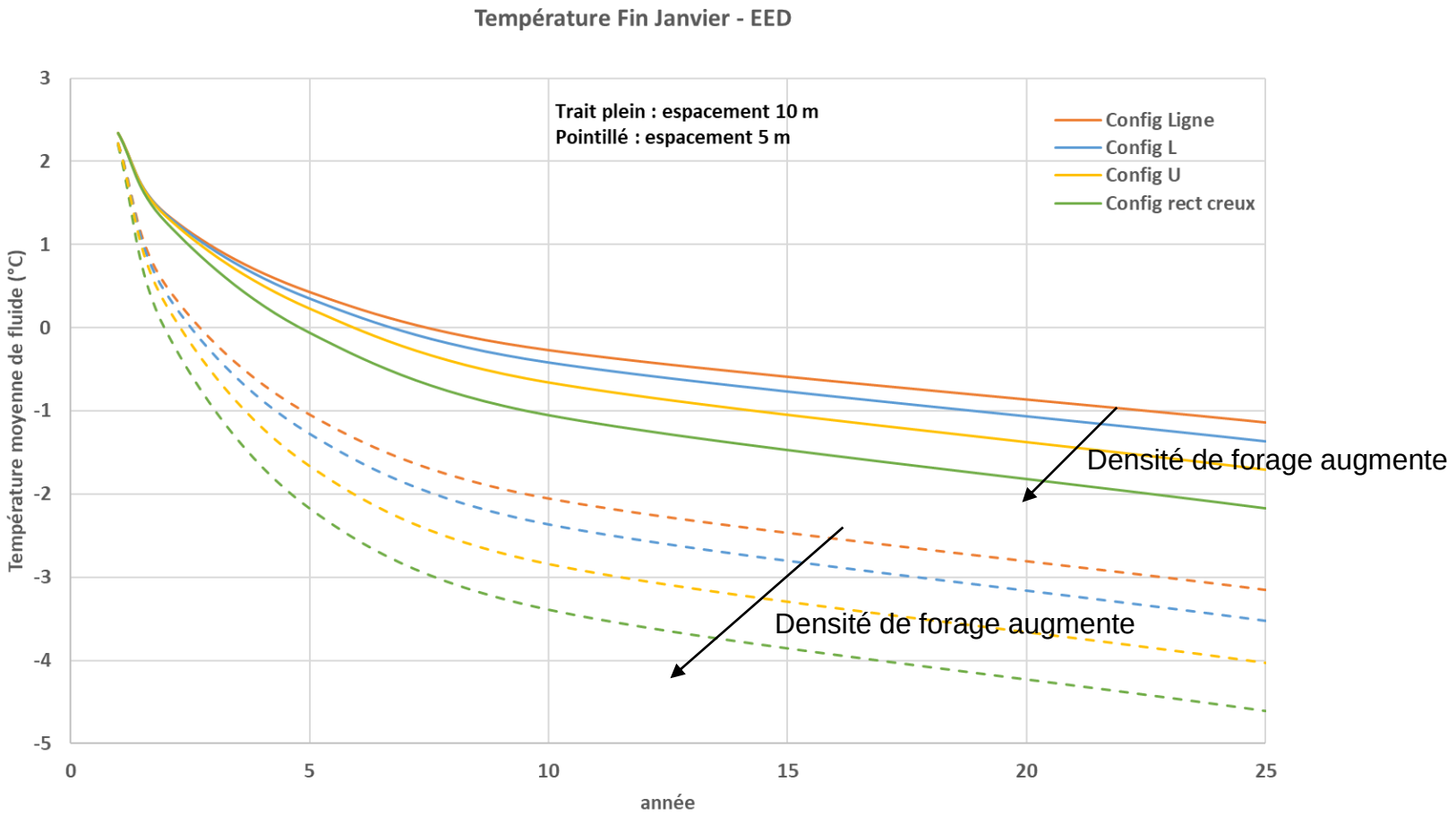


  - Fluide caloporteur : Eau & mono-éthylène glycol
    - Conductivité thermique = 0,48 $W.K^{-1}.m^{-1}$
    - Capacité calorifique = 3795 $kJ.K^{-1}.kg^{-3}$
    - Masse volumique = 1052 $kg.m^{-3}$
    - Viscosité = 0,0052 kg/(m·s)
    - Point de congélation = -14 °C
    - Débit par forage = 0,15 $l.s^{-1}$

