



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Projet ADEME-BRGM CARTODIM 2023-2024 : Collecte et bancarisation de tests de réponse thermique, développement d'une plateforme de dimensionnement d'échangeurs géothermiques

Rapport final

BRGM/RP-73453-FR

Version 0 du 7 mai 2024

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM

C. Maragna, V. Baudouin, T. Guillon, V. H. Tran, J. Goncalves

Ce rapport a été vérifié le 11/04/2024 et approuvé le 15/04/2024 selon la procédure interne en vigueur au sein du BRGM, qui garantit le respect de ses engagements contractuels, de l'intégrité et de l'impartialité du contenu scientifique et technique du présent rapport, de l'éthique et de la déontologie du BRGM, ainsi que des dispositions réglementaires et législatives auquel il est soumis pour l'exercice de son activité.

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq> ou par ce code :



Mots clés : Test de réponse thermique, TRT, Géothermie de surface, Champs de sondes.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

C. Maragna, V. Baudouin, T. Guillon, V. H. Tran, J. Goncalves 2024. Projet ADEME-BRGM CARTODIM 2023-2024 : Collecte et bancarisation de tests de réponse thermique, développement d'une plateforme de dimensionnement d'échangeurs géothermiques. Rapport final V0. BRGM/RP-73453-FR, 25 p., 12 fig., 1 tab.

© BRGM, 2024, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-08/04/2024

Synthèse

Le projet CARTODIM, cofinancé par le BRGM et l'ADEME dans le cadre de la convention 2301D0019, vise à poursuivre la collecte, la bancarisation, l'analyse et la diffusion des rapports de tests de réponse thermique (TRT), ainsi que le développement de la plateforme de dimensionnement d'échangeurs géothermiques en boucle fermée à destination des professionnels (<https://plateforme-geothermie.brgm.fr/fr>).

Au 15 mars 2024, 286 rapports de TRT supplémentaires ont été bancarisés, portant à 798 le nombre de résultats de TRT diffusés en ligne sur www.geothermies.fr. L'interface de la plateforme de dimensionnement de champs de sondes a été améliorée pour intégrer un module de calcul de résistance thermique du forage. Ce module devrait être poussé en production d'ici mai 2024. 182 professionnels répartis à travers toute la France, majoritairement des bureaux d'études en énergie, fluide, chauffage, ventilation et climatisation ont été formés à cet outil lors de 21 sessions de formation.

Sommaire

1. Collecte, analyse et bancarisation des rapports de tests de réponse thermique.....	7
1.1. COLLECTE AUPRÈS DES PRODUCTEURS	7
1.2. ANALYSE DE LA TEMPÉRATURE INITIALE DU TERRAIN TRAVERSÉ	17
2. Maintenance et amélioration de l'outil	21
2.1. CALCUL DE LA RÉSISTANCE THERMIQUE DU FORAGE	21
2.2. AUTRES AMÉLIORATIONS	22
3. Formation à l'outil	23
4. Conclusion.....	25

Liste des figures

Figure 1 : Bilan des collectes par année de réalisation des TRT	9
Figure 2 : Bilan de la bancarisation des TRT diffusés par phase de projet.	10
Figure 3 : Typologie du projet appliqué à l'ensemble des opérations avec TRT inventoriés, selon la classification ADEME (code « LISA »).....	11
Figure 4 : Identification des TRT associés aux dossiers Fonds Chaleur portés par l'ADEME. ..	12
Figure 5 : Principaux résultats issus des TRT : température initiale du terrain (intégrée sur toute la hauteur de sonde verticale).....	13
Figure 6 : Principaux résultats issus des TRT : conductivité thermique du terrain.....	14
Figure 7 : Longueur des sondes équipant le forage.....	15
Figure 8 : Longueur cumulée par type de roche, suivant les niveaux n° 2, n° 3 et n° 4 du lexique Dialog.....	16
Figure 9 : Distribution de l'écart entre données de température initiale T_0 et prédiction.	18
Figure 10 : Cartes de température initiale T_0 pour une sonde profonde de 50, 100 ou 200 m obtenues par le processus gaussien (colonne de gauche) et intervalle de confiance à 95 % associé (colonne de droite).....	19
Figure 11 : Interface de saisie de la résistance thermique.....	21
Figure 12 : Régions d'intervention des stagiaires (pour un échantillon de 104 stagiaires). Chaque stagiaire pouvait choisir plusieurs régions.....	23

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résumé des sessions de formation dispensées.	24
---	----

1. Collecte, analyse et bancarisation des rapports de tests de réponse thermique

1.1. COLLECTE AUPRÈS DES PRODUCTEURS

Au début de cet exercice (avril 2023), 512 résultats de TRT étaient diffusés en ligne via le portail www.geothermies.fr suite aux précédentes collectes (Maragna *et al.*, 2022, 2021, 2020, 2019). Le nombre de rapports bancarisés était légèrement supérieur, mais 7 résultats de tests jugés peu fiables n'étaient pas diffusés.

Pour la réactualisation de cette collecte, un nouveau courrier a été communiqué par mail le 5 décembre 2023 aux bureaux d'études thermiques (BET) identifiés comme prestataires de tests de réponses thermiques (TRT). Aussi, pour faciliter le travail de complétude de la collecte, un fichier individualisé et actualisé récapitulant leurs rapports déjà réceptionnés est transmis. Au total, 12 BET ont été sollicités.

Le réseau des délégations régionales de l'ADEME a également été sollicité, pour transmettre les TRT réalisés et à leur disposition dans le cadre des études de dossiers Fonds Chaleur.

L'effort de collecte s'est principalement basé sur les données de déclaration TéléGMI en utilisant la plateforme d'accès réservé Metabase, service interne au BRGM et le Téléservice de la géothermie de minime importance. Elle a permis d'identifier à ce jour 551 déclarations GMI avec mention ou potentiel de réalisation d'un TRT, à noter :

- 70 nouveaux TRT avec les rapports déposés et/ou retrouvés dans le dossier GMI ;
- 122 TRT déjà collectés ;
- 237 nouveaux TRT avec les rapports absents du dossier GMI, mais collectés suite aux demandes ciblées auprès des entreprises de forage (déclarants) ;
- 53 nouveaux TRT absents du dossier GMI, toujours non réceptionnés après demandes ciblées ;
- 7 nouveaux TRT absents du dossier GMI, avec demande auprès du déclarant à effectuer ;
- 15 projets sans TRT réalisés ;
- 47 projets en cours, en attente de finalisation du dossier GMI.

Cette recherche et veille fondée sur la procédure de déclaration de la GMI permet d'identifier efficacement les projets avec la réalisation d'un TRT.

Près de 250 mails ciblés ont été envoyés aux pétitionnaires, entreprises de forages, maîtres d'œuvres, exploitants afin de leur demander à ce que soit communiqué le TRT (dépôt dans le dossier téléGMI et transfert du document par réponse mail).

Les mails de sollicitation auprès des pétitionnaires de déclarations GMI s'appuient désormais sur l'article 4, alinéa II de l'arrêté du 20 décembre 2022 relatif au téléservice dédié à l'accomplissement des procédures relatives à la géothermie de minime importance.

Il précise :

Le BRGM accède à tout ou partie des données mentionnées à l'article 2, en raison de leurs attributions et pour les besoins exclusifs des missions qui leur sont confiées, le personnel chargé de recueillir, de valider, d'archiver et de mettre à la disposition des usagers les informations relatives aux forages géothermiques et celui chargé d'exécuter toutes recherches de nature à faire progresser la géothermie en application de l'article 1er du décret du 23 octobre 1959.

En d'autres termes, le personnel du BRGM dispose d'un cadre bien établi dans sa mission de capitalisation des données d'ordre géologique en lien avec les travaux de reconnaissance et d'exploitation de gîtes de minime importance. Il peut s'appuyer sur les données nominatives et de contacts pour cibler ses demandes.