→ Résistance du forage = 0,1345 K.m/W

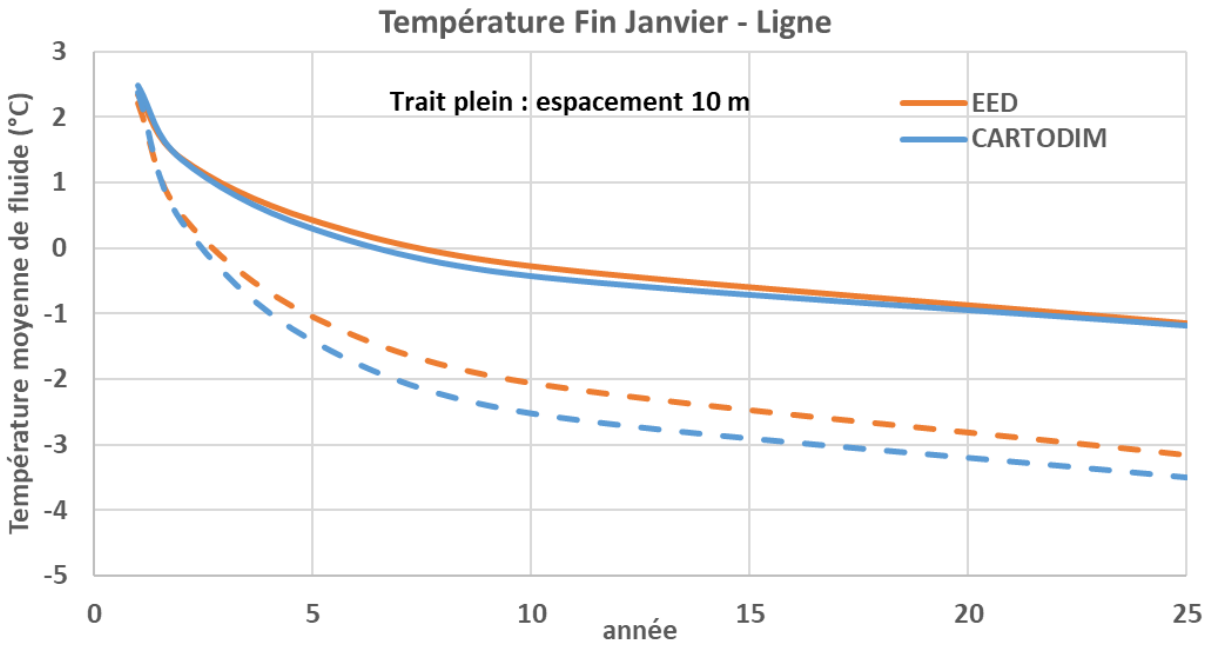
VÉRIFICATION DE L'OUTIL : VS EED

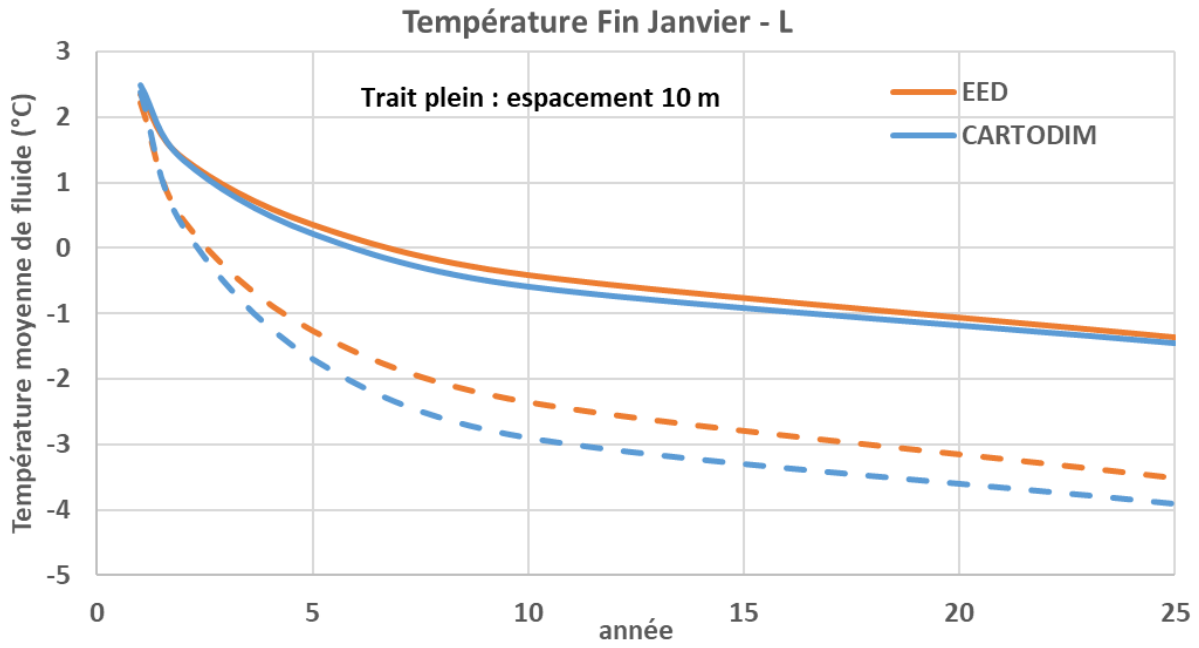
- Résultats de EED :



VÉRIFICATION DE L'OUTIL : VS EED

- Résultats du benchmark :





FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL : MODÉLISATION DES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

- Utilisation de solutions analytiques :
  - Pour un échangeur en boucle fermée, la température du fluide dans le forage est de la forme :

$$T_{fl}(t) = T_0 + \frac{p}{\lambda_m} G(t)$$

- T_0 : température initiale du terrain (°C)
- p : puissance linéaire échangée par mètre de forage (W/m)
- λ_m : conductivité thermique du terrain (W/K/m)

  - La fonction *G* traduit l'évolution de la température moyenne du fluide suite à un échelon de puissance. Pour un champ de sondes, la fonction G est :

$$G(t^*) = \underbrace{\lambda_m R_f}_{\substack{transfert \\ dans\ un\ forage}} + \underbrace{G_0(t^*)}_{\substack{transfert\ à \\ proximité \\ d'un\ forage}} + \underbrace{\frac{1}{N}\sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{N}\sum_{j=1}^{N} G_{i\to j}(t^*)}_{interactions\ entre\ les\ N\ forages}$$

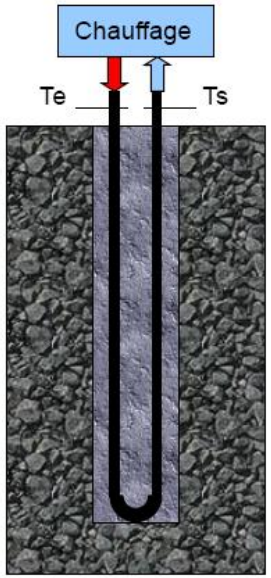
- La fonction *G* est propre à chaque champ de sondes
- Remarque : Fonction *G* utilisée ici est la « Ligne Source Finie ». Convient uniquement aux sondes et pas aux pieux et corbeilles (car diamètre >> diamètre d'une sonde)

FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL : MODÉLISATION DES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

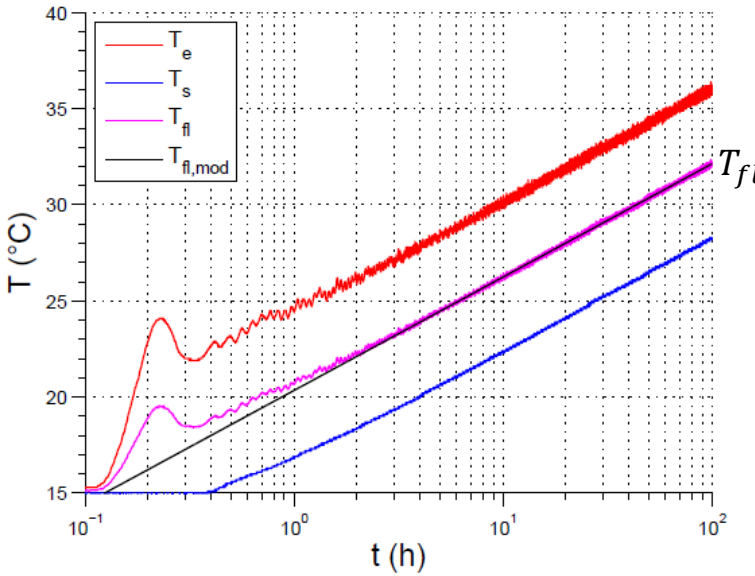
- Estimation de T_0, λ_m et R_f possible par un Test de Réponse Thermique (TRT) :
  - Déroulement du test en deux phases :
    - Circulation à débit constant → Fluide à la température moyenne T_0 du terrain
    - Circulation à débit et puissance P constants → Mesure de l'évolution de T_e et T_s → Ajustement de λ_m et R_f via une fonction G adéquate

$$T_{fl}(t) \approx T_0 + p\left[R_f + \frac{1}{4\pi\lambda_m}\left(\ln\left(\frac{4\lambda_m}{(\rho C_p)_m r_f{}^2}t\right) - 0.5773\right)\right] = A\ln(t) + B$$

$(\rho C_p)_m$: capacité calorifique du terrain [MJ.K^{-1}.m^{-3}]
r_f : rayon du forage



Le mini-module de TRT développé par l'EPFL

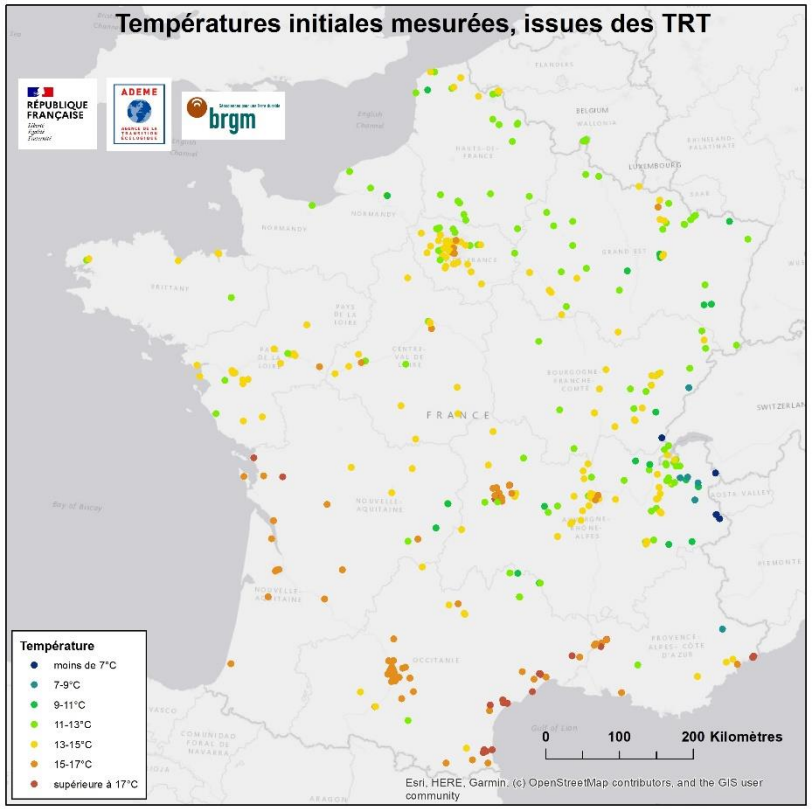


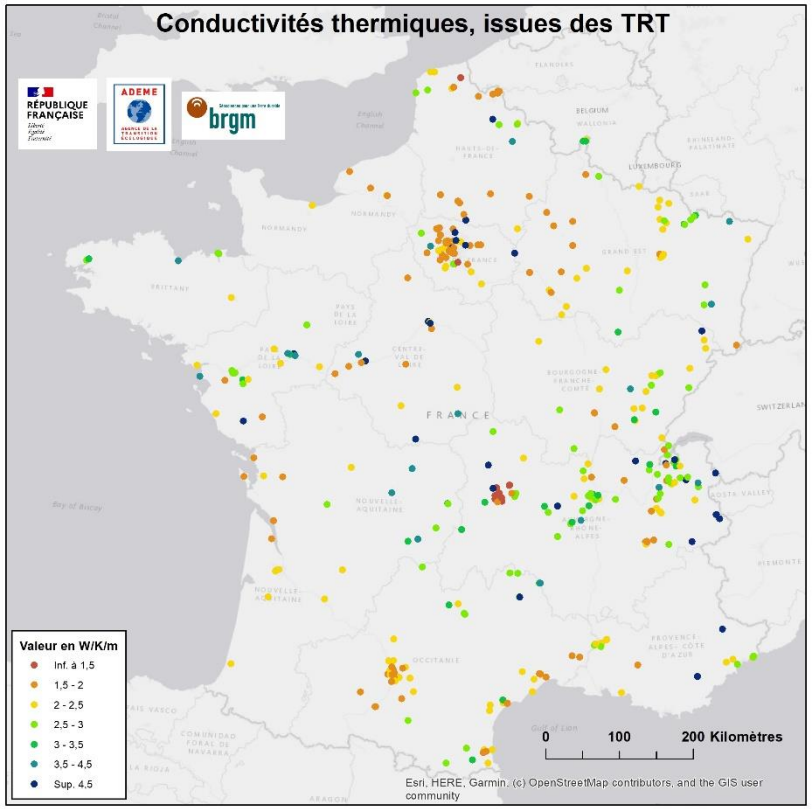
$$T_{fl,mod}(t) = A\ln(t) + B$$

Evolution de la température

FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL : MODÉLISATION DES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

- Température initiale du terrain T_0 :

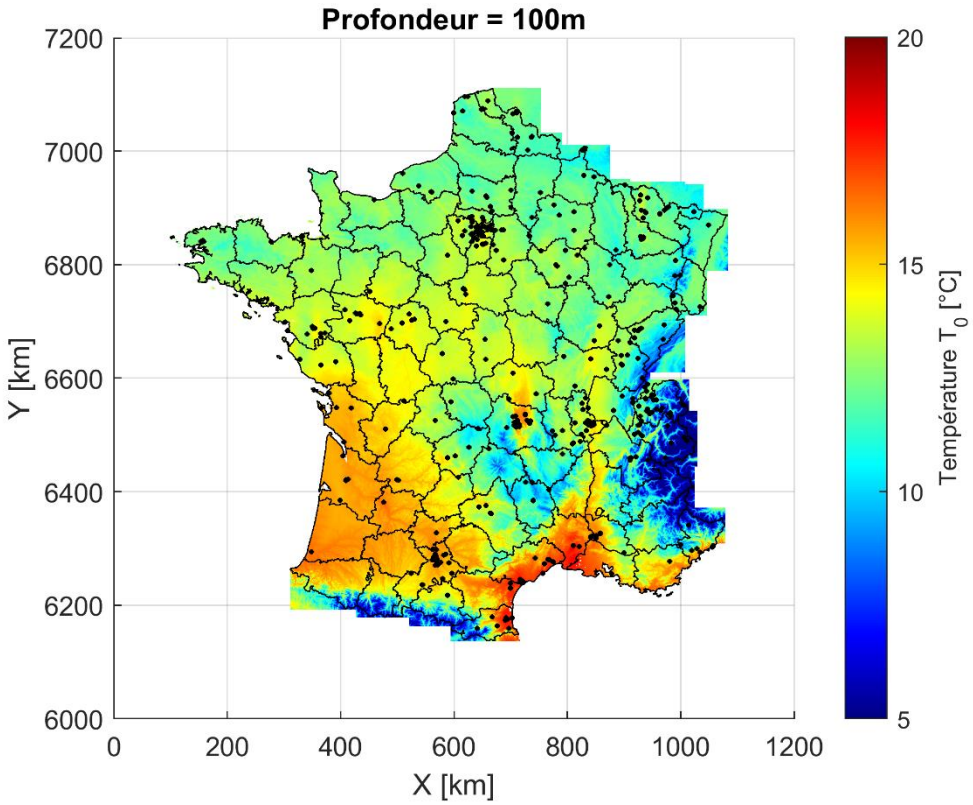




Température initiale du terrain T_0 (gauche) et conductivité thermique mesurée λ sur 500 TRT (droite). www.geothermies.fr

FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL : MODÉLISATION DES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

- Température initiale du terrain T_0 :
  - Construction (par « krigeage ») d'une régression T_0 = fonction(latitude, longitude, altitude, profondeur) sur 420 TRT répartis sur toute la France métropolitaine
  - Erreur (écart-type) ≈ 0,7 °C
  - Ce modèle simplifié peut donc permettre d'estimer rapidement T_0 en phase de pré-projet, avant qu'un TRT ne soit réalisé.



Température moyenne estimée T_0 pour une sonde profonde de 100 m

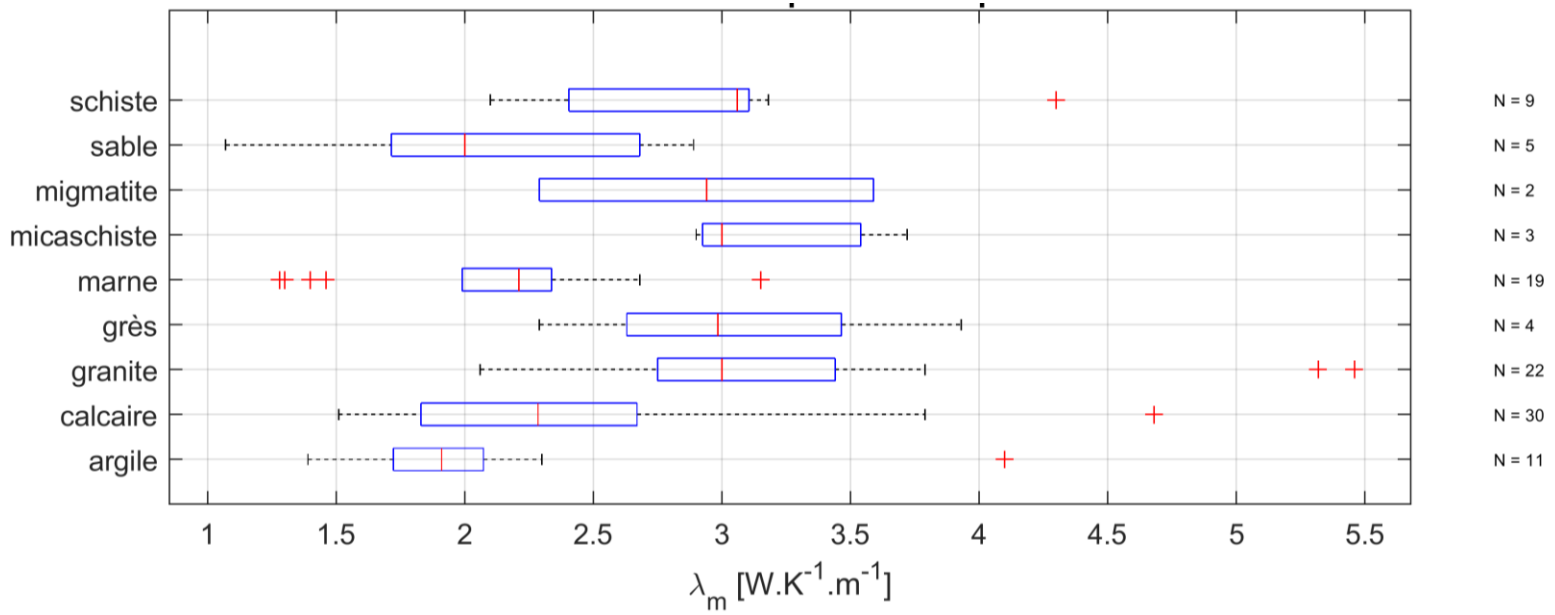
FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL : MODÉLISATION DES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