Au 15 mars 2023, 286 rapports supplémentaires ont été bancarisés, portant à 798 le nombre de rapports de TRT collectés.

La Figure 1 comptabilise le nombre de TRT recueillis par année de réalisation, et par phase de projet Cartodim.

Le taux d'exhaustivité des TRT collectés par rapport à ceux identifiés est en constante augmentation année après année, et avoisine globalement 90 %.

L'augmentation de réalisation de TRT est significative depuis 2021. Le nombre annuel de réalisations avoisine désormais les 150 tout en étant sur une dynamique de croissance, marquée par l'arrivée de nouveaux acteurs pour cette activité.

Afin de perpétuer ce succès de collecte des TRT, ce travail d'identification et de sollicitation auprès des pétitionnaires doit se poursuivre, dans la mesure où les taux de dépôts « spontanés » des rapports de TRT dans les dossiers GMI restent de l'ordre de 5 à 10 %, et ce dans un contexte de sensibilisation permanente des parties impulsé par le projet Cartodim.

Les raisons de la non remise des rapports de TRT, ou plutôt de l'absence de ces documents dans les rapports de fin de forage (RFF) déversés en télé GMI sont structurelles, en lien avec une mauvaise adéquation entre les services proposés par l'outil téléGMI et la réalité plus complexe d'un projet GMI multiphasé (reconnaissance, essais, géomodélisation et dimensionnement, champ de sondes, réception) et par principe multi-acteurs. Il est à rappeler que seule l'entreprise de forage (qualifiée) est en capacité de déposer le RFF. Or dans ce type de projet elle est la première intervenante et est contrainte par le temps (délai de 2 mois après la fin des travaux) pour le dépôt du RFF. Une confusion règne également dans la définition du RFF, le téléservice ne précise pas l'ensemble des pièces devant être fournies, telles que précisées dans l'Arrêté Ministériel de Prescriptions Générales (AMPG) de la GMI.

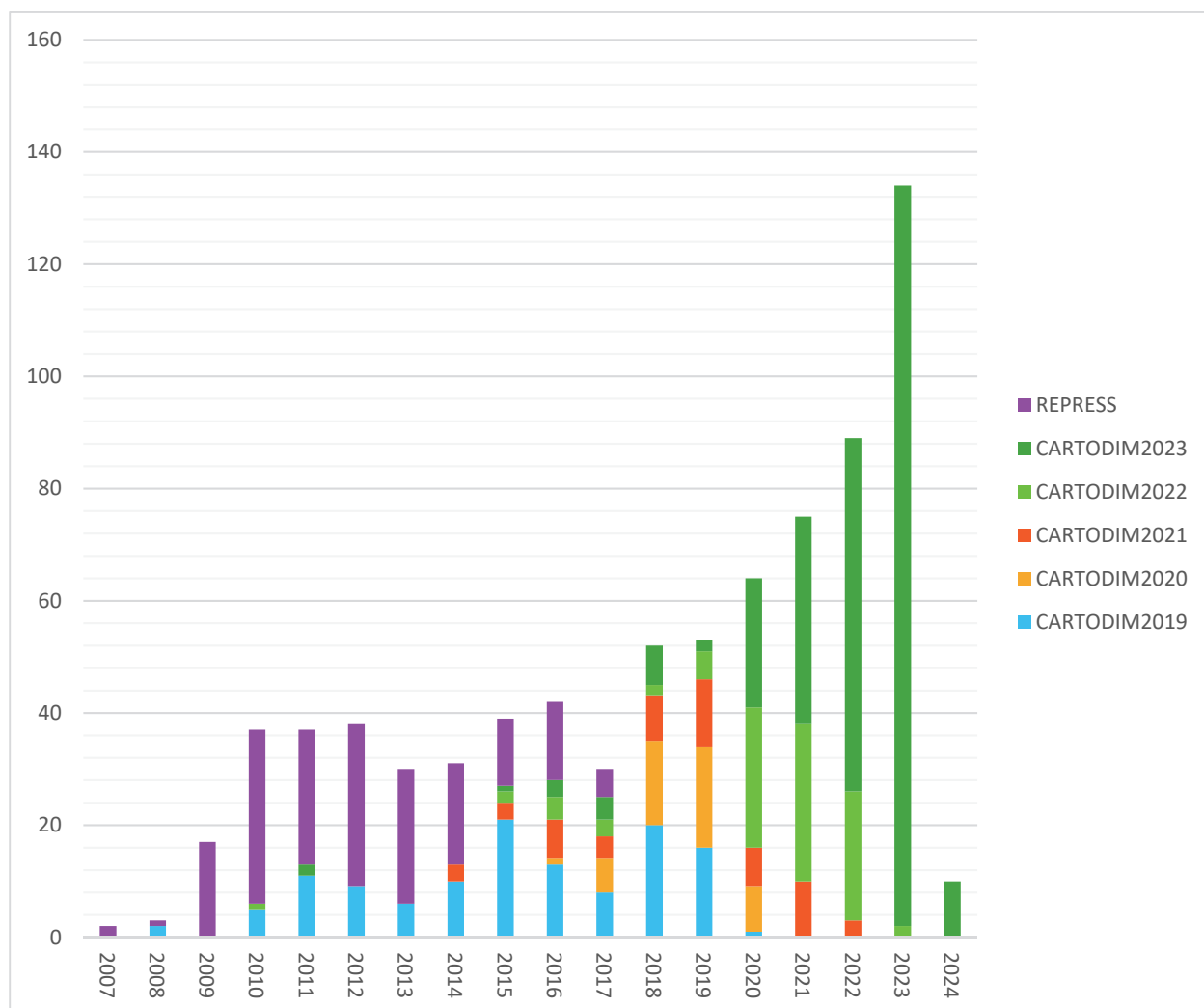


Figure 1 : Bilan des collectes par année de réalisation des TRT.

Afin de bancariser un TRT, l'équipe du projet CARTODIM réalise systématiquement les actions suivantes :

- l'identification du forage en BSS (Banque de données du Sous-Sol) et dans la base de données GMI ;
- la complétude du dossier BSS ;
- la recherche et l'identification du projet le cas échéant dans les dossiers Fonds Chaleur de l'ADEME ;
- la saisie des résultats du TRT dans Dialog (SI-BSS) ;
- la saisie détaillée du TRT dans la base de données projet (sous ACCESS, MS Office) ;
- la retranscription des passes lithologiques (consolidation des descriptions des terrains forés) dans la classification lithologique du BRGM (<https://data.geoscience.fr/ncl/litho>) ;
- l'estimation de l'épaisseur moyenne de la zone non saturée au droit de la sonde pilote au regard des relevés piézométriques des points d'eau avoisinants (BSS) et de la cartographie (Allier, 2018) ;

- la détermination de l'altitude au droit de la sonde à partir du MNT au pas de 1 mètre du référentiel à grande échelle RGE ALTI® de l'IGN ;
- la recherche de la mention d'éventuels incidents, la vérification qualitative des données et de leur interprétation, pour valider la diffusion et les analyses qui pourront être réalisées.