- Conductivité thermique du terrain λ :

Conductivité thermique d'après norme suisse SIA-384/6

	Type de roche	Conductivité thermique λ W/(m·K)		Capacité thermique spéc. ρ_c MJ/(m³·K)		Densité ρ 10^3 kg/m³
		Plage des valeurs	Valeur de calcul recom-mandée	Plage des valeurs	Valeur de calcul recom-mandée	
Terrains meubles	Argile sèche	0,4 – 1,0	0,6	1,5 – 1,6	1,5	1,8 – 2,0
	Argile saturée d'eau	0,9 – 2,3	1,4	2,0 – 2,8	2,3	2,0 – 2,2
	Sable sec	0,3 – 0,8	0,5	1,3 – 1,6	1,4	1,8 – 2,2
	Sable saturé d'eau	1,5 – 4,0	2,3	2,2 – 2,8	2,4	1,9 – 2,3
	Gravier/pierres, sec	0,4 – 0,5	0,4	1,3 – 1,6	1,4	1,8 – 2,2
	Gravier/pierres, saturé d'eau	1,6 – 2,0	1,7	2,2 – 2,6	2,3	1,9 – 2,3
	Moraine compacte	1,7 – 2,4	1,8	1,5 – 2,5	2,0	1,9 – 2,5
	Tourbe	0,2 – 0,7	0,4	0,5 – 3,8	1,6	0,5 – 0,8
Roches sédi-mentaires	Roche molassique suisse	voir tableau 7		1,8 – 2,6	2,1	2,4 – 2,7
	Argilite	1,1 – 3,5	1,9	2,1 – 2,4	2,2	2,4 – 2,6
	Grès		2,3	1,8 – 2,6	2,1	2,2 – 2,7
	Conglomérat/brèche	1,3 – 5,1	2,6	1,8 – 2,6	2,1	2,2 – 2,7
	Roche marneuse	1,5 – 3,5	2,1	2,2 – 2,3	2,2	2,3 – 2,6
	Roche calcaire	2,5 – 4,0	2,8	2,1 – 2,4	2,2	2,4 – 2,7
	Roche sulfatée (anhydrite, gypse)	1,3 – 2,8	1,6		2,0	
Roches de fond magma-tiques	Granite	2,1 – 4,1	2,8	2,1 – 3,0	2,4	2,4 – 3,0
	Diorite	2,0 – 2,9	2,3		2,7	2,9 – 3,0
	Gabbro	1,7 – 2,5	2,0		2,6	2,8 – 3,1
Roches de fond méta-morphes	Schistes argileux	1,5 – 2,6	1,9	2,2 – 2,5	2,3	2,4 – 2,7
	Marbre	1,3 – 3,1	1,9		2,0	2,5 – 2,8
	Quartzite	5,0 – 6,0	5,3		2,1	2,5 – 2,8
	Micaschistes	1,5 – 3,1	2,0	2,2 – 2,4	2,3	2,4 – 2,7
	Gneiss	1,9 – 4,0	2,6	1,8 – 2,4	2,0	2,4 – 2,7
	Amphibolite	2,1 – 3,6	2,6	2,0 – 2,3	2,1	2,6 – 2,9

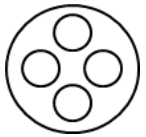
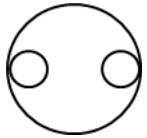
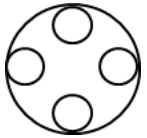
Conductivité mesurée sur 105 forages dont plus de 80% de la hauteur traverse une seule lithologie (rapport BRGM/RP70833-FR)



NB : La boîte bleue s'étend du premier au dernier quartile, et couvre donc 50 % des valeurs ; la barre rouge centrale représente la valeur médiane ; les croix rouges représentent les points s'écartant considérablement de la médiane ; les barres noires pointillés s'étendent du minimum au maximum de l'échantillon à l'exclusion de ces points

FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL : MODÉLISATION DES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

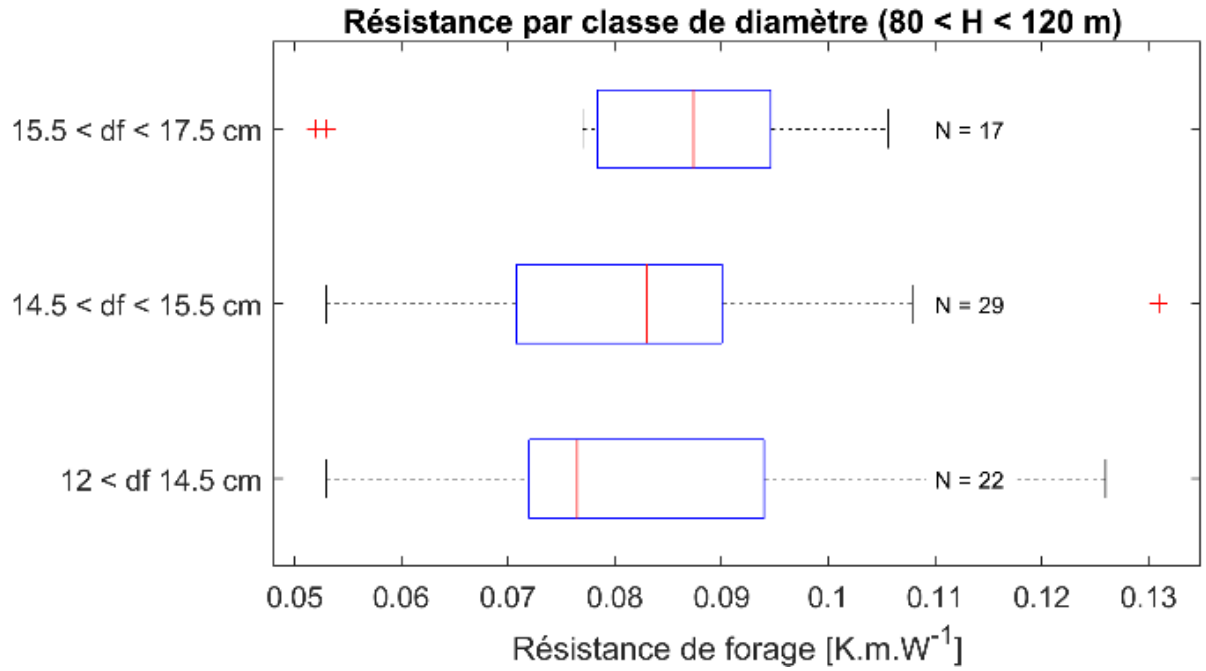
- Résistance du forage R_f = somme de 3 termes:
  - Convection forcée dans le tube : Négligeable si le régime d'écoulement est turbulent
  - Conduction à travers le tube en PE
  - Conduction à travers le coulis

Arrangement des tuyaux dans le forage				
Distance centre à centre des tuyaux [*cm*]	8.3	8.3	11.7	11.7
Matériau de remplissage	*Résistance thermique de forage R_f [m.K/W]*			
Coulis de bentonite standard (λ_c = 0,6 K.m^{-1}.W^{-1})	0.199	0.132	0.146	0.071
Coulis amélioré (λ_c = 1,8 K.m^{-1}.W^{-1})	0.098	0.061	0.088	0.042

D'après M. Philippe, M. Bernier, D. Marchio, O. Cauret, *Dimensionnement de sondes géothermiques verticales pour des applications de chauffage / rafraîchissement par pompes à chaleur.* n° 874 de mai/juin 2012 de la revue CVC.

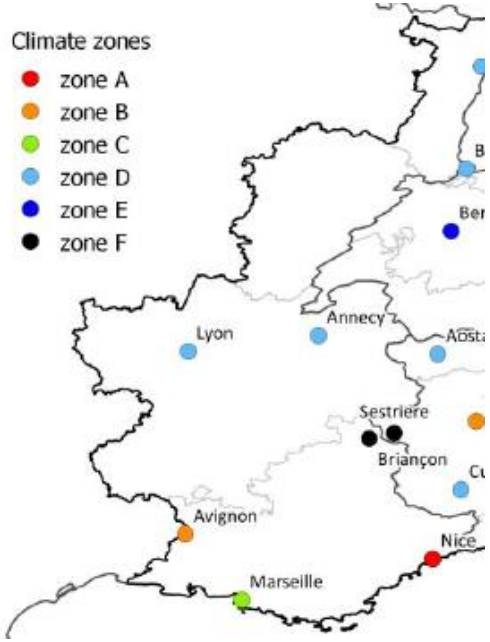
FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL : MODÉLISATION DES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

- Retour d'expérience sur la résistance thermique R_f (rapport BRGM/RP70833-FR) :
  - R_f mesurées lors de Tests de Réponse Thermique
  - Typiquement : $R_f \approx 0{,}07$ à $0{,}09$ K.m/W avec de l'eau claire (et régime turbulent)
  - Mais eau glycolée pendant le fonctionnement (régime laminaire)
    → $R_f \approx 0{,}10$ à $0{,}12$ K.m/W pour la même sonde

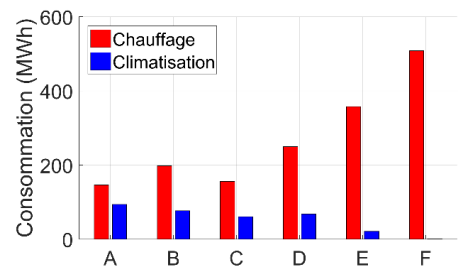


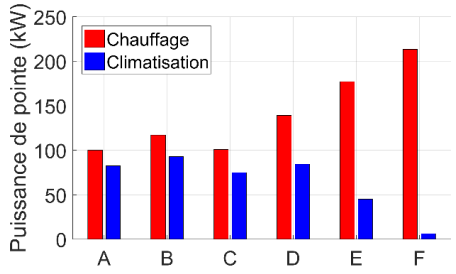
DONNÉES D'ENTRÉE : CARACTÉRISTIQUES DU BÂTIMENT

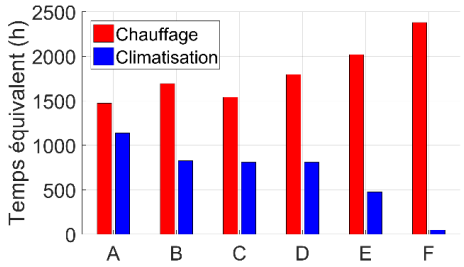
- Option A : L'utilisateur fournit au pas de temps horaire : chauffage, climatisation
- Option B : L'utilisateur sélectionne un climat-type (parmi 6) et un type de bâtiment (parmi 6)
  - Données produite dans le cadre du projet Européen Espace Alpin GRETA (2016-2018) par Polytechnique Turin

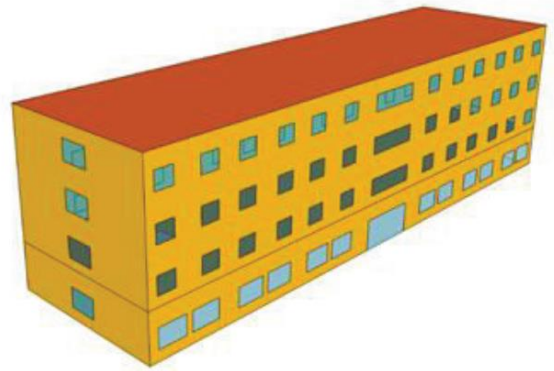


Exemple de l'hôtel bien isolé









DONNÉES D'ENTRÉE : CARACTÉRISTIQUES DU BÂTIMENT

- … Option B : Possibilité de « mettre à l'échelle » les courbe-types pour les appliquer à vos projets