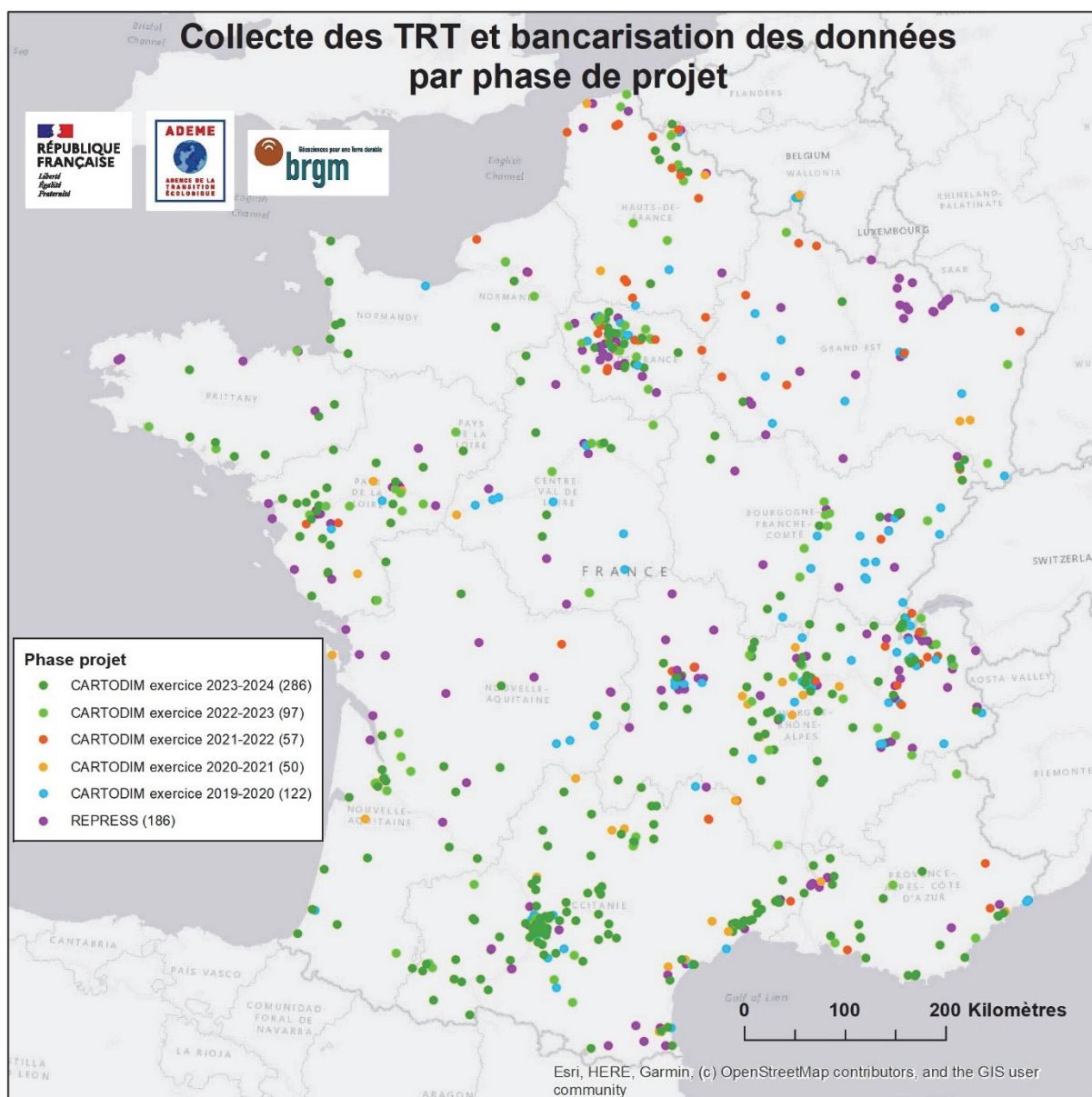


Figure 2 : Bilan de la bancarisation des TRT diffusés par phase de projet.

805 résultats de TRT sont à ce jour bancarisés. Néanmoins, 7 d'entre eux ne seront pas diffusés en raison d'échecs lors de leur réalisation, **ce qui porte à 798 le nombre de résultats retenus** pour une diffusion sur l'espace cartographique public (Figure 2).

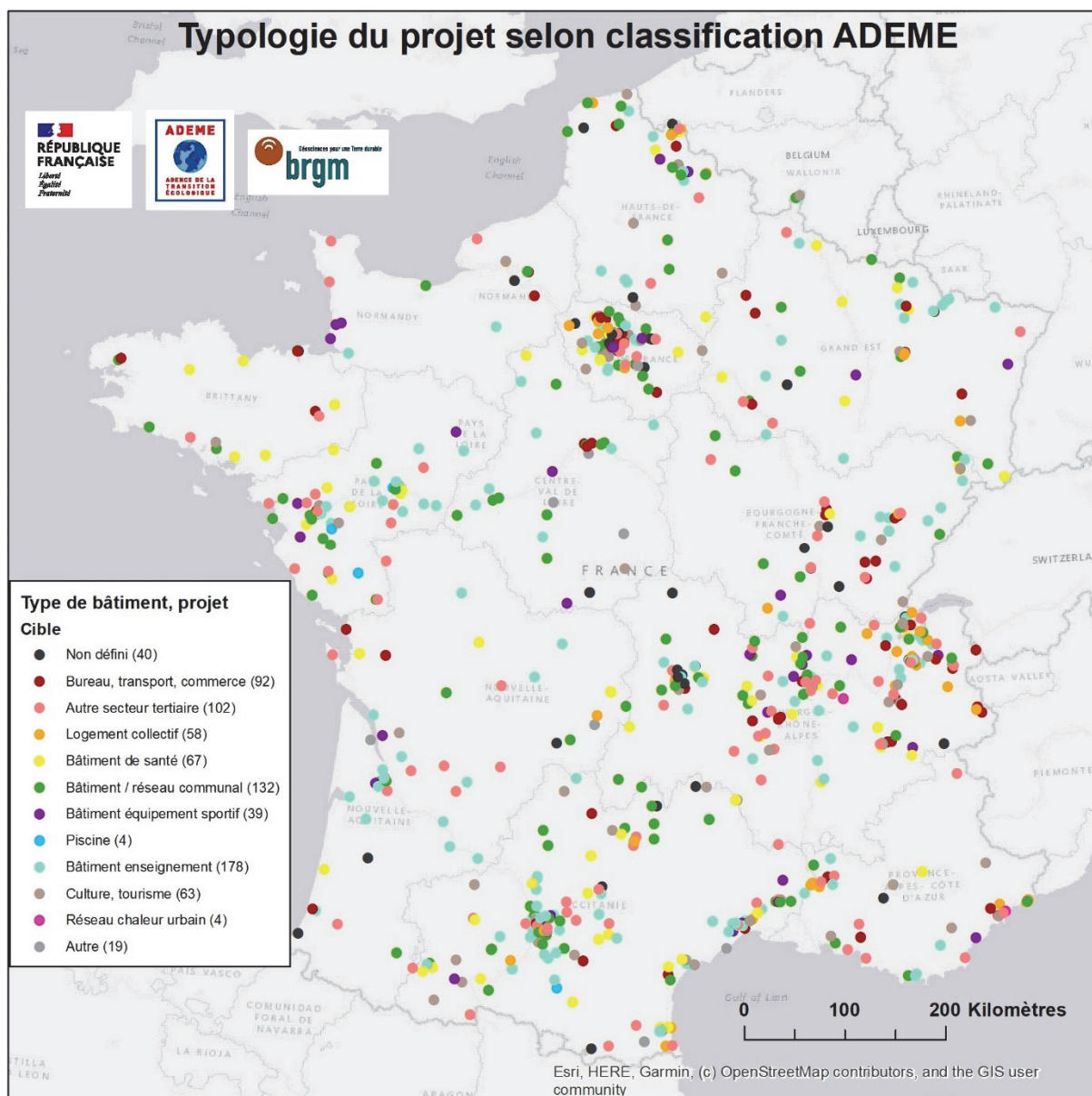


Figure 3 : Typologie du projet appliquée à l'ensemble des opérations avec TRT inventoriées, selon la classification ADEME (code « LISA »).

À titre d'information, la classification par type de bâtiment/projet a été appliquée à l'ensemble des opérations reconnues dans cet inventaire, selon la classification (nomenclature « LISA ») de l'ADEME (Figure 3).

296 dossiers de TRT bancarisés par le BRGM ont pu être identifiés dans les dossiers de TRT du Fonds Chaleur (FC) de l'ADEME. Les rapports de TRT très récents (2023 et 2024) n'ont pas encore pu être recoupés avec les dossiers FC de 2023.