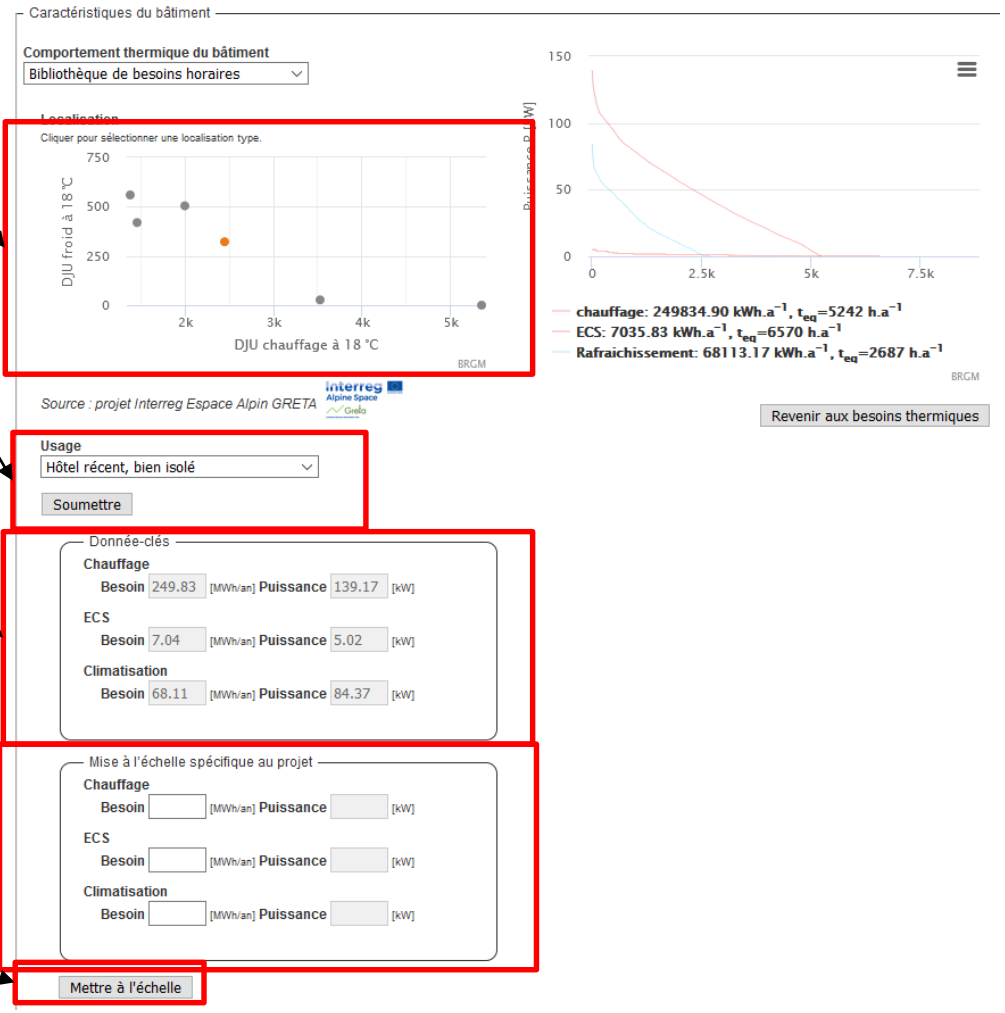
Choix de la zone climatique

Choix du type de bâtiment

Caractéristiques énergétiques du bâtiment modélisé par Polytechnique Turin

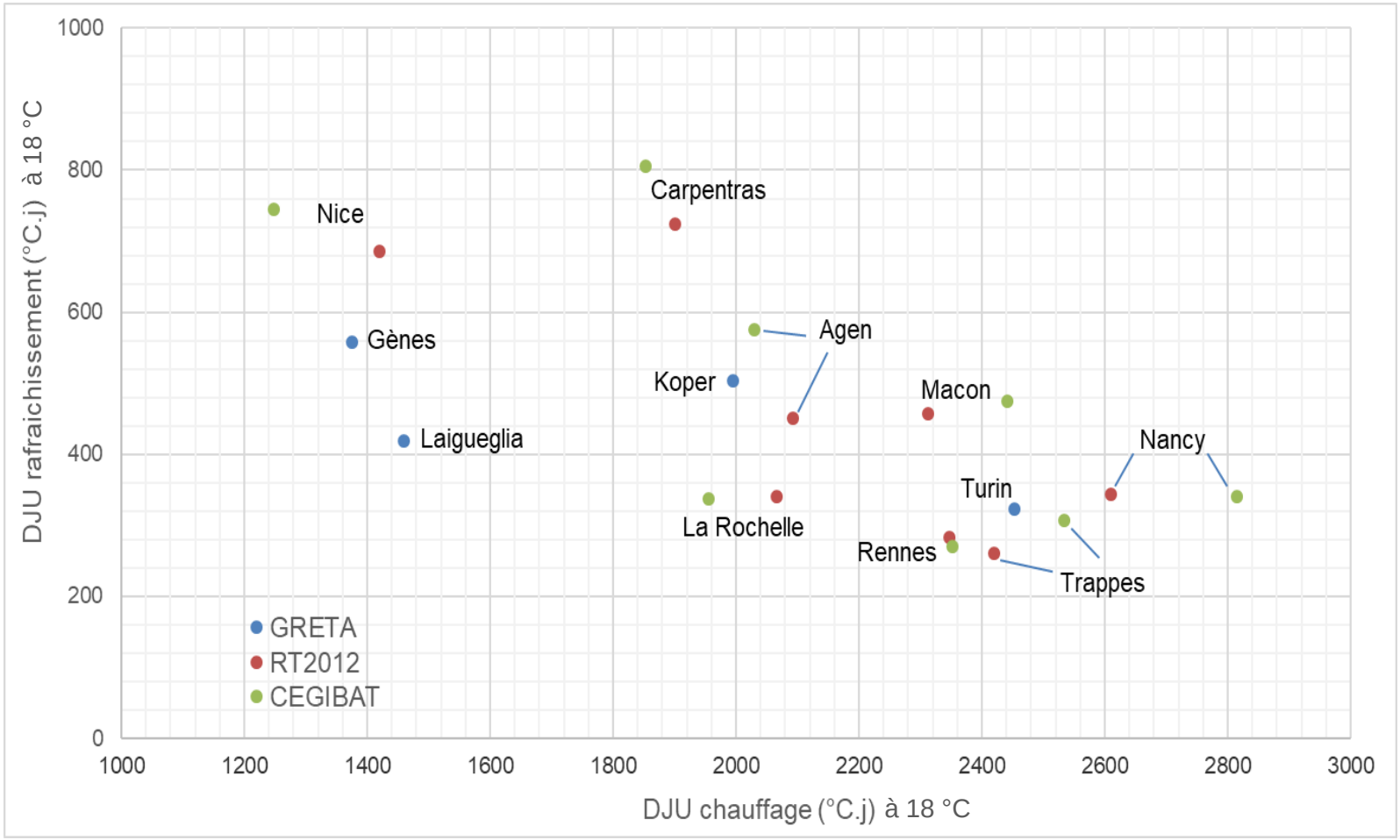
Caractéristiques du projet soumis par l'utilisateur

Cliquez ici pour mettre à jour le projet et la courbe monotone !

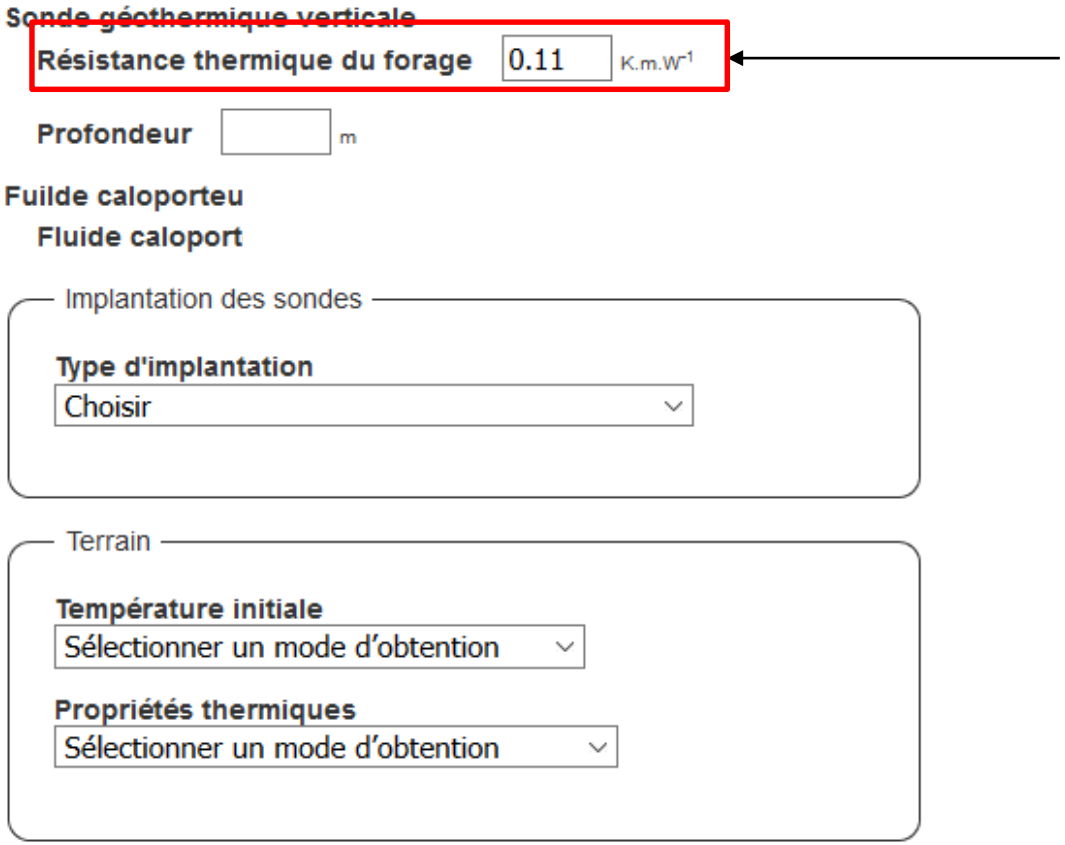


DONNÉES D'ENTRÉE : CARACTÉRISTIQUES DU BÂTIMENT

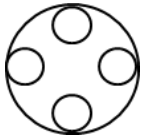
- … Option B : Possibilité de « mettre à l'échelle » les courbe-types pour les appliquer à vos projets