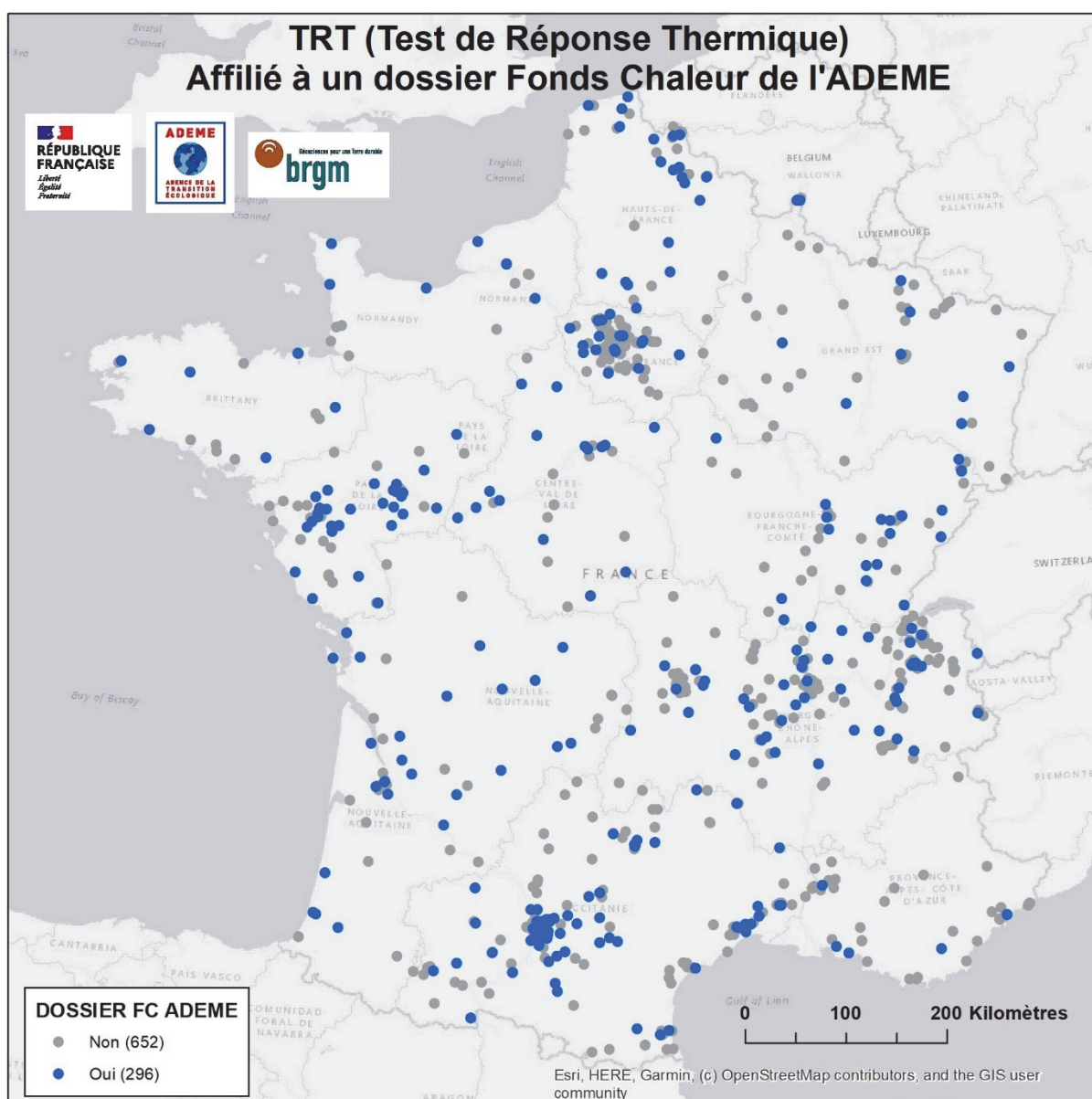


Figure 4 : Identification des TRT associés aux dossiers Fonds Chaleur portés par l'ADEME.

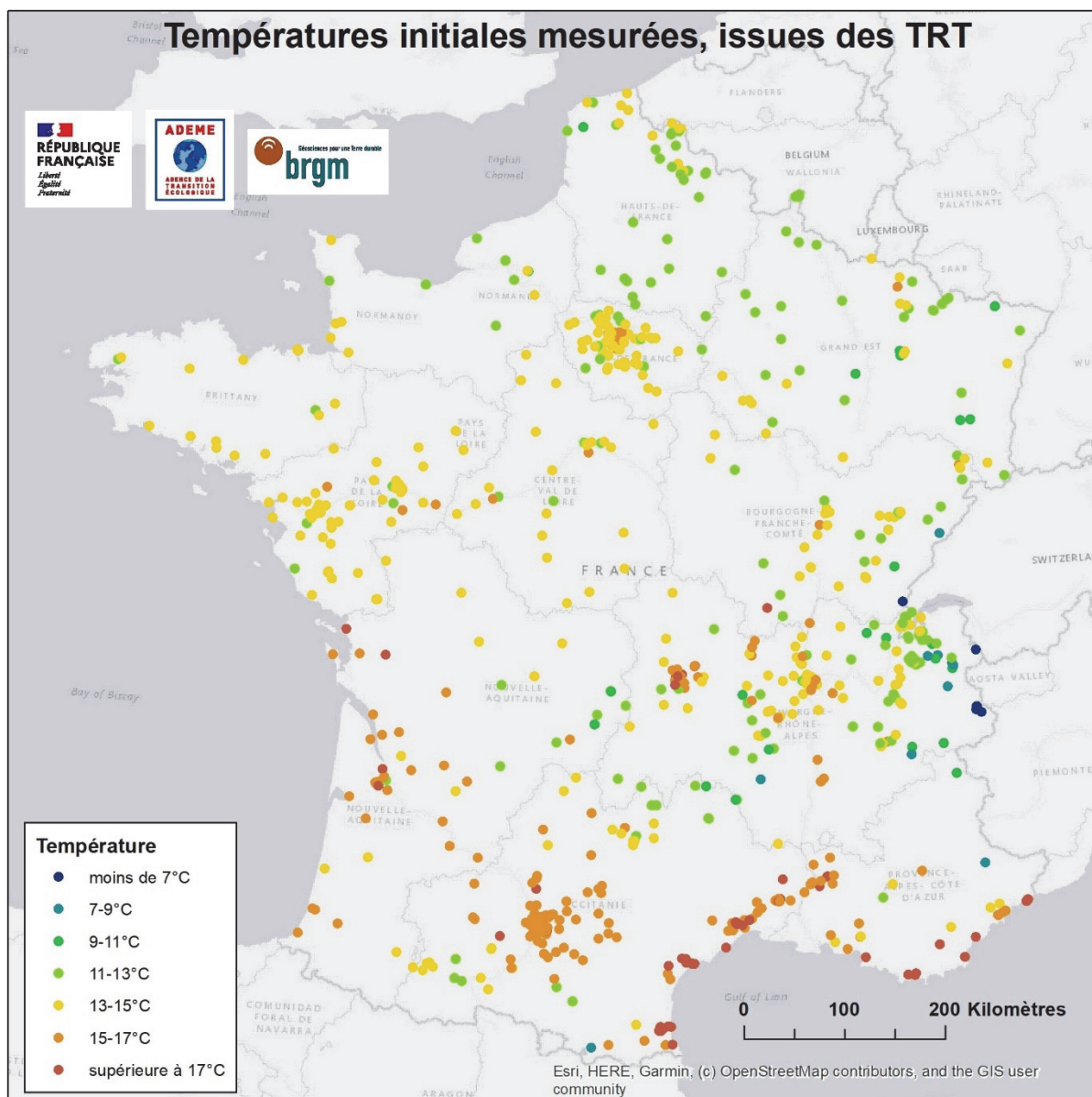


Figure 5 : Principaux résultats issus des TRT : température initiale du terrain (intégrée sur toute la hauteur de sonde verticale).