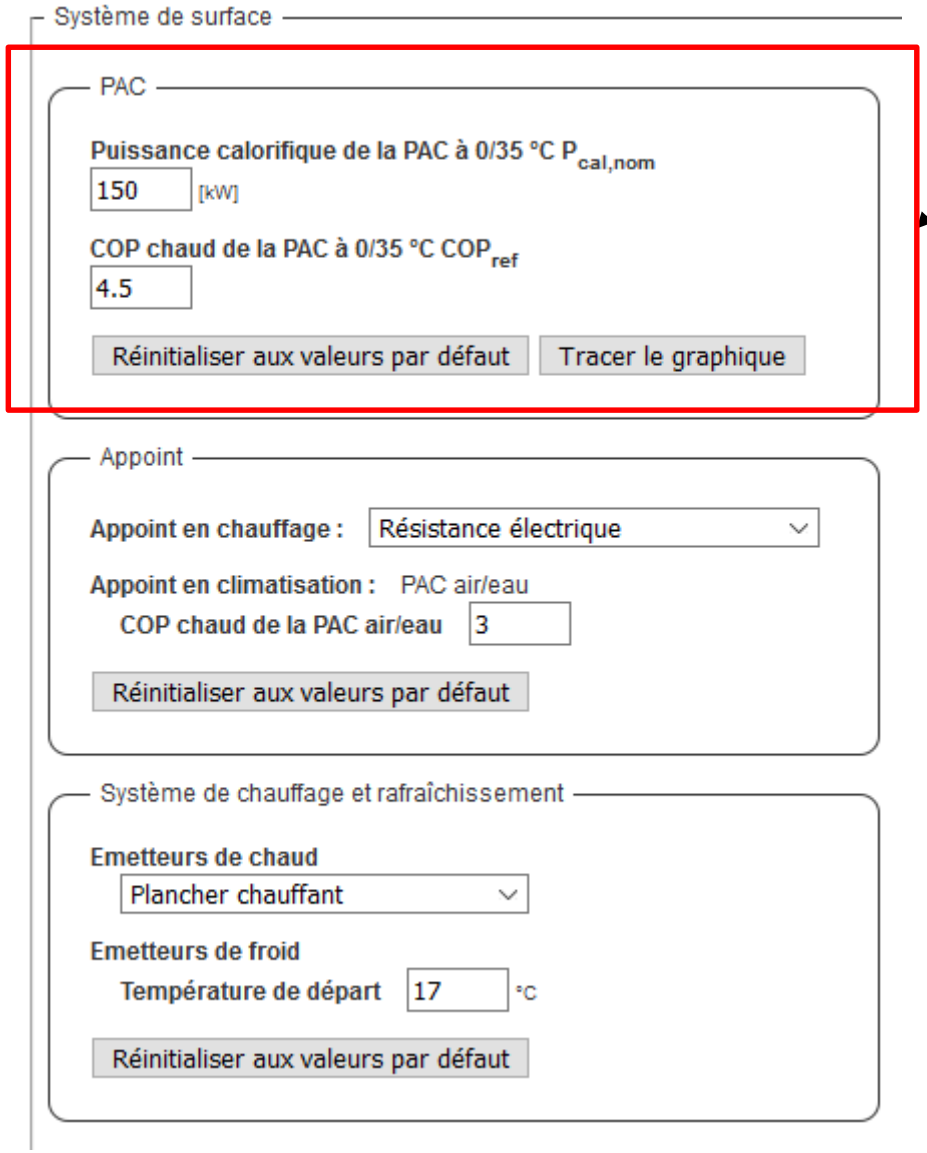
DONNÉES D'ENTRÉE : LE CHAMP DE SONDES



Exemple de valeurs de résistance thermique du forage R_f (valeurs calculées pour un régime d'écoulement turbulent) :

Arrangement des tuyaux dans le forage				
Distance centre à centre des tuyaux [*cm*]	8.3	8.3	11.7	11.7
Matériau de remplissage	*Résistance thermique de forage R_f [m.K/W]*			
Coulis de bentonite standard (λ_c = 0,6 K.m^{-1}.W^{-1})	0.199	0.132	0.146	0.071
Coulis amélioré (λ_c = 1,8 K.m^{-1}.W^{-1})	0.098	0.061	0.088	0.042

DONNÉES D'ENTRÉE : SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE

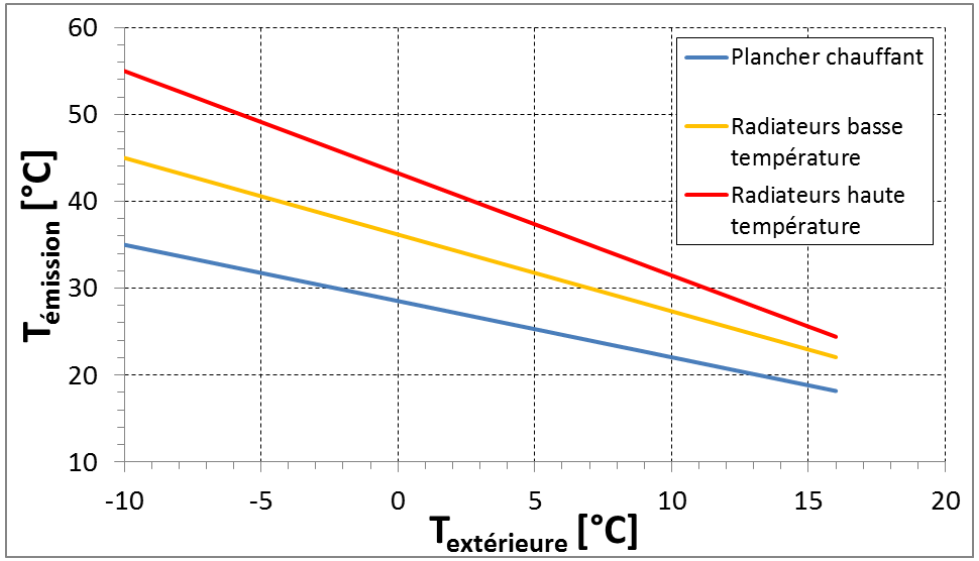


L'utilisateur indique la puissance calorifique et le COP de la PAC pour des températures d'évaporation et condensation de 0°C et 35 °C respectivement.

```
nom: G-NEO 18H


# température émission minimum
# °C
T_emission_minimum: 22

# débit nominal échangeur géothermique
# m3/heure
debit_nominal: 1.15

# puissance réduite
# W
# Consommation PAC+auxiliaires lors des phases de veille
puissance_reduit: 12


## TABLES ##

# température entrée évaporation
# °C
T_in_evap: [0, 5, 10, 15]

# température sortie condensation
# °C
T_out_condens: [25, 35, 45, 55]


# puissance calorifique
# W
Pc_unit: 1000  # kW -> W
Pc: [
  [5.47, 6.29, 7.22, 7.84],
  [5.20, 5.98, 6.86, 7.28],
  [4.95, 5.69, 6.53, 6.93],
  [4.83, 5.55, 6.37, 6.76],
]

# puissance absorbée compresseur
# W
Pa_unit: 1000  # kW -> W
Pa: [
  [1.12, 1.12, 1.12, 1.12],
  [1.30, 1.30, 1.30, 1.30],
  [1.59, 1.59, 1.59, 1.59],
  [1.89, 1.89, 1.89, 1.89],
]
```

DONNÉES D'ENTRÉE : SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE

- Modélisation des émetteurs (mode chauffage) :
  - Plancher chauffant
  - Radiateurs basse température
  - Radiateurs haute température
  - → Trois lois d'eau associées pour le chauffage



- Modélisation des émetteurs (mode climatisation) :
  - Température d'émission (= température de sortie d'évaporateur) fixée par l'utilisateur
  - Hypothèse de fonctionnement : écart de température entrée/sortie de l'évaporateur = 5 °C
  - Remarque : actuellement le géo-cooling n'est pas pris en compte dans le moteur, uniquement le froid actif.

FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DE CALCUL

- A chaque pas de temps sont calculés :
  - La température à la paroi du forage,
  - La température du liquide caloporteur,
  - La puissance calorifique ou frigorifique que peut fournir la PAC,
  - Si la PAC ne peut pas couvrir l'intégralité du besoin, l'appoint fournit le complément. Les puissances en chaud et froid retournée dans les résultats correspondent au maxima des puissances d'appoint.

EVOLUTIONS PRÉVUES DE L'OUTIL

- Fluide caloporteur à 30% MPG → Choix du fluide caloporteur
- Moteur de calcul de la résistance du forage
- Thermofrigompompe
- Module d'optimisation (automatisation de l'exploration des configurations)

- NB : cf. rapports BRGM/RP-69797-FR (http://ficheinfoterre.brgm.fr/document/RP-69797-FR) et surtout BRGM/RP-70833-FR pour une description détaillée de l'outil (http://ficheinfoterre.brgm.fr/document/RP-70833-FR)

ETUDE DE CAS

- Dimensionnement d'un champ de sondes en appliquant le seuil réglementaire fixé par la géothermie de minime importance :

  Température d'entrée d'échangeur géothermique doit être comprise entre ***-3°C*** *(chauffage) et* ***+40 °C*** *(climatisation)*

- Données (fixées) :
  - Bâtiment avec des besoins de froid et de chaud : Climat type « Turin », « Hôtel récent bien isolé »
  - Système énergétique :
    - COP chaud de la PAC à 0/35 °C COP_{ref} = 4,5
    - Appoint : chaud → résistance électrique ; Appoint en climatisation = PAC air/eau avec COP = 3
    - Système de chauffage et rafraîchissement : Emetteurs de chaud : Planchers chauffants ; Emetteurs de froid avec température de départ = 7 °C
  - Sondes et Champ de sondes :
    - R_f = 0,11 K.m/W
    - Parcelle disponible pour l'implantation : rectangle de 100 x 50 m
  - Terrain :
    - Température initiale du terrain = 15 °C
    - Conductivité thermique = 2 W/K/m
- Questions :
  - Calculer la longueur forée à installer pour couvrir 100 % du besoin.
  - Influence de :
    - Conductivité thermique du terrain : 2,0 à 3,5 $W.K^{-1}.m^{-1}$
    - Température initiale du terrain : 13 à 17 °C
    - Taux de couverture : 50% à 100%

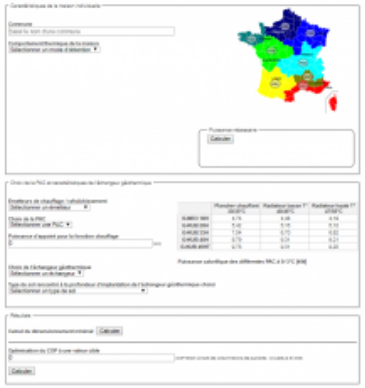
ACCÈS À L'OUTIL

Rendez-vous sur le site http://plateforme-geothermie.brgm.fr/ puis en bas de page

ACCÈS À L'OUTIL

Plateforme digitale de dimensionnement

Dans le cadre du projet FUI MICRO-GEO, le BRGM a lancé une plateforme digitale d'aide aux professionnels. Cet outil de dimensionnement d'échangeurs géothermiques pour la maison individuelle permet de proposer une solution optimale en réponse aux contraintes liées à l'habitation (niveau d'isolation, surface à chauffer, hauteur sous plafond…) et au terrain (accessibilité, type de sol, surface disponible…).



Le BRGM vous accompagne dans la prise en main de cet outil et vous propose des formations tout au long de l'année en France métropolitaine. Les paramètres de calculs et choix de configuration sont expliqués lors de ces rencontres. Les participants reçoivent leurs identifiants et codes d'accès à l'outil en amont des sessions.

Prochaine session :

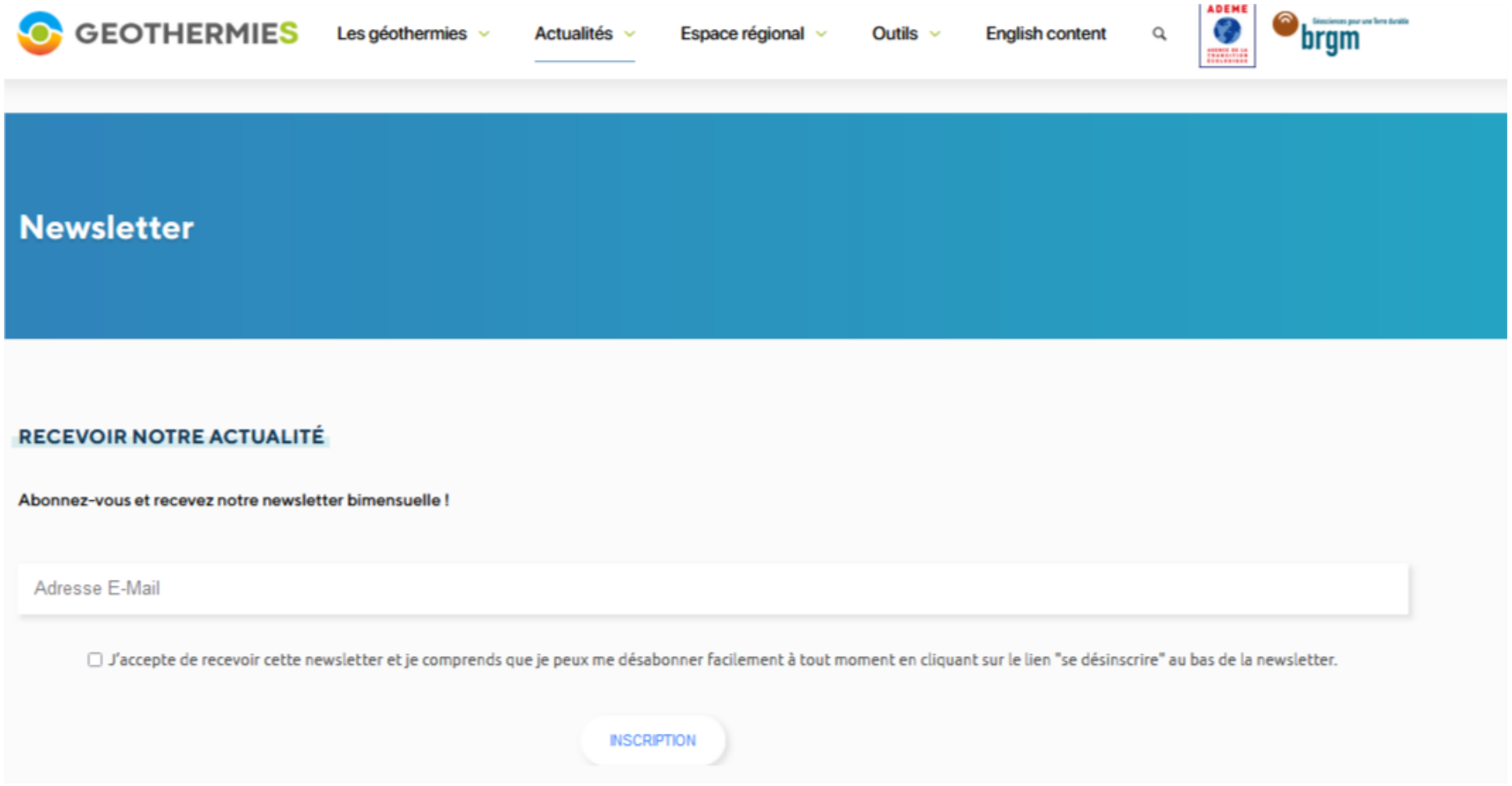
- Mardi 25 septembre 2018, de 14 à 17h, à Aubière

Pour toute demande de renseignement complémentaire, contactez-nous à : plateforme-geothermie@brgm.fr

Cliquer ici pour accéder à l'outil de dimensionnement

Rendez-vous sur l'onglet « Outils »

ACCÈS AU MODULE « CHAMP DE SONDES »


GEOTHERMIES
Les géothermies
Actualités
Espace régional
Outils
English content
ADEME
brgm
Newsletter
RECEVOIR NOTRE ACTUALITÉ
Abonnez-vous et recevez notre newsletter bimensuelle !
Adresse E-Mail
J'accepte de recevoir cette newsletter et je comprends que je peux me désabonner facilement à tout moment en cliquant sur le lien "se désinscrire" au bas de la newsletter.
INSCRIPTION

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Charles MARAGNA (c.maragna@brgm.fr)

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Géosciences pour une Terre durable
brgm