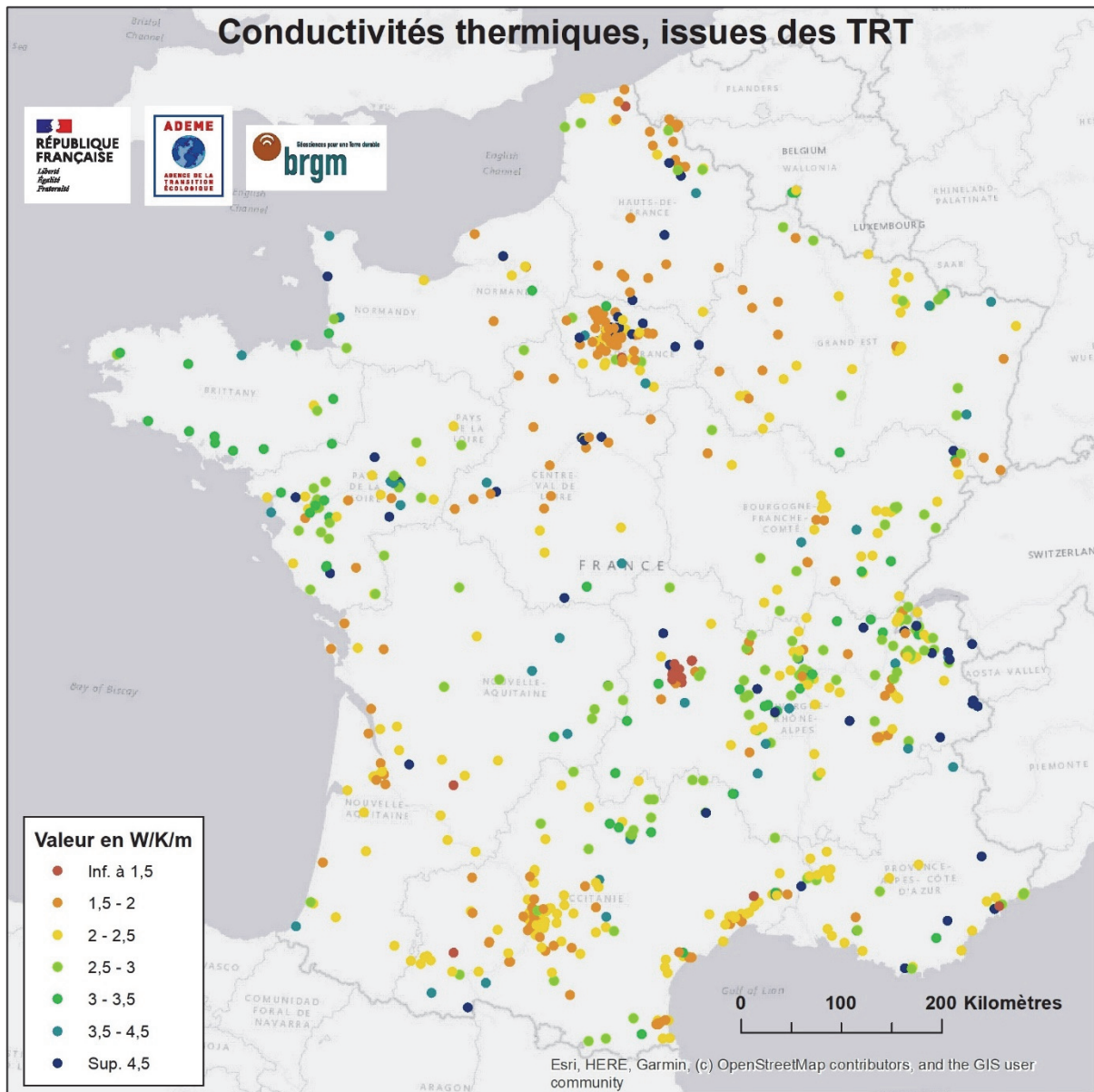


Figure 6 : Principaux résultats issus des TRT : conductivité thermique du terrain.

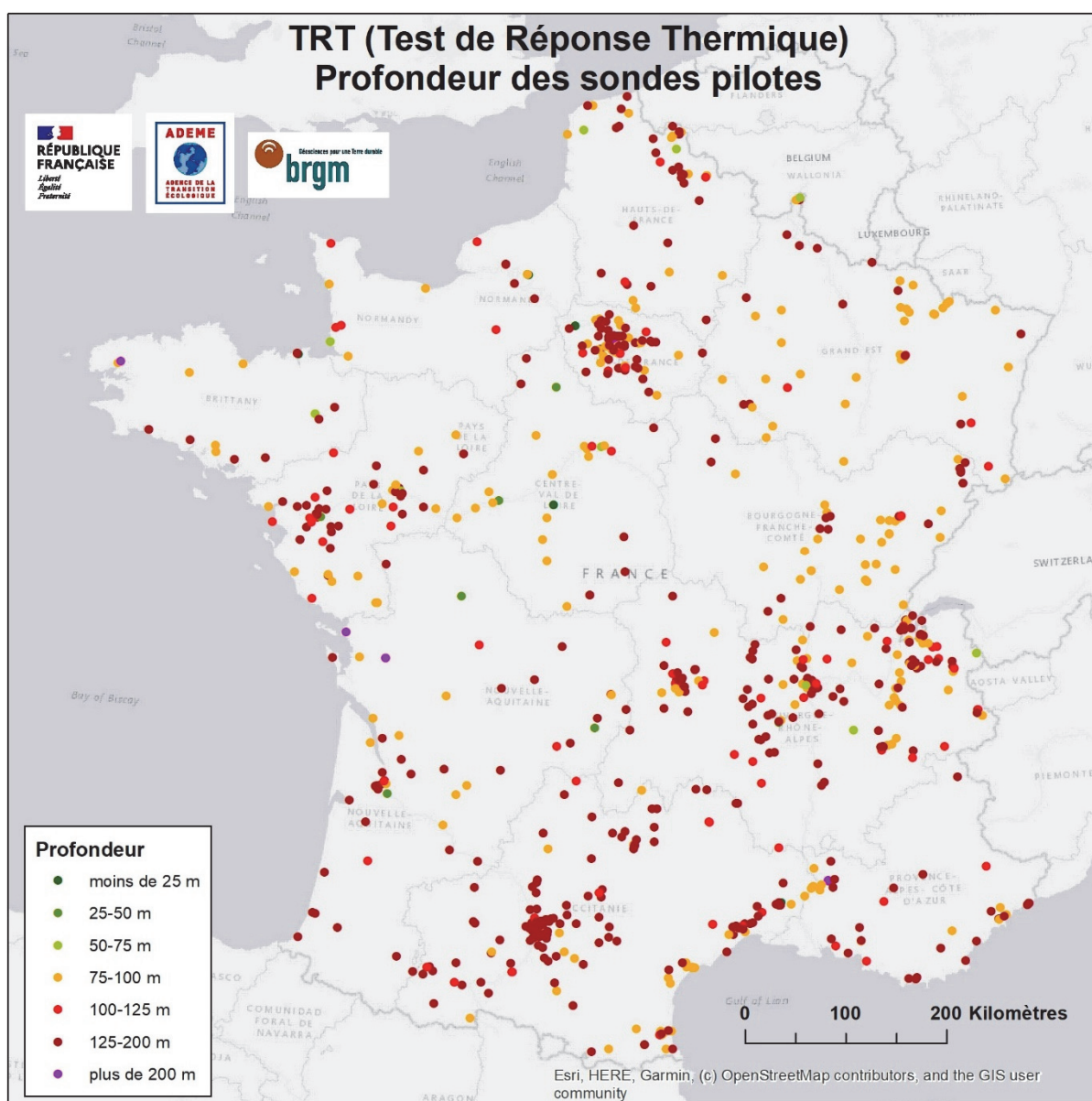


Figure 7 : Longueur des sondes équipant le forage.

À date, la longueur forée cumulée équipée est de 106,8 km pour les 798 forages avec TRT retenus.

La base comporte au global 5169 « passes » (c'est-à-dire couche lithologique traversée) codées, et sur cet exercice 2005 passes nouvelles ont été saisies (251 forages), 29 forages sont encore à analyser.

L'ensemble de la codification précédente des passes a été revu et consolidé pour des besoins de simplification et/ou d'harmonisation, et d'un échantillonnage représentatif au regard des traitements analytiques menés ensuite.

La classification est menée suivant les niveaux n° 2 à n° 4 des lexiques DIALOG (Cf. Figure 8), le niveau n° 4 faisant apparaître un plus grand nombre de catégories, dont les lithologies « usuelles » (calcaires, etc.).

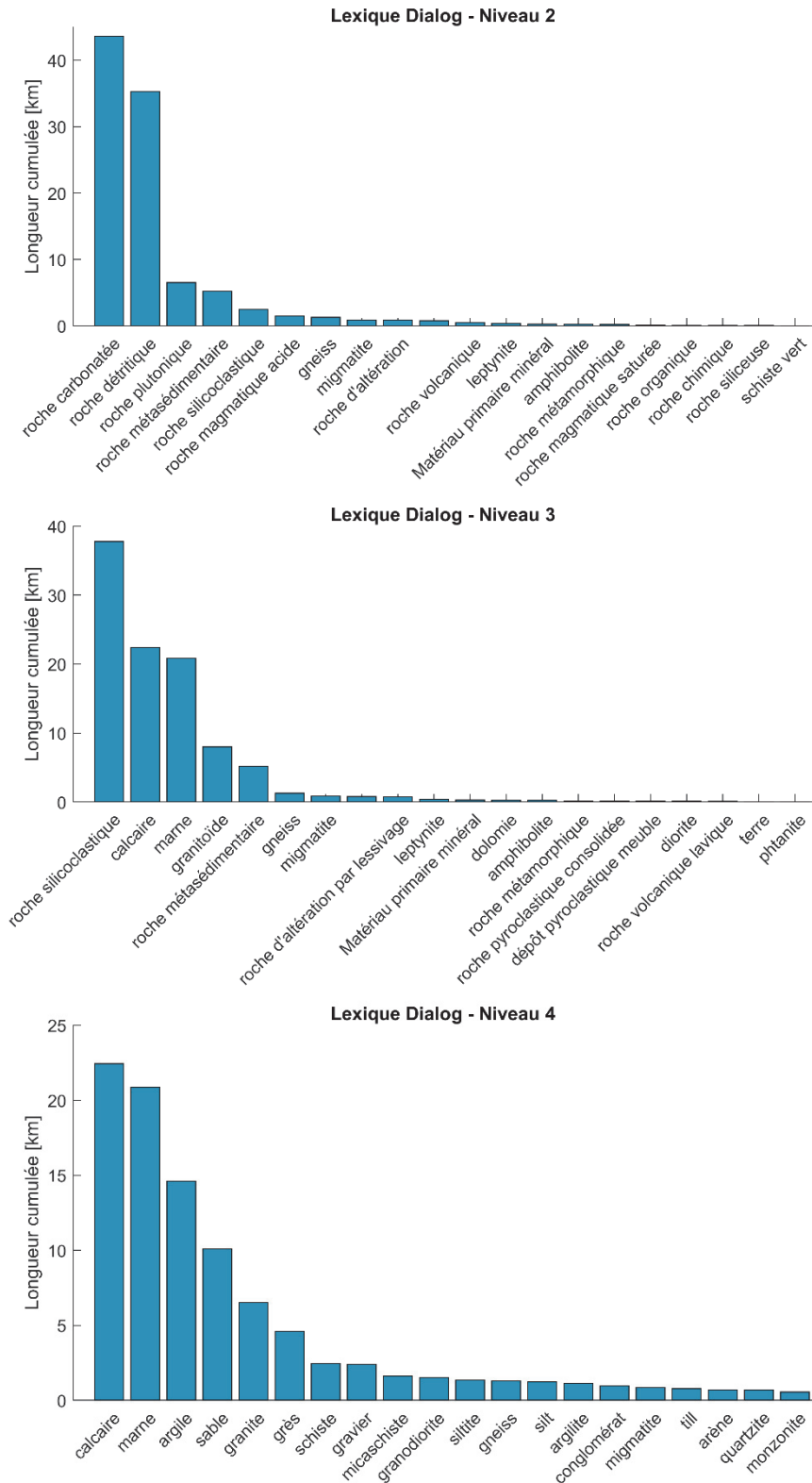


Figure 8 : Longueur cumulée par type de roche, suivant les niveaux n° 2, n° 3 et n° 4 du lexique Dialog.

1.2. ANALYSE DE LA TEMPÉRATURE INITIALE DU TERRAIN TRAVERSÉ

Dans le cadre du précédent exercice du projet CARTODIM, une interpolation de température à l'échelle nationale a été établie en fonction de 4 variables :

- l'**altitude** de la tête de la sonde Z [m] ;
- la **profondeur** du forage équipé d'un échangeur géothermique H [m] ;
- les **coordonnées réduites** du forage $(X - X_{L0})$ et $(Y - Y_{L0})$ [km] dans le système de projection RGF93/Lambert-93 (EPSG2154), avec $X_{L0} = 700$ km et $Y_{L0} = 6600$ km.

La carte a été mise à jour pour prendre en compte les nouvelles données. L'interpolation repose sur des Processus Gaussiens (PG ou krigeage) (Rasmussen *et al.*, 2006). Les PG sont capables de capturer des variations à petite échelle de T_0 et de fournir une estimation de l'incertitude associée à la prédiction. Ici, une fonction de base quadratique associée au kernel (ou fonction de covariance) Matérn3/2 anisotrope (c'est-à-dire avec une longueur de prédiction indépendante pour chacune des 4 variables) a été utilisée. Les six paramètres internes du PG (longueurs de corrélation pour chaque variable, variance du signal, variance du bruit) sont déterminés par optimisation du log marginal de vraisemblance. La qualité de la prédiction est estimée au moyen d'une validation croisée : cette procédure consiste à ajuster un méta-modèle sur un échantillon de taille $(1-1/n)$ (ici avec $n = 5$) et à tester la qualité de la prédiction sur l'échantillon-témoin complémentaire de taille $1/n$. La procédure est répétée n fois en permutant les échantillons-témoin. La qualité du méta-modèle est estimée au moyen de l'écart-type $\sigma(T_0)$:

$$\sigma(T_0) = \left(\sum_{i=1}^N \frac{[(T_0)_{données} - (T_0)_{prédiction}]^2}{N} \right)^{1/2} \quad (1)$$

On a comparé le processus gaussien à un nouveau polynôme ajusté sur l'ensemble des données disponibles à date (soit $N = 747$ données). L'écart-type est compris entre $\sigma(T_0) = 1,05$ °C et $\sigma(T_0) = 1,15$ °C (Cf. Figure 9), différentes exécutions de la procédure de calage du PG pouvant donner des résultats légèrement différents. Pour 50 % des points, l'erreur entre observations et prédictions est inférieure à 0,5 °C.

L'incertitude sur la prédiction est d'autant plus faible que la densité de point est élevée (Cf. Figure 10) : l'intervalle de confiance (IC) à 95 % étant alors de l'ordre de $\approx 1,5$ °C. En revanche, l'incertitude est plus élevée dans les zones montagneuses (principalement dans les Alpes et les Pyrénées), où l'effet de l'altitude semble plus difficilement à capturer par le modèle. Les prédictions sont très incertaines en Corse (IC > 5 °C) où aucune mesure ne vient contraindre le modèle.

À noter qu'une régression alternative a été construite en prenant en compte 3 variables supplémentaires : l'orientation, la pente (calculés sur la base d'un Modèle Numérique de Terrain), et l'ensoleillement sur une surface horizontale. Néanmoins, cette approche ne permet d'améliorer significativement la qualité la prédiction, l'écart-type restant étant toujours de l'ordre de 1,05 - 1,15 °C après calage.

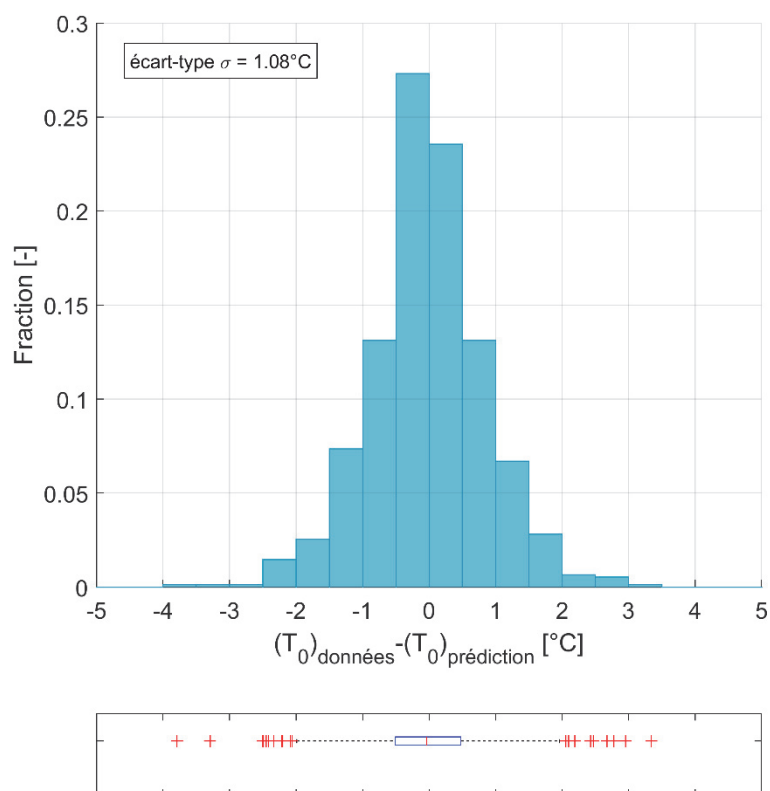


Figure 9 : Distribution de l'écart entre données de température initiale T_0 et prédiction.

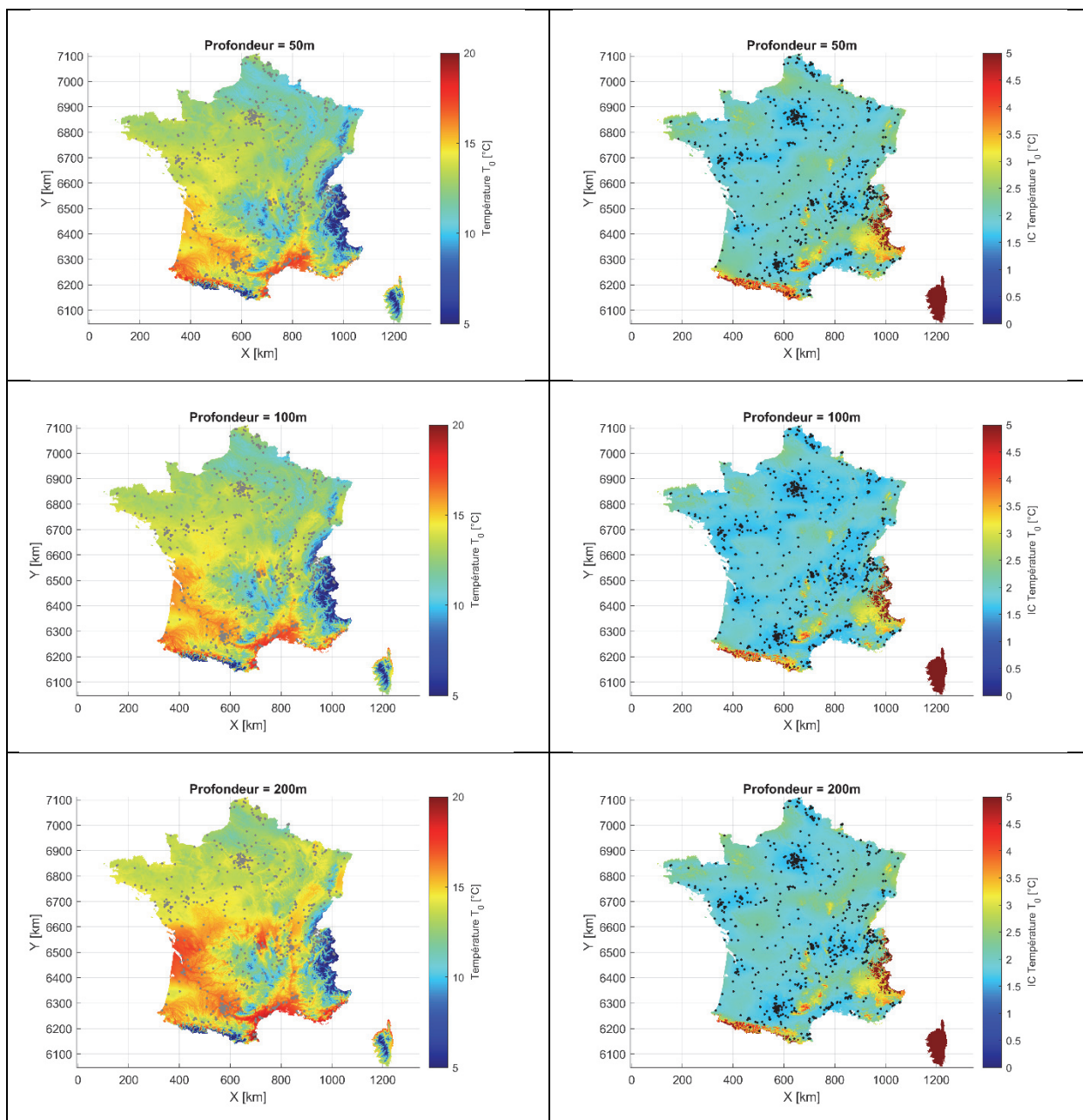


Figure 10 : Cartes de température initiale T_0 pour une sonde profonde de 50, 100 ou 200 m obtenues par le processus gaussien (colonne de gauche) et intervalle de confiance à 95 % associé (colonne de droite).

2. Maintenance et amélioration de l'outil

L'outil de dimensionnement en ligne a bénéficié d'améliorations qui concernent ses fonctionnalités et son fonctionnement.

2.1. CALCUL DE LA RÉSISTANCE THERMIQUE DU FORAGE

La « performance énergétique » d'une sonde géothermique verticale dépend de ses propriétés thermophysiques et géométriques. L'ensemble de ces propriétés est aggloméré dans une résistance thermique R_b [K.m.W^{-1}]. Dans l'outil, l'utilisateur a la possibilité de saisir une valeur de R_b , mais l'estimation de ce paramètre peut être difficile. On a donc ajouté un outil de calcul de R_b .

On a implémenté les équations données par Claesson et Javed pour une sonde géothermique double-U (Claesson *et al.*, 2019) permettant de calculer la résistance de conduction à travers le coulis géothermique. Ces équations sont une simplification de la « méthode du multipôle » qui est réputée robuste et fiable, cette méthode étant déjà implémentée dans le logiciel de référence EED. Nous avons implémenté les équations de Claesson et Javed dans le moteur de calcul Python ; cette implémentation a été vérifiée pour les cas-tests donnés dans leur papier. Par ailleurs, l'utilisateur peut maintenant définir le taux de mono-propylène glycol du fluide caloporteur. Les propriétés thermophysiques du liquide caloporteur sont alors calculées au moyen de la librairie CoolProps (Bell *et al.*, 2014). Les caractéristiques de l'écoulement (nombres de Reynolds, Prandtl et Nusselt) et le coefficient de transfert convectif dans le fluide sont calculés à l'aide la corrélation de Dittus-Boelter (Marchio *et al.*, 2003). On peut alors calculer la résistance totale R_b comme la somme des résistances par convection dans le liquide caloporteur, par conduction à travers les tubes et conduction à travers le coulis géothermique.

L'interface de l'outil a été mise à jour pour intégrer cet outil de saisie de R_b (Cf. Figure 11). À la date de rédaction de ce rapport (14 mars 2023), l'interface et le module de calcul de R_b sont opérationnels dans l'environnement de recette mais pas encore mis en production, la connexion de ces deux éléments étant en cours.

Champ de sondes

Sonde géothermique verticale

Profondeur m

Fluide caloporteur

Concentration en monopropylène glycol du liquide caloporteur %

Température de calcul des propriétés du fluide °C

REINITIALISER AUX VALEURS PAR DÉFAUT **CALCULER**

Méthode de calcul de la résistance thermique du forage R_f

Calcul de la résistance

Diamètre du forage d_f mm

Conductivité thermique du coulis $\text{W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$

Diamètre externe des tubes $d_{\text{ext,tu}}$ mm

Épaisseur des tubes e_{tu} mm

Écartement entre deux tubes diamétralement opposés Δ mm

Conductivité thermique du tube $\text{W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$

Débit-volume par sonde géothermique verticale m^3/h

REINITIALISER AUX VALEURS PAR DÉFAUT **CALCULER LA RÉSISTANCE THERMIQUE**

Figure 11 : Interface de saisie de la résistance thermique.

2.2. AUTRES AMÉLIORATIONS

Les nouvelles fonctionnalités, annoncées dans le rapport du précédent exercice (Maragna *et al.*, 2023), sont maintenant bien opérationnelles dans l'environnement de production (c'est-à-dire accessibles aux utilisateurs) :

- pour la maison individuelle :
 - une mise à jour du modèle d'échangeur horizontal, plus précis car tenant compte des interactions entre les tubes parallèles constituant l'échangeur,
 - un nouvel échangeur, le Géomur®, qui est une innovation de l'entreprise Freeheat SAS.
- pour le « Champ de sondes » :
 - l'affichage d'un graphique représentant la loi d'eau et la possibilité de fournir une loi d'eau personnalisée *via* un fichier,
 - la possibilité d'estimer la température initiale du terrain à partir de coordonnées géographiques *via* une interpolation par régression polynomiale de 363 Tests de Réponses Thermiques répartis sur toute la Métropole (Cf. rapport (Maragna *et al.*, 2021)).

3. Formation à l'outil

De septembre à novembre 2023, vingt-et-unes sessions de formation à l'outil ont été dispensées (Cf. Tableau 1). 192 personnes étaient inscrites, et 182 ont réellement participé aux sessions de formation. Ce taux d'engagement particulièrement élevé (94 %) montre l'intérêt pour la thématique. Il s'agit majoritairement d'ingénieurs de bureaux d'étude énergie et fluide (au moins 80 %) ou sous-sol. L'intérêt des BE situés dans la moitié sud de la France semble particulièrement élevé (Cf. Figure 12), avec par ex. un quart des stagiaires déclarant intervenir en Occitanie (ex. Midi-Pyrénées).

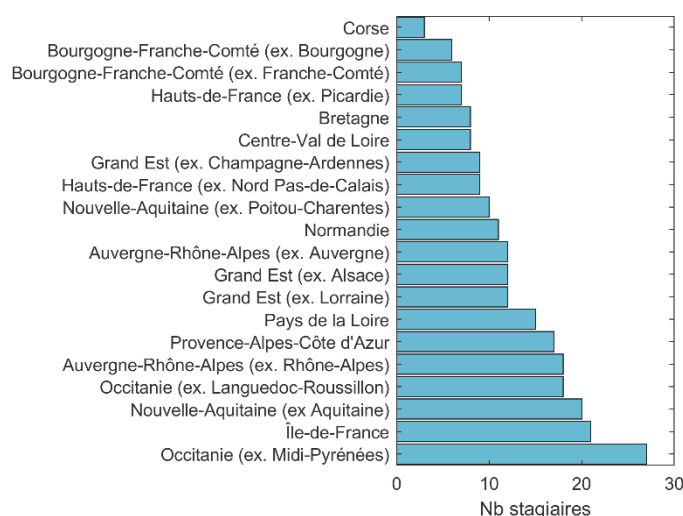


Figure 12 : Régions d'intervention des stagiaires (pour un échantillon de 104 stagiaires).
Chaque stagiaire pouvait choisir plusieurs régions.

Les deux sessions organisées à Lyon l'ont été par Auvergne-Rhône-Alpes Énergie Environnement. Toutes les autres formations ont été organisées par le BRGM et dispensées en ligne. L'information est diffusée sur le site hébergeant l'outil de dimensionnement.

Chaque session dure environ 3h30. Elle débute par un rappel des différentes catégories de géothermie de surface et par une mise en garde : la formation ne traite que du dimensionnement thermique du champ de sondes. La prise en compte des contraintes réglementaires, le nécessaire interfaçage entre maître d'ouvrage, BE sous-sol et surface, l'interprétation du test de réponse thermique sont très rapidement évoqués, et il est annoncé au début que cette session de formation seule est insuffisante pour prendre en compte tous les aspects liés à un projet de géothermie sur sondes verticales. Les principes physiques de l'outil (simulation dynamique du système au pas de temps horaire reposant sur des fonctions analytiques) sont exposés, avec les sources de données disponibles pour estimer les principaux paramètres (conductivité thermique et température initiale du terrain, etc.). Enfin, une étude de cas avec variantes (1h15) permet de procéder à un dimensionnement et d'étudier l'influence de paramètres : implantation des forages, propriétés thermiques du terrain, taux de couverture de la PAC, etc.

Identifiant de la session	Date	Lieu	Nombre de participants
1	11/09/2023 09:00	Visioconférence	8
2	12/09/2023 13:30	Visioconférence	8
3	13/09/2023 13:30	Visioconférence	9
4	14/09/2023 13:30	Visioconférence	6
5	15/09/2023 13:30	Visioconférence	5
6	18/09/2023 13:30	Visioconférence	11
7	19/09/2023 13:30	Visioconférence	6
8	22/09/2023 13:30	Visioconférence	10
9	21/09/2023 09:00	Lyon (AURAE)	5
10	21/09/2023 13:30	Lyon (AURAE)	5
11	29/11/2023 09:00	Visioconférence	15
12	01/12/2023 13:30	Visioconférence	12
13	04/12/2023 13:30	Visioconférence	9
14	06/12/2023 13:30	Visioconférence	6
15	14/12/2023 13:30	Visioconférence	6
16	27/03/2024 09:00	Visioconférence	10
17	28/03/2024 13:30	Visioconférence	11
18	29/03/2024 13:30	Visioconférence	10
19	03/04/2024 09:00	Visioconférence	11
20	04/04/2024 13:30	Visioconférence	10
21	08/04/2024 09:00	Visioconférence	9

Tableau 1 : Résumé des sessions de formation dispensées.

4. Conclusion

À fin mars 2024, 798 résultats de TRT sont diffusés en ligne sur le site www.geothermies.fr. L'interface de la plateforme de dimensionnement de champs de sondes a été améliorée pour intégrer un module de calcul de résistance thermique du forage. Ce module devrait être mis en production et accessible en ligne d'ici mai 2024. 182 professionnels répartis à travers toute la France, majoritairement des bureaux d'études en énergie, fluide, chauffage, ventilation et climatisation ont été formés à cet outil lors de 21 sessions de formation.



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm