



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# GÉOSCIENCES POUR UNE TERRE DURABLE — RAPPORT D'ACTIVITÉ 2020



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

SERVICE  
GÉOLOGIQUE  
NATIONAL





**Cascade du Pain de Sucre (Brénaz, Ain).  
Cette source karstique témoigne d'une  
circulation des eaux souterraines dans  
les calcaires du crétacé inférieur.**

© Gregory Dubus / Getty Images











# GÉOSCIENCES POUR UNE TERRE DURABLE

## — RAPPORT D'ACTIVITÉ 2020

Retrouvez  
la **version digitale augmentée**  
du rapport d'activité sur  
notre site internet



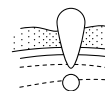



[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)



### STRATÉGIE

- 02 — Message de la Présidente
- 04 — Temps forts 2020
- 06 — Covid-19 : s'adapter à la crise
- 08 — Éclairages

### ENJEUX

- 12 — **Géologie et connaissance du sous-sol** 
- 18 — **Gestion des eaux souterraines** 
- 24 — **Risques et aménagement du territoire** 
- 34 — **Ressources minérales et économie circulaire** 
- 40 — **Transition énergétique et espace souterrain** 
- 46 — **Données, services et infrastructures numériques** 

### ÉTABLISSEMENT

- 52 — Responsabilité sociétale de l'entreprise
- 56 — BRGM Formation / BRGM Campus
- 58 — Gouvernance
- 64 — Comptes 2020
- 68 — Contrat État-BRGM 2018-2022
- 71 — Groupe BRGM
- 74 — Communication & publications



# « Les activités françaises du BRGM ont très bien résisté à la crise sanitaire grâce à la mobilisation de tous. »

**2020 est une année qui restera dans les mémoires** car elle aura été celle de l'arrivée du Coronavirus et de l'enchaînement des confinements. Le BRGM s'est immédiatement adapté et a bien résisté à cette crise, qui dure encore. Alors que les mesures de protection au sein de l'établissement sont très élevées, 100 % du personnel dispose d'un ordinateur portable lui permettant d'accéder de chez lui à la totalité des applications métier de l'établissement. L'activité de recherche et d'expertise a donc pu continuer à un rythme soutenu ce qui a permis l'obtention de bons résultats financiers, meilleurs que prévu, grâce aussi à une baisse sensible des charges externes. Nos partenaires et clients français, qu'ils soient publics ou privés, ont par ailleurs continué à nous faire confiance ce dont nous les remercions. La seule ombre au tableau est une très forte baisse des commandes à l'international : notre carnet d'offres y est fourni mais les réponses semblent attendre l'amélioration de la situation sanitaire.

Tout en faisant face au présent, le BRGM s'est organisé en interne pour préparer au mieux l'avenir. Sous l'impulsion du nouveau directeur général délégué, nos huit programmes scientifiques se sont dotés de feuilles de route pluriannuelles et un processus rigoureux a été construit pour optimiser le choix des projets scientifiques que nous décidons de mener sur nos propres ressources pour renforcer l'établissement à terme. D'autre part, les directions opérationnelles vont pouvoir bénéficier du soutien de deux nouvelles directions techniques transverses : l'une dédiée à nos activités de recherche et d'expertise publiques, l'autre tournée vers l'innovation et les activités commerciales et internationales. De façon notable, la proportion de femmes siégeant au comité de direction est passée de 15 % à 33 % et je suis heureuse de souhaiter bonne chance aux nouvelles venues.

Le BRGM est par ailleurs devenu le premier établissement public industriel et commercial à obtenir la labellisation HRS4R. Il s'agit d'une labellisation européenne qui témoigne de la volonté de l'établissement de mettre en œuvre une politique de ressources humaines adaptée aux scientifiques.

Il s'est aussi désengagé des derniers intérêts miniers qui lui restaient en Nouvelle-Calédonie mais il a plus que jamais la volonté de mettre ses compétences et sa recherche au service d'une politique intégrée des ressources minérales.

Enfin, nous avons continué à mettre en œuvre notre politique de sites avec le déménagement d'une partie de nos équipes de recherche sur le risque littoral d'Orléans à Bordeaux, avec pour objectif de faire partie à terme d'un pôle de recherche de niveau



européen. Cette politique s'est également illustrée par la création sur Orléans d'un centre de données, DataCentre, qui fait partie des tout premiers data centers régionaux labellisés par le MESRI. Il s'agit d'un projet commun au BRGM, aux universités d'Orléans et de Tours et à l'INSA Centre Val de Loire. L'objectif est de mutualiser les infrastructures nécessaires à la bancarisation des données des chercheurs tout en mettant à leur disposition des services adaptés. Le projet montera progressivement en puissance jusqu'en 2024. Comme vous pouvez le voir, 2020 a été une année forte en réalisations. Je ne doute pas que cela sera aussi le cas l'an prochain. ●

**Michèle Rousseau**  
Présidente-Directrice générale







# Temps forts 2020

23 janvier 2020

## Terres excavées: le BRGM prend une participation dans Soltracing

Le BRGM prend au travers de sa filiale Sageos une participation de 40 % dans Soltracing, solution française de sécurisation des flux de terres excavées, dans le cadre d'une augmentation de capital.



## Du 29 au 30 janvier 2020 21<sup>e</sup> Carrefour des gestions locales de l'eau

— Rennes

Le BRGM participe au 21<sup>e</sup> Carrefour des gestions locales de l'eau au Parc des expositions de Rennes les 29 et 30 janvier 2020.

© BRGM - F. Moreira



3 février 2020

## Inauguration de PRIME: une nouvelle plateforme de recherche et d'innovation au BRGM

— Orléans

Étudier le transfert des polluants et développer des procédés de dépollution: c'est l'objectif de la plateforme PRIME, avec des pilotes expérimentaux installés sur le centre scientifique et technique à Orléans par le BRGM.

© BRGM - C. Boucley

6 mai 2020

## Une convention de R&D entre le BRGM et la Société du Grand Paris

— Paris

Mieux comprendre le sous-sol de la région parisienne: c'est l'objectif de la convention signée entre la Société du Grand Paris, chargée de mettre en œuvre le Grand Paris Express et le BRGM.

8 juillet 2020

## Renouvellement de l'accord de coopération BRGM-Ifremer

Le BRGM et l'Ifremer renouvellent pour 4 ans leur accord de coopération, pour mieux comprendre les échanges Terre-Mer et protéger les populations.

Du 6 au 9 octobre 2020

## Salon de l'Industrie minérale (SIM)

— Angers

Temps fort marquant de la profession, le congrès de la SIM rassemble chaque année les professionnels des industries et des services de l'extraction, de la transformation, du recyclage et de la remise en état des sites des matières premières minérales.







6 octobre 2020

## Lancement d'une campagne de géophysique hélicoptérée

— Auvergne

Pour mieux connaître le sous-sol et réunir des données qui serviront aux acteurs du territoire, le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) lance une campagne de géophysique hélicoptérée sur l'emblématique Chaîne des Puys. Trois méthodes seront mises en œuvre simultanément afin de recueillir des informations sur le sol et le sous-sol, une première en France.

© BRGM - A. Raingeard



Du 2 au 12 octobre 2020

## Fête de la science 2020

— En ligne

Le BRGM a participé à la 29<sup>e</sup> Fête de la science, avec, eu égard à la pandémie, une programmation 100 % virtuelle tournée vers le grand public. Plusieurs interventions avec les scientifiques du BRGM ont été faites dans l'émission *Science en direct*. Notamment sur la géologie de Paris, sur comment lutter contre le changement climatique en piégeant le CO<sub>2</sub>, sur comment préserver nos eaux ?, sur les effets de l'élévation du niveau de la mer, sur l'érosion côtière et les submersions marines. Un duplex a aussi été organisé depuis le navire océanographique le Marion Dufresne à Mayotte pour parler du nouveau volcan sous-marin et des tremblements de terre.

© BRGM - A. Noël

27 novembre 2020

## Le BRGM renouvelle son engagement pour l'ouverture à la société

Huit établissements publics dont le BRGM ont signé une charte d'ouverture à la société. Le BRGM renouvelle ainsi son engagement pour la transparence au service du débat et de la décision publique.



# Covid-19 : « Nous avons appris à travailler à distance »

**Thierry Winter**

Directeur adjoint de la Recherche, de la Programmation scientifique et de la Communication, en charge de la coordination de la cellule de crise Covid-19

**Le BRGM a fait de l'anticipation une philosophie de travail qu'il a mise en pratique pour gérer la crise sanitaire liée au Covid-19. Les mesures mises en place précocement, dont le télétravail, pour prévenir les risques de contamination ont fait l'objet d'un accompagnement et d'un suivi auprès des collaborateurs pour maintenir le lien et la capacité de production.**

« Dès le mois de janvier 2020, nous observions, comme un signal faible, ce qui se passait en Chine, rappelle Thierry Winter, directeur adjoint de la Recherche, de la Programmation scientifique et de la Communication, en charge de la coordination de la cellule de crise Covid-19 au BRGM. Mi-février, nous avons compris que le monde entier serait impacté. Fin février, nous avons mis en place une cellule de crise et pris de premières mesures, sans attendre "l'état de guerre" déclaré par le président de la République quelques semaines plus tard. » Cette équipe restera dès lors mobilisée, évoluant dans sa composition au gré des épisodes successifs de cette crise sans précédent, pour anticiper les risques et s'adapter avec agilité aux différentes situations.

Début mars 2020, le BRGM décide, avant même le premier confinement, de limiter les déplacements de ses collaborateurs et leur temps de présence sur les sites de l'établissement, en instaurant le télétravail. Des ordinateurs portables sont fournis aux salariés et des accès aux outils internes sont ouverts à distance, en veillant à la sécurité des systèmes d'information. Des formations sont proposées pour aider à s'approprier cette nouvelle façon de travailler.

## Quantifier le temps passé sur les projets

Un plan de continuité de l'activité est mis en place, qui entend concilier l'objectif de maintenir la production de l'établissement

*« Début mars 2020, avant même le premier confinement, le BRGM instaure le télétravail. »*



Sur tous les ordinateurs des salariés, des illustrations pour promouvoir les gestes barrières s'ouvrent à chaque nouvelle session.  
© BRGM

avec l'impératif de protéger les salariés du virus. Le travail est réorganisé, les activités adaptées. « Nous avons appris à travailler à distance, souligne Thierry Winter, même si nous avons enregistré quelque retard dans certains segments de notre production. À l'international notamment, nombre de missions ont été interrompues et des signatures de contrats reportées, générant un manque à gagner heureusement maîtrisé. »

Le télétravail en période de confinement, avec fermeture des crèches et des établissements scolaires, se présente toutefois comme un véritable défi pour les salariés parents, qui doivent assurer dans le même temps la production, la garde des enfants et l'école à la maison. Pour reconnaître cette difficulté bien réelle, un système est mis en place qui permet de décompter chaque jour le temps consacré aux enfants et ainsi de ne pas impacter l'équilibre financier des projets du BRGM.

En parallèle, pressant que des salariés pourraient souffrir de l'isolement, le BRGM, dès la mi-avril, ouvre des lignes téléphoniques avec des psychologues et demande aux managers de signaler les collaborateurs en potentielle difficulté. Ce dispositif d'écoute permet de maintenir le lien et de gérer individuellement les situations les plus sensibles (difficultés psychologiques, maté-



## « Concilier l'objectif de maintenir la production de l'établissement avec l'impératif de protéger les salariés. »

rielles...), tout en contribuant à prévenir le risque de « syndrome de la cabane », ou la peur de ressortir de chez soi et de revenir au travail. Une crainte que nombre de Français éprouveront par la suite, au moment du déconfinement.

### Une boîte mail «info coronavirus»

Lorsque celui-ci intervient, mi-mai, le BRGM privilégie encore et toujours la prudence en limitant, avec des jauges fixées au cas par cas et évolutives dans le temps, le nombre de collaborateurs présents simultanément sur chacun de ses sites et en mettant en place des protocoles sanitaires adaptés, en France comme à l'étranger. À cette époque, on manque de gel hydroalcoolique.

L'établissement, qui avait anticipé et commandé à l'avance les produits nécessaires, se met à en fabriquer dans ses laboratoires.

« La crise sanitaire liée au Covid-19 n'est pas terminée », redoute Thierry Winter. Tous les matins depuis février 2020, les membres de la cellule de crise opérationnelle partagent leurs informations sur l'évolution de la pandémie, scrutant ces derniers mois l'apparition des nouveaux variants et la progression de la vaccination en France et dans le monde. Ils consacrent également une partie de la matinée à traiter les difficultés remontées par les directions orléanaises, régionales et les implantations à l'international et à répondre aux questions des collaborateurs envoyées sur la boîte mail « info coronavirus ».

C'est aussi à cette adresse que, le cas échéant, ceux-ci se déclarent malades du Covid-19, porteurs du virus ou cas contact. Tout est mis en place alors, avec le service médical, pour stopper rapidement la chaîne de propagation du virus, notamment par l'isolement des collègues les plus proches. « Il faut saluer l'ensemble de nos collaborateurs : tous jouent le jeu, à la fois dans la transmission des informations et le respect des mesures sanitaires, se félicite Thierry Winter. Cela témoigne aussi, me semble-t-il, de la confiance que nous avons réussi à instaurer avec eux, grâce à une communication soutenue et efficace, la transparence de nos décisions et une très grande réactivité. » ●

**À la fin de la première période de confinement, la reprise du travail a été possible dans les laboratoires du BRGM avec le port du masque obligatoire.**

© BRGM - M. Dien





## INNOVATION

# Au cœur du BRGM, une valorisation de la recherche qui porte ses fruits

**Dominique Morin**  
Responsable Innovation

**Il y a 3 ans, le BRGM lançait une politique ambitieuse de valorisation de la recherche, à travers un dispositif destiné à favoriser l'innovation sur des thématiques scientifiques émergentes et à potentiel économique, et par des actions ciblées sur des projets. La démarche porte ses fruits.**

Au cœur de cette stratégie, un processus de maturation mis en place par le BRGM, dont le but est de structurer et d'amplifier l'innovation. Doté d'un budget de 500 000 euros, ce processus est désormais bien installé. Il vise à la création de valeur sur les travaux des équipes scientifiques, et à des transferts à l'industrie. Ce, à travers des actions clés : l'identification des projets porteurs d'innovation et l'incitation en interne à adopter une posture de type entrepreneuriale.

Une équipe dédiée analyse les marchés, accompagne les projets par la construction de business model, l'assistance au dépôt de brevets pour protéger et valoriser les innovations.

## 27 projets de R&D et d'innovation en cours

C'est le cas par exemple de PrédiNappe, un outil d'étude de la situation en temps réel et de prévision du niveau des nappes, pour aider à mieux gérer la ressource en eau souterraine et anticiper les sécheresses ou les inondations. Ce système de bancarisation et de prévision des données est en cours d'utilisation par des entreprises et des collectivités. Le projet a suivi un processus rigoureux : établissement de la proposition de valeur, validation du *proof of concept* et création du business model avec la société VEOLIA.

Ainsi, en tout, 27 projets sont en cours d'évaluation, dans tous les secteurs couverts par le BRGM.

## Plusieurs transferts réussis

Des transferts sont d'ores et déjà réussis. Rappelons par exemple Soltracing, le BRGM ayant pris une participation de 40 % dans le capital de la société, dans le domaine de la valorisation des terres excavées à travers un service numérique de traçabilité selon une méthodologie développée par le BRGM.

Ou encore Sems, une nouvelle méthode géophysique de mesure électromagnétique aéroportée, par hélicoptère ou drone : un

## L'innovation poussée par des processus variés

D'autres processus d'incitation existent au BRGM :

- Un concours d'innovation par la DISN (Direction des Infrastructures et Services Numériques), les projets lauréats pouvant ensuite entrer dans le processus de maturation.
- L'événement annuel Tinnov, un exercice de co-création ouvert au monde socio-économique pour faire émerger des outils innovants en matière de valorisation des connaissances et des données du domaine géoscientifique.







**Magdrone : une innovation pour corriger les données de mesures magnétiques terrestres grâce à un drone.**

© Terrenys

prototype, développé avec des PME partenaires (Nerys, Icare Aéronautique), devrait donner naissance à la création d'une activité de services. Ainsi que Magdrone : une solution de correction des données de mesures magnétiques terrestres, faite là aussi à l'aide d'un moyen aéroporté léger. Le système a été licencié à une PME du secteur, Info Géo.

Quant à IronBiox, co-innovation avec Orano Mining qui s'est appuyé sur le BRGM pour développer un bioprocédé innovant, il permet d'améliorer le coût et le rendement d'extraction de l'uranium d'un minerai à faible teneur. Le procédé s'appuie sur la production d'un oxydant produit par activité bactérienne. L'expertise du BRGM sur les procédés utilisant des micro-organismes pour l'exploitation des ressources minières a été essentielle.

En résumé, 2020 a montré que la valorisation par l'innovation est un axe clé du BRGM, la recherche et l'expertise étant dans son ADN... ●

*« 2020 a continué de montrer que la valorisation par l'innovation s'enracine au BRGM. »*



## STRATÉGIE SCIENTIFIQUE

Capacité d'adaptation  
et valorisation des résultats  
de la recherche

**Christophe Poinssot** - Directeur général délégué, directeur scientifique

**Philippe Freyssinet** - Directeur de la stratégie et de la recherche

**Comme dans tous les secteurs, 2020 a été une année complexe pour le BRGM en raison de la pandémie. Malgré cela, l'établissement a fait preuve d'une grande capacité d'adaptation, en réorganisant très largement son activité pour déployer sa nouvelle stratégie scientifique.**

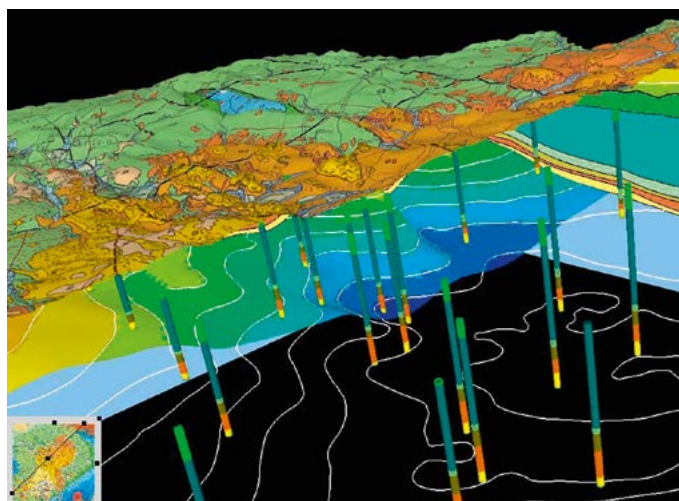
Dans un contexte bouleversé par la pandémie, le BRGM a su s'adapter. Le cap fixé pour la stratégie scientifique a été maintenu, les activités dans l'ensemble réorganisées, même si celles de terrain en particulier à l'international, de laboratoire et des plateformes expérimentales ont été spécifiquement impactées. Cela a été compensé par d'autres types d'actions en matière de préparation de projets, mais également de valorisation de nos résultats scientifiques.

#### Une stratégie scientifique source de transversalité

2020 est une année à mi-parcours dans le déploiement de notre Contrat d'objectifs et de performance et la plupart des actions initiées les années précédentes commencent à produire des impacts. Le BRGM valorise de mieux en mieux les résultats de sa recherche. Près de 280 publications scientifiques internationales ont été publiées par nos ingénieurs et chercheurs en 2020, soit 40 % de plus par rapport à l'année précédente ! C'est une belle performance qui montre que les travaux de recherche et d'expertise rayonnent de plus en plus.

La stratégie scientifique déclinée en huit programmes depuis deux ans, produit ses effets et renforce la transversalité, à la fois en rassemblant des équipes interdisciplinaires autour de grandes priorités scientifiques. La gouvernance des programmes scientifiques permet également un meilleur alignement des activités de recherche et d'expertise, notamment avec les missions d'appui aux politiques publiques.

2020 marque également la fin du grand programme européen de recherche et développement Horizon2020. Le BRGM aura été l'un des dix établissements français les plus performants, ce qui est remarquable de par sa taille, avec près de 24 M€ d'aides européennes perçues sur la période 2014-2020. Notre établissement s'est particulièrement illustré au niveau européen en matière d'économie circulaire et de ressources minérales, mais également sur



**Modélisation 3D du bassin de Paris. Les programmes scientifiques permettent un meilleur alignement des activités de recherche et d'expertise.**

© BRGM - B. Bourguine

les problématiques de transitions énergétiques en géothermie et capture et stockage du CO<sub>2</sub>. La thématique des risques pour l'aménagement est quant à elle très soutenue par les fonds européens décentralisés (INTERREG et FEDER).

#### Une stratégie de sites dans une dynamique de partenariats

En matière de stratégie de sites, nous poursuivons notre dynamique de partenariat en Nouvelle Aquitaine avec l'ambition de contribuer à un pôle d'excellence international sur les risques littoraux. Cela passe par un renforcement progressif de nos équipes à Bordeaux, qui a débuté fin 2020. En région Centre-Val de Loire, nous avons également l'ambition de renforcer nos capacités en matière de numérique scientifique et particulièrement de gestion des données géo-environnementales à Orléans avec nos partenaires régionaux et de structurer un cluster régional autour de cette thématique. Le BRGM s'est associé en 2020 avec les universités d'Orléans, de Tours et l'INSA Centre-Val de Loire pour créer une infrastructure numérique unique de gestion de données et de



*« La stratégie scientifique renforce la transversalité, rassemblant des équipes interdisciplinaires autour de grandes priorités. »*

capacité de calcul avec le soutien de la Région Centre-Val de Loire et de l'État. Cette infrastructure appelée DataCentre a obtenu fin 2020, l'un des premiers labels de data center régional du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Nous sommes d'autre part partenaires de l'infrastructure de recherche Gaia Data financée dans le cadre du PIA3 qui vise à fédérer des grands pôles nationaux de données en sciences de la Terre et de l'environnement. Enfin, nous continuons notre intégration dans

l'écosystème de recherche à Montpellier dans le secteur de la gestion des eaux souterraines.

Notre partenariat avec la communauté académique se renforce progressivement notamment via notre programme doctoral et près de 90 doctorants avec les principaux pôles universitaires impliqués dans nos thématiques.

#### **Un renforcement des projets d'innovation technologique**

Le processus de maturation des innovations prend son essor. Il est désormais doté d'un fonds de maturation de 500 k€ par an destiné à porter et développer les résultats issus des projets de recherche et d'expertise. Une douzaine de projets sont en cours d'accompagnement pour évaluer leur potentiel de développement et de transfert. Nos relations avec les entreprises s'amplifient et avec une montée en puissance de nos relations partenariales avec des grands industriels et en particulier Veolia dans le domaine de l'eau et EDF. Notre volume de contrats de recherche avec les entreprises s'est maintenu à environ 4,5 M€ malgré le contexte de récession dû à la crise sanitaire, ce qui démontre un bon positionnement de notre offre. ●

**En Nouvelle Aquitaine, un pôle d'excellence sur les risques littoraux se constitue. Ici, falaise à Saint-Jean-de-Luz (Pyrénées-Atlantiques, 2018).**

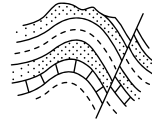
© BRGM - Observatoire de la Côte Aquitaine











# GÉOLOGIE ET CONNAISSANCE DU SOUS-SOL

*Enrichir la  
connaissance  
géologique  
pour des  
usages divers  
et durables*



Produire une information  
géologique de haut niveau  
pour mieux maîtriser  
les usages du sous-sol.  
Vue sur le massif du Mont  
Blanc depuis le massif  
des Aravis (Haute-Savoie).  
© BRGM – N. Charles

53

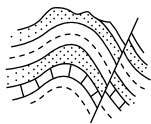
thèses et postdoctorats  
effectués dans le cadre du  
programme Convergence.

**Mobilisant les dernières avancées scientifiques et technologiques en matière d'investigation, de compréhension et de représentation du sous-sol, le BRGM produit une information géologique de pointe. L'acquisition et la diffusion de cette connaissance concourent à une meilleure utilisation de l'espace souterrain et de ses ressources.**

Service géologique national, le BRGM élabore, en France comme à l'international, des bases d'informations géologiques de référence, directement exploitables pour différents types d'usages du sol et du sous-sol. Il s'agit constamment d'acquies de nouvelles connaissances du sous-sol et d'améliorer la compréhension des phénomènes géologiques, grâce notamment à des programmes collaboratifs et novateurs. L'enjeu est de proposer, à différentes échelles, une connaissance plus variée, plus précise et plus certaine, portant également sur des paramètres plus pertinents, dans le but de favoriser une gestion durable des ressources et des territoires. Cette mission implique également de développer de nouveaux outils et méthodes d'investigation de l'espace souterrain depuis la surface, qui permettent de déduire la structure des objets géologiques ou leurs propriétés.

Alors que le Référentiel géologique de la France (RGF) continue d'animer les équipes de recherche à l'échelle nationale, sous le pilotage du BRGM, l'établissement a achevé en 2020 le grand projet Convergence, en partenariat avec le CNRS et le groupe TotalEnergies. Ces travaux consistaient à étudier le lien entre la genèse des chaînes de montagnes et les bassins sédimentaires adjacents. La modélisation des processus à l'œuvre dans les Pyrénées et le Bassin aquitain mais aussi leurs voisins, avant l'ouverture de l'Atlantique, en Amérique latine (Brésil, Venezuela, Guyane) a permis de mieux comprendre les phénomènes de création et d'érosion des reliefs conduisant à la formation de ces bassins. Ces résultats majeurs pour la communauté scientifique internationale ont été présentés lors d'un colloque et donnent lieu actuellement à une série de publications scientifiques.





# L'interview partenaire



## Sylvain Calassou

Convergent Margins to Foothills  
Project Manager, TotalEnergies

Renouveler notre compréhension du contexte géodynamique de l'exploration : c'est l'objet des travaux avec le BRGM sur les marges convergentes dans les Pyrénées.

### — Pourquoi cette collaboration avec le BRGM ?

**SYLVAIN CALASSOU** — Dans le cadre de son exploration, TotalEnergies a lancé une remise en question de sa compréhension de différents contextes géodynamiques. Le projet sur les marges convergentes en fait partie. Il s'agit des frontières entre deux plaques tectoniques convergentes, qui sont le siège de phénomènes géologiques complexes à différentes échelles.

Des sujets tels que l'évolution de la thermicité des marges et le rôle des fluides abiotiques (méthane, hydrogène) nous ont sensibilisés sur l'impact R&D potentiel des géosciences au sein de TotalEnergies, et au-delà dans les métiers futurs. La collaboration nouée avec le BRGM et le CNRS a franchi un cap à cette occasion.

### — Précisément, quels ont été les axes de recherche ?

**S.C.** — De façon générale, nous éprouvons le besoin de renouveler notre compréhension du contexte géodynamique de l'exploration. Plus précisément, à partir de septembre 2014 j'ai pu prendre la responsabilité, en tant que chef de projet, des travaux sur les marges convergentes. Il s'agit de changer notre angle de vue, d'étudier le sujet de façon holistique depuis les moteurs profonds de la dynamique de la planète aux bassins sédimentaires, et de mieux comprendre notamment les interactions entre fluides et roches, la dynamique de surface, le système de drainage et de dépôt des sédiments en lien avec la déformation et l'évolution des reliefs... Nous avons choisi pour cela la plaque ibérique et sa périphérie.

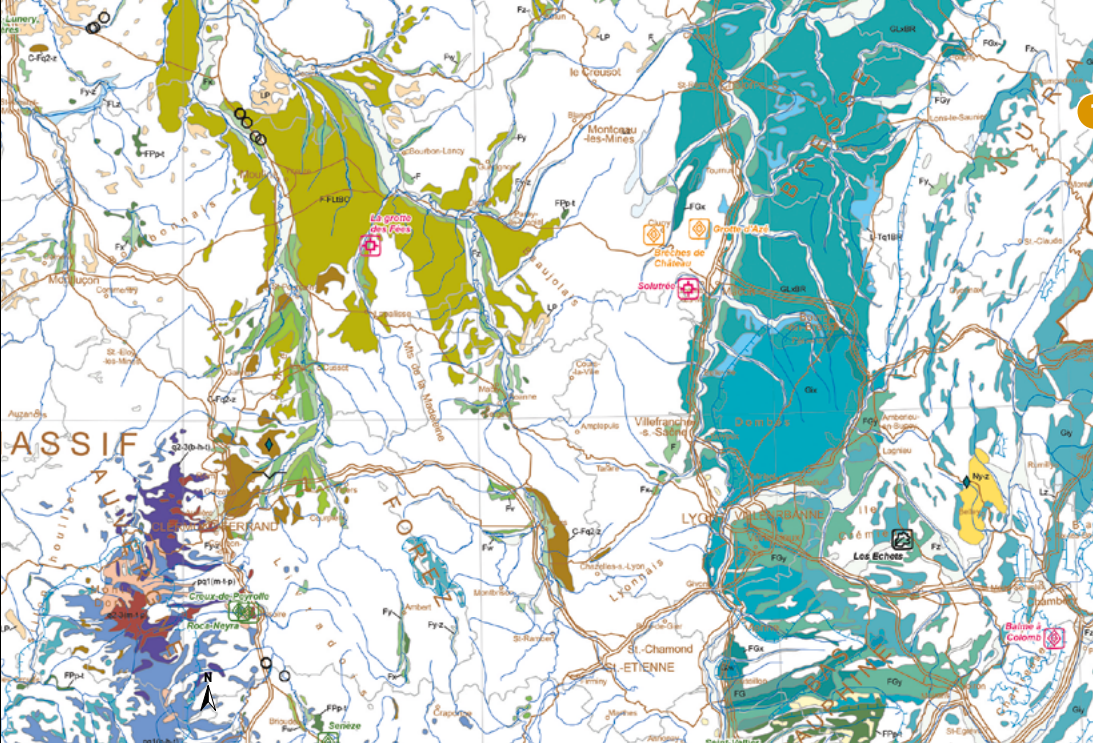
C'est tout naturellement que nous avons fait appel au BRGM. Depuis 2015, il pilote en effet le RGF sur les Pyrénées (Référentiel géologique de la France). Côté CNRS, des projets ANR (Agence Nationale de la Recherche) étaient en cours sur les Pyrénées. Pour TotalEnergies, nous avions là la proximité de la zone étudiée avec notre centre de recherche de Pau, mais nous avons surtout l'opportunité de mettre à disposition les données de notre historique exploratoire du bassin d'Aquitaine. Trois sous-projets interconnectés en sont nés : OROGEN, Source-To-Sink et Fluids.

### — Quel bilan en tirez-vous ?

**S.C.** — Cette réalisation est unique par l'ampleur de la collaboration (150 chercheurs), les résultats scientifiques (53 sujets de thèses et postdoc réalisés, avec plus de 100 publications dans la littérature scientifique), les perspectives de l'implication des géosciences dans les sujets de transition mais aussi comme support d'enseignement pour l'intégration des thématiques et peut-être les métiers du futur.

Le bilan est très positif, avec une montée en compétence de scientifiques aussi bien au BRGM que chez TotalEnergies, mais aussi en retour une meilleure connaissance mutuelle des modes de fonctionnement entre le BRGM, les chercheurs du CNRS et des universités et le monde industriel.





1 — Extrait de la carte à 1/1 000 000 du Quaternaire de la France métropolitaine. Celle-ci compile les formations géologiques attribuées à cette période présentes sur les cartes géologiques à 1/50 000 du BRGM et sur des cartes géomorphologiques existantes.

© BRGM

2 — Carte de l'intensité du champ magnétique d'un ancien morceau de croûte océanique sur le massif de Chenaillet.

© BRGM – P. Le Maire

3 — Description et interprétation d'une carotte de forage composée d'argile dans le cadre du projet Opéra – Grand Paris pour élaborer le modèle géologique 3D de caractérisation du sous-sol.

© BRGM

## Une carte lithologique de la France à l'échelle 1/50 000

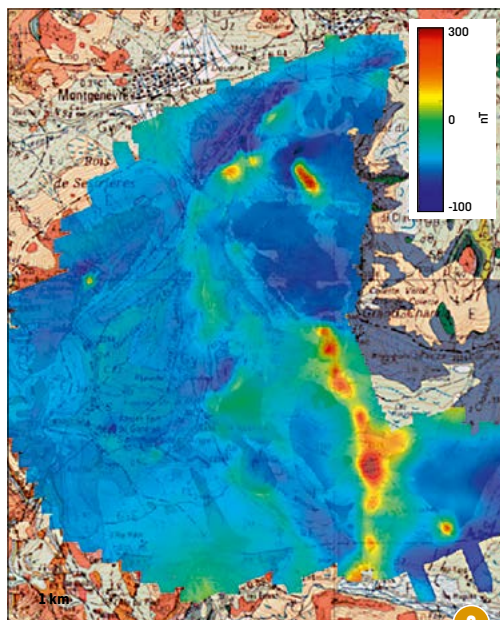
La carte lithologique de la France métropolitaine à 1/50 000 a été finalisée. L'information lithologique y est organisée en plusieurs niveaux hiérarchiques, de plus en plus détaillés, associant une légende structurée et une symbolologie spécifique. Cette carte permet aux géoscientifiques de disposer d'informations homogènes et structurantes sur la nature de la roche, utilisables pour différentes thématiques appliquées : ressources en matériaux, aménagement du territoire, risques et aléas, géotechnique, biodiversité...

## Grand Paris Express : un modèle 3D en haute résolution du sous-sol urbain

**Photo 3 /** La Société du Grand Paris (SGP) avait noué en 2019 un partenariat avec le BRGM dans le cadre de la création du réseau de métro automatique autour de la capitale. Le projet Opéra-Grand Paris portait sur la conception et la réalisation d'un modèle au droit de la ligne 15 ouest du Grand Paris Express, pour mieux caractériser le sous-sol sur les plans géologique (géométrie, environnements de dépôt, altérations), géotechnique et hydrogéologique (situation et caractéristiques des aquifères). Les résultats fournis à la SGP contribueront à anticiper les difficultés, optimiser les campagnes de reconnaissance et mieux maîtriser les aléas liés au sous-sol.

## Mayotte : la campagne Sismaoré pour mieux comprendre le contexte géodynamique

La campagne d'exploration Sismaoré, financée par la Flotte océanique française (FOF), le BRGM et le projet ANR-Coyotes, a été menée du 23 décembre 2020 au 11 février 2021 par une quarantaine de scientifiques d'organismes de recherche nationaux et internationaux sur une superficie de 80 000 km<sup>2</sup> dans l'archipel des Comores. Elle a permis notamment, grâce à l'acquisition de nouvelles données géophysiques et géologiques, d'identifier les zones de déformations tectoniques et volcaniques récentes (volcans sous-marins, failles, glissements) et d'apporter des éléments de connaissance indispensables à la gestion des risques dans cette région, en particulier la crise sismo-volcanique de Mayotte.



## La carte 2020 des dépôts quaternaires de la France métropolitaine

**Photo 1 /** Actualisation de celle publiée en 2016, la carte à 1/1 000 000 du Quaternaire de la France métropolitaine parue en 2020 compile les formations géologiques de cette période présentes sur les cartes géologiques à 1/50 000 du BRGM et sur des cartes géomorphologiques existantes. Elle présente également des données ponctuelles issues de la littérature ou de bases de données, telles que des indices néotectoniques, la limite d'extension maximale des glaciers, des indices périglaciaires et des sites remarquables. Elle sera intégrée à la carte du Quaternaire européen à 1/2 500 000.

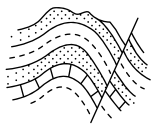
## RGF Alpes : le premier levé magnétique en drone

**Photo 2 /** Le BRGM a réalisé, en lien avec le chantier du Référentiel géologique de la France (RGF) sur les Alpes et les bassins périphériques, le premier démonstrateur d'une campagne d'acquisition magnétique de grande échelle en drone, pour évaluer la géophysique sur vecteurs aériens légers en géosciences. Le projet s'est concentré sur le massif du Chenaillet, dans les Hautes-Alpes, qui expose une section de la croûte océanique. Cet objet géologique, qui occupe 55 % de la surface de la Terre, constitue une cible majeure pour les ressources de demain. Les premiers résultats ont fait l'objet d'une communication au congrès de l'European Geosciences Union, où différents modèles 3D ont été présentés.

## Malawi : un centre de documentation pour le service géologique national

Confié à un consortium mené par le BRGM, le projet Geological Mapping and Mineral Assessment of Malawi (GEMMAP) initié en 2016 consiste à dresser un nouvel inventaire du potentiel minéral du pays et établir un nouveau fonds de référence cartographique de son bâti géologique, au moyen d'un programme d'acquisition géologique et minière. Celui-ci comprend également une évaluation des risques naturels, de la formation diplômante et des équipements de laboratoire. Dans ce cadre, un centre de documentation a été construit sous la coordination du BRGM et avec l'appui d'un cabinet d'architectes malawite, au siège du service géologique du Malawi, à Zomba, pour permettre à la fois la gestion du fonds documentaire et sa consultation par le public et les opérateurs privés.





# Des avancées majeures pour la connaissance des chaînes de montagnes



**Isabelle Thinin**  
Géologue et  
cheffe du projet  
Orogen



**Jean-Yves Roig**  
Géologue et  
chef du projet  
Source to Sink



**Joachim Tremosa**  
Chercheur en  
modélisation  
numérique



**Éric Lasseur**  
Chercheur en  
sédimentologie

**Composé des projets Orogen, Source to Sink et Fluids menés sur les Pyrénées, le programme français Convergence initié en 2015 a produit des résultats exceptionnels. Partagés avec l'ensemble de la communauté scientifique internationale et transposables à différentes problématiques, ils améliorent la compréhension des processus à l'œuvre dans les chaînes montagneuses et les bassins sédimentaires.**

Point d'orgue de cinq années de recherche en partenariat avec Total et le CNRS, le e-séminaire Convergence, les 9 et 10 février 2021, a clôturé les projets Orogen, Source to Sink et Fluids menés par des équipes interdisciplinaires – au premier rang desquelles le BRGM – dans la continuité du chantier Pyrénées du Référentiel géologique de la France (RGF). Trois projets de recherche qui ont apporté de nouvelles réponses à des questions scientifiques cruciales pour la compréhension de la formation des chaînes de montagnes, des transferts de sédiments et du rôle des fluides profonds.

Ces travaux de grande ampleur, centrés sur la chaîne pyrénéenne mais élargis aussi à des orogènes ou des problématiques analogues en Espagne, au Maroc, en Guyane ou encore à Oman, constituent une contribution essentielle aux connaissances en géologie, en termes de concepts et de méthodologies. Les résultats ont été restitués et valorisés sous des formes diverses, pour certaines innovantes : brevet, publications dans les revues scientifiques internationales de rang A, dont un numéro spécial du *Bulletin de la société géologique de France* (BSGF) pour Orogen, vade-mecum sur Source to Sink, cartes, coupes, diagrammes temporels...

## **Orogen : l'étude des processus avant, pendant et après l'orogénèse**

« Orogen visait à repenser les conditions de formation et de démantèlement des chaînes de montagnes, en prenant en compte l'héritage à travers le cycle de Wilson », résume Isabelle Thinin, cheffe du projet pour le BRGM. L'exploration de la chaîne pyrénéenne et des bassins sédimentaires d'avant-pays a conduit à améliorer certaines méthodologies d'investigation, à commencer par les outils de mesure de la thermicité Raman pour les basses températures. L'acquisition, le traitement et la valorisation des données 3D de sismique passive ont également été optimisés et utilisés pour la connaissance profonde d'un bassin et d'une chaîne de montagnes. Orogen a conduit à discuter les concepts géologiques existants et à en proposer de nouveaux, notamment sur le rôle de l'héritage et l'évolution des processus physiques, thermiques et chimiques en fonction des conditions de déformation, ainsi que sur la maturité des systèmes rift-marges et orogéniques. Ces avancées permettent d'être plus prédictif dans les géométries des formations sédimen-

taires, des structures crustales et de leurs évolutions. « Applicables à différentes problématiques, elles améliorent nos perspectives de recherche des réservoirs d'eau souterraine, des ressources énergétiques, comme la géothermie, et des aléas » avance Isabelle Thinin.

## **Source to Sink : une recherche intégrée sur les transferts de sédiments**

Source to Sink a permis d'approcher l'ensemble du système de routage sédimentaire. « C'est une révolution méthodologique qui consiste à passer d'une vision centrée sur les bassins sédimentaires à une vision intégrant les processus à la source, à savoir la génération du sédiment, l'influence du climat, la vitesse de soulèvement, et les processus de transfert », explique Éric Lasseur, responsable thématique pour le BRGM.

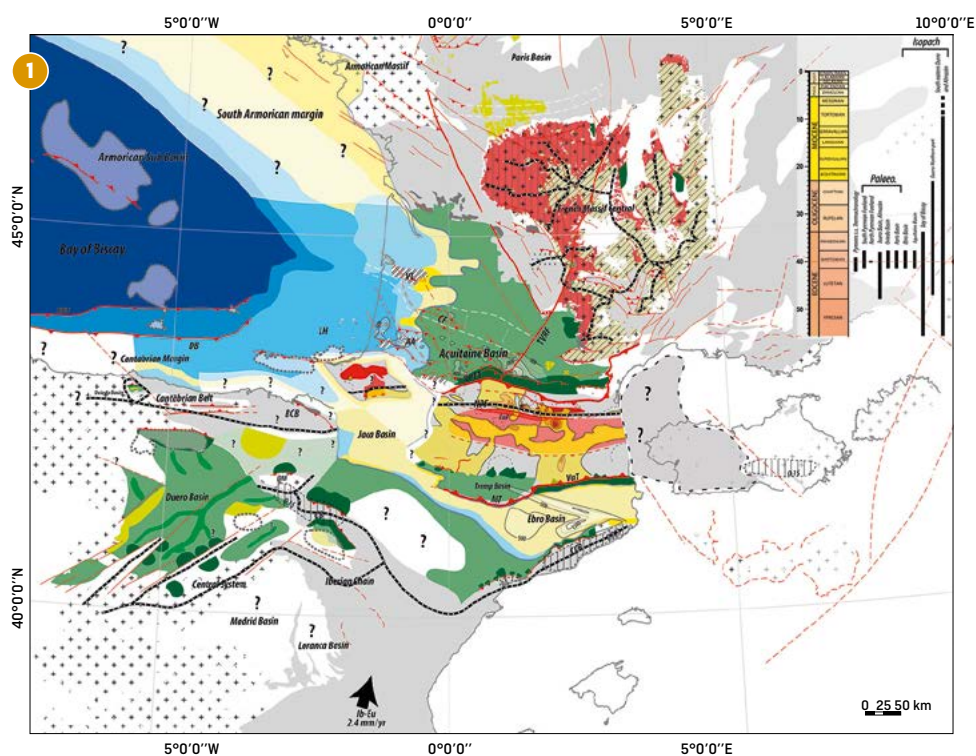
Des outils ont ainsi été développés, qui permettent de prédire les géométries sédimentaires ainsi que la nature des sédiments et donc la qualité des réservoirs. « Ce type d'étude peut être appliqué aux problématiques d'hydrogéologie, de géothermie ou encore de stockage, pour lesquelles peu de données sont disponibles », souligne Jean-Yves Roig, chef du projet. La connaissance des systèmes sédimentaires depuis la source vers la zone de sédimentation favorise également la prédiction de la distribution des gîtes minéraux et des polluants naturels.

« Nous avons réalisé pour la première fois des cartes à des pas de temps clés qui intègrent la paléogéographie 'traditionnelle' mais aussi la reconstitution des zones en érosion, la distribution des zones de transfert et la dynamique de la déformation », indique Éric Lasseur. Ces synthèses inédites favorisent également la compréhension des réservoirs fracturés et, ainsi, des risques sismiques.

## **Fluids/Cerise : quels liens entre les eaux thermales et les fluides profonds ?**

Pas moins de 22 eaux thermales et minérales susceptibles de contenir des gaz d'origine mantellique ont été prélevées lors de trois campagnes d'échantillonnage effectuées dans les Pyrénées et le bassin d'Aquitaine, suivies d'analyses chimiques, isotopiques et de datations. « L'action Cerise du projet Fluids cherchait à établir des corrélations entre la composition des eaux thermales et minérales et les remontées de fluides profonds et à conceptualiser le fonctionnement de systèmes hydrothermaux, avec un focus sur les contributions mantelliques », explique Joachim Tremosa, chef du projet pour le BRGM. Les résultats ont livré des informations précieuses sur la circulation des fluides en profondeur. Du méthane a notamment été détecté, d'origine thermogénique ou abiologique selon sa localisation. « Le méthane abiologique suggère la production associée d'hydrogène natif », indique Joachim Tremosa. Une ressource potentielle qui reste toutefois à évaluer... ●













# GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

*Mieux  
comprendre  
l'impact des  
changements  
globaux  
sur la ressource  
en eau pour  
la préserver*

**Essentielles pour l'alimentation en eau potable et l'agriculture, les eaux souterraines sont affectées par le changement climatique et la pression anthropique. Cherchant à promouvoir leur gestion durable, le BRGM élabore des outils pour mieux comprendre le fonctionnement des aquifères et anticiper la disponibilité de cette ressource.**

Le changement climatique mais aussi l'intensification de l'urbanisation et des prélèvements agricoles impactent la disponibilité et la qualité des eaux souterraines, générant des tensions sur la ressource et des conflits d'usages. Dans les régions de France comme à l'international, le BRGM s'emploie à approfondir la connaissance des aquifères, à suivre leur fonctionnement face à ces changements globaux et à apporter des solutions permettant de préserver cette ressource.

Disposant d'importants moyens analytiques et géophysiques, ses recherches portent notamment sur la gestion conjointe des eaux superficielles, souterraines et de la recharge des aquifères. L'établissement étudie également les processus de transfert et de transformation des pollutions diffuses dans les aquifères. Il élabore par ailleurs des outils de gouvernance reposant sur des approches socio-économiques, qui favorisent une gestion plus durable des eaux souterraines à l'échelle des territoires.

Si le BRGM observe en continu les grandes masses d'eau du territoire français, il développe également des services prédictifs. L'enjeu est de fournir avec le plus d'anticipation et de précision possible des prévisions saisonnières à la fois quantitatives et qualitatives. Le dispositif MétéEau Nappes s'est ainsi fortement développé en 2020. De plus en plus sollicité, il propose, en plus d'un suivi régulier et de prévisions du niveau des nappes souterraines, un nouveau service en lien avec Veolia. Cette offre permet à une collectivité de disposer, à l'échelle de son territoire, de prévisions plus fines et plus précises sur la disponibilité de la ressource en eau.



Le BRGM agit pour préserver les ressources en eaux souterraines face à la pression de l'homme et du changement climatique. Source karstique de la Loue, résurgence du Doubs.  
© Philippe Crochet



milliards de mètres cubes prélevés chaque année dans les eaux souterraines en France.





# L'interview partenaire



**Alain Porteret**

Directeur du Développement  
Veolia Eau Hauts-de-France

Une collaboration  
très originale  
qui nous permet  
de formuler  
des réponses à plus  
forte valeur aux  
collectivités pour  
leur service d'eau et  
d'assainissement.

— Vous faites en quelque sorte figure de pionnier avec cet accord ?

**ALAIN PORTERET** — Il s'agit d'une collaboration récente (datant de deux ans), qui a pris la forme de convention entre le BRGM et Veolia Eau région Hauts-de-France. Son but : valoriser nos réponses dans le contexte de renouvellement ou de conquête des contrats de délégation de service public lors d'appels d'offres, en incluant, et c'est la véritable originalité, un volet recherche et développement sur l'assainissement ou l'eau potable.

Le BRGM nous apporte son expertise scientifique. Cette approche est une première pour le Groupe à l'échelle nationale.

— Comment se déroule concrètement la collaboration ?

**A.P.** — Une fois le projet accepté par la collectivité, un conseil scientifique est créé, rassemblant des représentants de la collectivité, le BRGM et Veolia. Nous abordons des thématiques de moyen ou long terme, qui permettent de bâtir des politiques locales de l'eau et de l'assainissement pertinentes et durables, et d'étayer plus fortement la décision publique. Par exemple, nous proposons de modéliser les bassins hydrogéologiques pour anticiper l'évolution des ressources dans un contexte de réchauffement climatique. Nous cherchons aussi à comprendre l'impact de la pollution des sols, les moyens de protéger les nappes, les phénomènes de ruissellement ou encore les possibilités de soutien de rivière en période d'étiage.

Nous abordons aussi les problématiques de ReUse (réutilisation des eaux usées traitées) : comment retraiter les eaux usées et les valoriser ? pour quels usages ?

Nous travaillons en complémentarité avec les équipes du BRGM. Celui-ci apporte son expertise sur les sols et le changement climatique. Une concertation en amont permet au Laboratoire public de faire des propositions de recherche. Ces propositions, une fois retenues, font l'objet d'un programme de R&D qui donne lieu à des recommandations ou des plans d'actions concrets et réalistes.

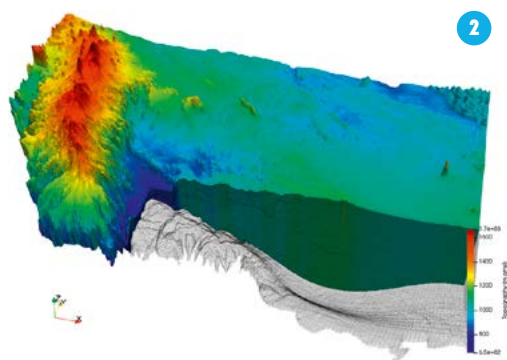
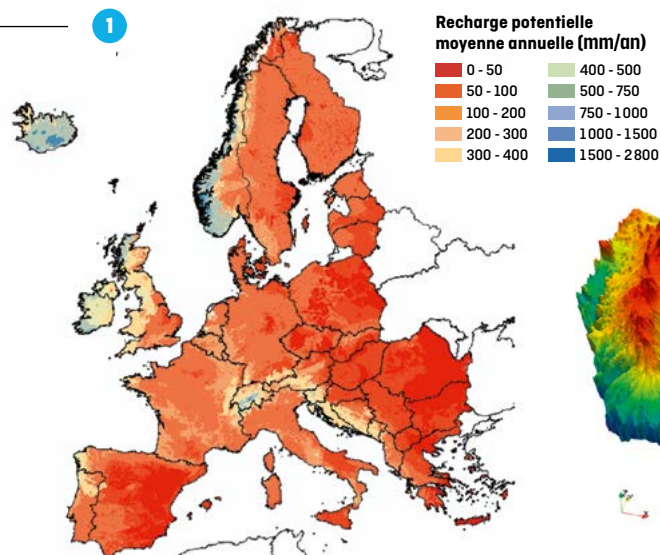
— Quels sont les résultats de cette coopération entre Veolia et le BRGM ?

**A.P.** — Cette rencontre entre public et privé est assez originale. La caution scientifique du BRGM nous apporte une vraie valeur ajoutée auprès des décideurs.

Le bilan est extrêmement positif, car même si cela a un coût, la démarche est très bien accueillie par les collectivités. Quatre projets ont été instruits dont deux sont déjà conclus. Pour la collectivité, l'utilité est directe : anticiper les risques et prendre les bonnes décisions de long terme. Et entre le BRGM et nous, malgré nos différences il n'y a pas de télescopage des cultures mais un vrai dialogue. Le BRGM comprend bien les contraintes de l'exploitant, il y a une adaptation mutuelle et la culture de chacun est respectée.

Déployée pour l'heure dans les Hauts-de-France, cette offre pourrait s'élargir à d'autres régions.





**1 — Recharge potentielle moyenne annuelle (1980-2010) en mm/an, à l'échelle des entités hydrogéologiques décrites par l'International Hydrogeological Map of Europe 1/1 500 000 (Version IHME1500 v1.2).**

© BRGM

**2 — Vue 3D du modèle hydrogéologique de la nappe des grès du Saq dans le secteur d'Al Ula (Le quart sud-est du modèle a été rendu transparent).**

© BRGM

**3 — Modélisation géologique 3D MODGEAU qui a permis une amélioration de la connaissance des aquifères de la région en bordure Sud-Ouest du Bassin parisien.**

© BRGM

### Étude de la radioactivité naturelle de la nappe des grès du Saq

**Photo 2 /** Certains aquifères gréseux du Paléozoïque contiennent naturellement des radionucléides. Une contamination particulièrement apparente dans l'aquifère des grès du Saq, dans la région d'Al Ula en Arabie Saoudite, où les teneurs en radium 226 et 228 dépassent les concentrations recommandées par l'OMS. Or cette nappe est vitale pour les besoins en eau de cette oasis. L'Agence Française pour le développement d'Al Ula (AFALULA) a fait appel au BRGM pour comprendre la distribution des radionucléides dans la nappe, estimer ses conséquences sur les besoins en eau domestique et agricole, et faire l'inventaire des solutions de traitement possibles.

### Gestion des ressources en eau d'aquifères côtiers sur l'étang de Thau

Comment peuvent cohabiter les eaux douces karstiques, les eaux thermales et les eaux saumâtres de la lagune de Thau ? Alors qu'habituellement l'eau douce de l'aquifère karstique de l'ouest de Montpellier s'écoule vers l'étang de Thau, le flux peut s'inverser : l'eau salée de l'étang s'infiltre dans la nappe, menaçant ses différents usages (eau potable, thermalisme...). Le projet DEM'EAUX Thau a permis de quantifier le phénomène, avec à la clé un futur outil de gestion des eaux souterraines pour alerter sur cet événement.

### Solutions naturelles contre les risques d'inondation et de sécheresse

Peut-on réduire les risques d'inondations avec des solutions fondées sur la Nature (SFN) ? Le BRGM a mis au point une méthode d'évaluation économique de différentes solutions (grise, SFN, hybride) prenant en compte coûts, bénéfices environnementaux et réduction des risques d'inondation. Cette méthode appliquée sur trois sites en Europe (Bassin de la Brague en France, Ville de Rotterdam au Pays-Bas et Bassin du Lez en France) révèle l'intérêt des SFN par rapport aux solutions dites « grises », grâce à un moindre coût et à efficacité comparable.

### Impacts du changement climatique sur les eaux souterraines

**Photo 1 /** Pour prendre en compte le changement climatique dans les politiques régionales et territoriales, il faut être correctement informé. Le projet INDECIS (Climate services) propose des outils et méthodes nécessaires à la construction de portails de services climatiques, où les gestionnaires des services de l'eau trouveront des données et des indices utiles à leurs problématiques de gestion à l'échelle de l'Europe. Le BRGM intervient pour les impacts du climat sur la ressource en eau souterraine. [www.indecis.eu](http://www.indecis.eu)

### Capacités analytiques pour la surveillance des eaux souterraines

Le projet ACCES, cofinancé par l'Office français de la biodiversité et plusieurs partenaires, doit permettre d'évaluer le risque de transfert dans les eaux souterraines de produits de dégradation issus de pesticides. Grâce à une méthode innovante d'analyse, la spectrométrie de masse haute résolution, il sera possible de déterminer la présence de métabolites dans les eaux souterraines. Les résultats seront à disposition des décideurs pour la mise en œuvre de leur suivi.

### Modèle géologique pour la gestion de l'eau

**Photo 3 /** Avec le projet de recherche MODGEAU, la connaissance des aquifères en bordure Sud-Ouest du Bassin parisien a pu être améliorée. Un modèle géologique 3D a été créé à partir de techniques développées pour la prospection pétrolière et de données géologiques non encore exploitées. Ce modèle constitue ainsi une base de connaissances patrimoniale nécessaire à l'application des réglementations et à la gestion durable des ressources en eau.

### Fonctionnement hydrodynamique des aquifères du sud du Bassin aquitain

Le programme de recherche GAIA (BRGM, TEREGA et Agence de l'eau Adour-Garonne), mené de 2014 à 2021, a permis de mieux comprendre le fonctionnement hydrodynamique du système multicouche aquifère complexe du sud du Bassin aquitain. Mené selon une approche pluridisciplinaire, ce travail devrait répondre aux besoins des acteurs locaux dans le cadre d'une gestion de la ressource en eau.





# De nouveaux outils pour mieux gérer et prévoir les niveaux des aquifères français



**Jérôme Nicolas**  
Ingénieur  
hydrogéologue



**Bruno Mougin**  
Ingénieur  
hydrogéologue

## **Comment vont se comporter les aquifères en France ? Comment prévoir les niveaux des nappes pour mieux gérer les ressources en eau et anticiper les sécheresses ou les inondations ?**

Le sujet est d'actualité dans le contexte de réchauffement climatique actuel. Les collectivités et les industriels sont de plus en plus demandeurs d'outils d'aide à la décision dans ce domaine. Une problématique d'autant plus cruciale qu'en France, l'eau souterraine représente près des deux tiers de l'eau potable consommée et environ un tiers de celle utilisée dans l'agriculture.

Certes, cette ressource est déjà suivie au quotidien par le BRGM, via son réseau piézométrique composé de 1 600 ouvrages répartis sur le territoire métropolitain et en Outre-mer. Le BSH nappes, Bulletin de situation hydrogéologique, permet chaque mois de réaliser une cartographie de l'état du niveau des nappes d'eau souterraine à partir des données de surveillance remontées en temps réel.

### **Passer de la surveillance à la prévision des eaux souterraines**

Mais cela ne suffit pas pour anticiper car il s'agit d'un état de la situation des aquifères, à un instant donné. En prolongement du BSH, les équipes du BRGM ont donc développé un nouvel outil de prévision, cette fois de l'évolution des nappes : MétéEAU Nappes. Le site web a été mis en ligne début 2021<sup>1</sup>. On peut y voir l'état de la ressource en un point donné et en temps réel, suivant la même méthodologie que le BSH. En complément, le site permet de visualiser des prévisions sur la base de scénarios climatiques.

### **Une modélisation adaptée à chaque aquifère**

Techniquement, MétéEAU Nappes est une plateforme, qui à la fois collecte des données et est ouverte à l'extérieur par un système d'API (Application programming interface) pour nourrir et échanger avec des services de professionnels.

MétéEAU Nappes affiche la situation du niveau des nappes à la date du jour, mais aussi leur évolution future. Pour cela, ce nouvel outil repose sur le service de calcul de l'IPS (Indicateur piézométrique standardisé), aussi bien pour les données piézométriques en temps réel que pour les données prévisionnelles.

Les points étudiés doivent s'appuyer sur des données connues depuis au moins 15 ans, pour pouvoir faire des hypothèses statistiques. Par ailleurs, le fonctionnement des aquifères étant varié en France, chaque point d'eau souterraine intégré dans MétéEAU Nappes est modélisé spécifiquement avant d'être intégré au site web.

### **Un outil d'aide à la décision et des services variés**

Cette plateforme se présente donc comme un outil de gestion de l'eau souterraine. Elle s'adresse d'abord aux services de l'État et aux collectivités en charge de la gestion des usages de l'eau. Plus largement, elle est au service des gestionnaires, des industriels, des ingénieurs et des prévisionnistes dans les territoires. Elle répond à une demande croissante d'aide pour la gestion de la ressource. Le site propose plusieurs niveaux d'accès en fonction de l'expertise des utilisateurs : le grand public, mais aussi les professionnels avec des niveaux d'accès réservés. Une quinzaine de points sont actuellement répertoriés ; la carte doit être complétée et l'outil, évolutif, devrait permettre d'intégrer de nouveaux services très prochainement.

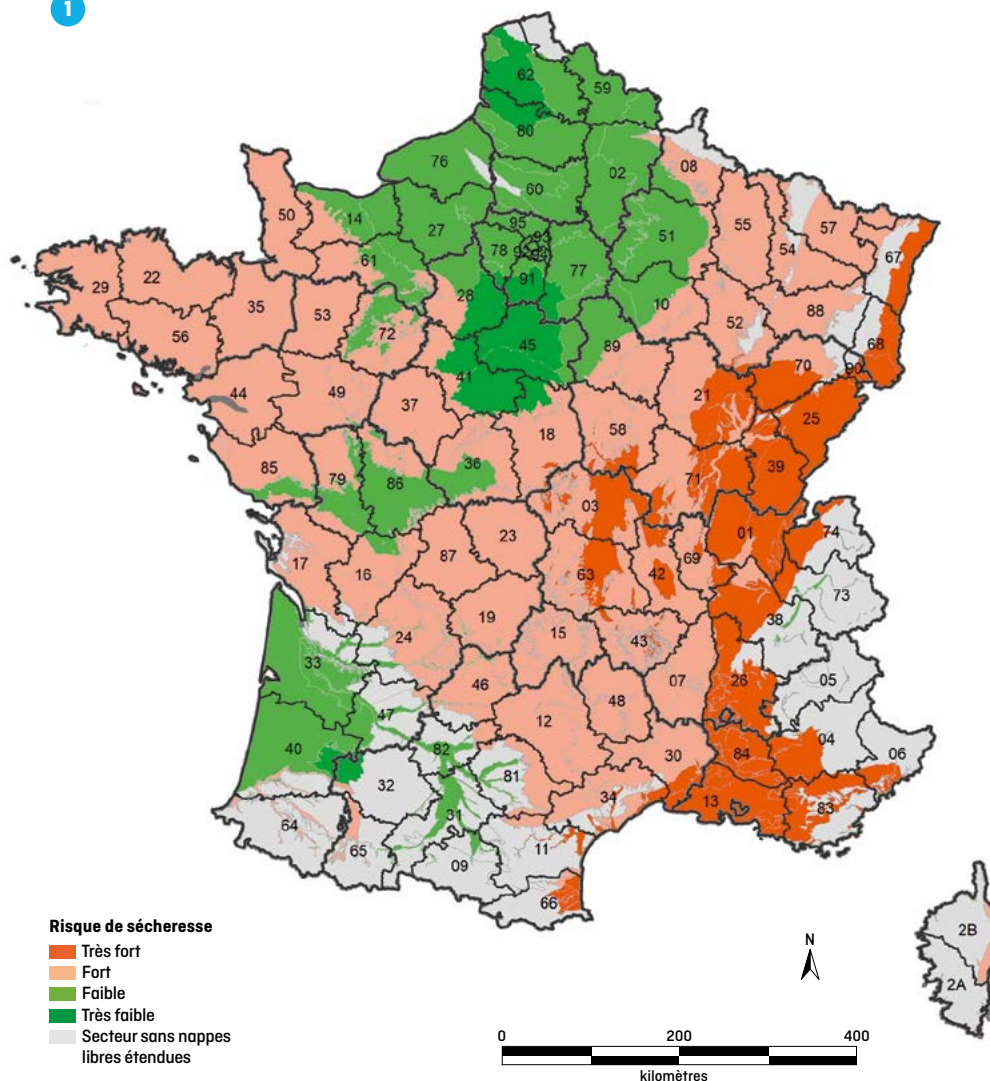
MétéEAU Nappes offre ainsi un ensemble d'outils utiles à la gestion des étiages et des risques d'inondation par remontée de nappe, tels que l'affichage de la situation des nappes et leur prévision. La collecte et la diffusion en temps réel des données sur les eaux souterraines en permettent une mise à disposition automatique quotidienne. Les données les plus récentes sur les eaux de surface et la pluviométrie sont aussi associées. Ces informations sont rafraîchies dynamiquement à chaque date de connexion. La plateforme est surtout un service d'aide à la décision pour la gestion de l'eau, avec un rafraîchissement automatique mensuel possible des données prédictives proposées sur un horizon de six mois.

Clients potentiels : les services de l'État pour anticiper et définir les arrêtés de restriction d'usage de l'eau, les gestionnaires publics ou privés, les DREAL, agences de l'eau, régions, départements, EPTB, communes, bureaux d'études, producteurs... Et l'ensemble des acteurs du monde agricole pour mieux anticiper, optimiser et piloter les campagnes d'irrigation selon la disponibilité de la ressource. Sans oublier les industriels... ●

1 - <https://meteeanappes.brgm.fr>



1



1 — Carte prédictive du risque de sécheresse sur les nappes à enjeux extrapolée à partir du Bulletin de situation hydrologique (BSH) et de MétéEAU Nappes.

© BRGM

2 — Page d'accueil du site web MétéEAU Nappes.

© BRGM

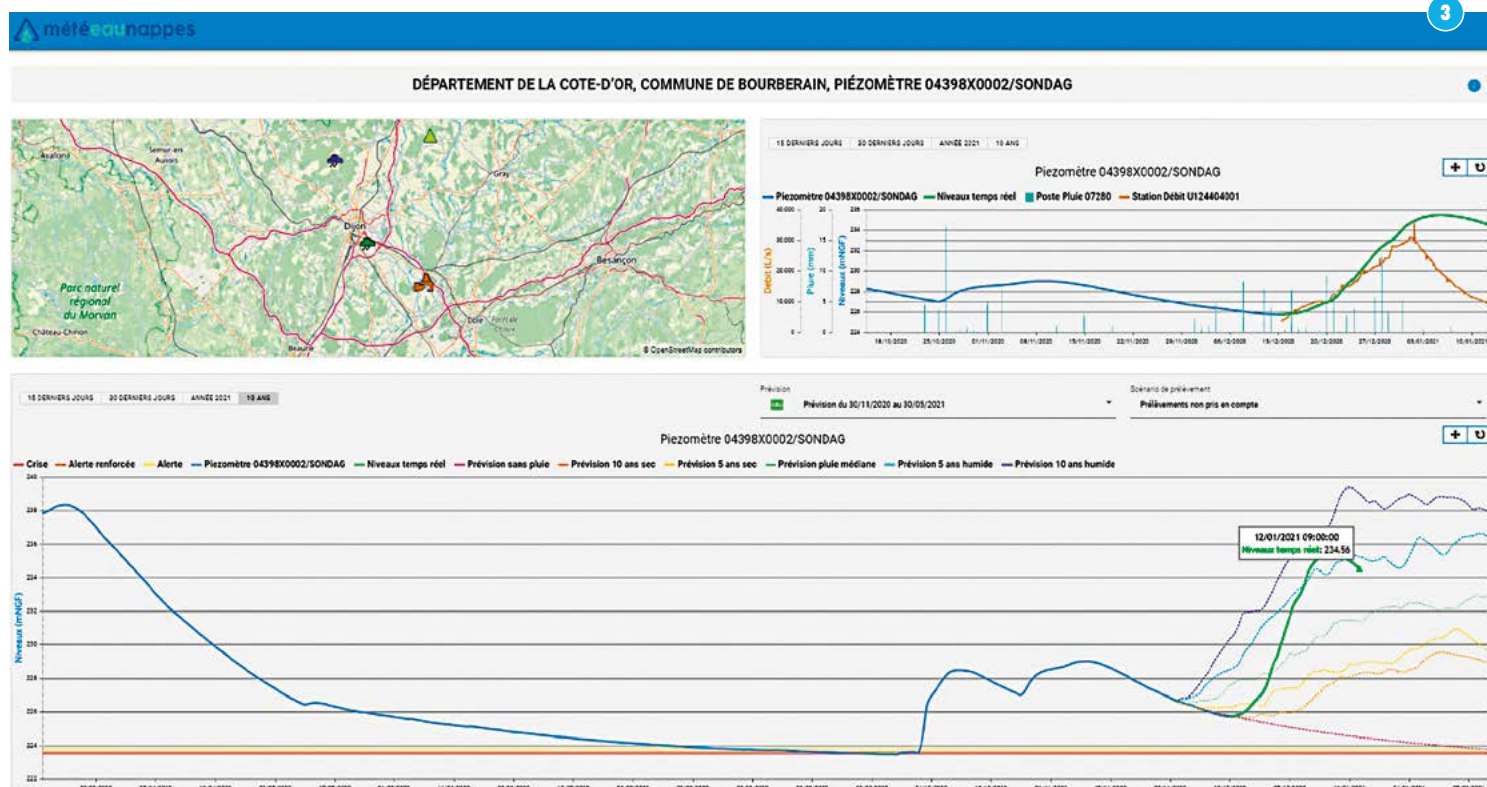
3 — Exemple de visualisations graphiques des relevés et des prédictions sur un point précis sur le site web MétéEAU Nappes.

© BRGM

2



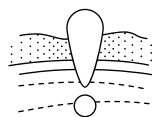
3











# RISQUES ET AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

*Maîtriser  
les risques et  
anticiper leurs  
impacts sur les  
territoires*



Diagnostic d'une  
ancienne carrière  
souterraine à Chablis  
suite à un effondrement  
menaçant une route  
départementale  
et des bâtiments  
de la vieille ville.

© BRGM - G. Noury

160

millions de tonnes de  
terres excavées produites  
en France en 2020.

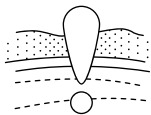
**La prise en compte des risques, notamment ceux liés au sol et au sous-sol, est fondamentale pour un aménagement durable des territoires. Le BRGM les accompagne en développant des approches intégrées de prévision et de gestion de ces risques, qui visent à assurer leur résilience.**

En matière de risques, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique, l'étude des phénomènes et de leurs impacts oblige à associer les géosciences à d'autres disciplines liées à l'environnement et à la société, afin d'intégrer la diversité de facteurs interdépendants qui entrent en jeu. Le BRGM dispose de l'expertise nécessaire pour mettre en œuvre cette transversalité et la déployer sur différentes échelles de temps et d'espace. Ses travaux peuvent se porter sur différents maillons de la chaîne du risque, de la prévention à la résilience en passant par la préparation, l'alerte, l'appui à la gestion de crise, le relèvement, la remédiation et l'adaptation. L'établissement contribue ainsi à l'aménagement durable des territoires.

Face aux aléas naturels impactant le sol (instabilités gravitaires, retrait-gonflement, érosion), le sous-sol (séismes, effondrements) ou le littoral (submersion, érosion du trait de côte), le BRGM met en place des outils prédictifs, des systèmes d'alerte et des techniques de réduction des risques. En 2020 à Mayotte, il a ainsi élaboré une cartographie prédictive du risque de submersion générée par l'activité sismique liée au volcan sous-marin découvert en 2019 au large de l'archipel et pouvant déstabiliser des versants sous-marins.

Le BRGM intervient par ailleurs dans la gestion des anciens sites miniers ou industriels et la reconquête des sols pollués. Il s'attache à suivre et inventorier les terres excavées pour favoriser leur recyclage. Il développe notamment des méthodes de caractérisation qui permettent de certifier leur potentiel de valorisation et d'assurer leur traçabilité.





# L'interview partenaire



**Antonio Queiroz**

Vice President of Innovation and Technology/  
Process Planning - BRASKEM

**Suite à un tremblement de terre à proximité d'un site minier dans le Nordeste brésilien, nous avons fait appel au BRGM pour définir des solutions de sécurisation de la zone et des populations.**

— Qu'est-il arrivé dans la région du nord-est du Brésil, qui vous amène à consulter le BRGM ?

**ANTONIO QUEIROZ** — Braskem est le sixième groupe pétrochimique mondial. Nos métiers concernent la production de résines thermoplastiques polyéthylène et polypropylène, de chlorure de polyvinyle (PVC) et de bio-polymères, mais aussi des produits pétrochimiques de base (soude, intermédiaires aromatiques, solvants). En 2002 nous avons acquis un site minier, exploité depuis 27 ans, dans la ville de Maceió, État de l'Alagoas (Nord-est du Brésil), pour l'extraction de sels nécessaires à la production de chlore-soude.

Or un séisme d'une magnitude de 2,4 sur l'échelle de Richter s'est produit à proximité en mars 2018. De faible intensité, mais dans une zone densément peuplée, le phénomène a provoqué une augmentation des fissures dans des rues et sur des habitations. Les investigations du phénomène ont mis en évidence des affaissements et des mouvements de terrain. Il était nécessaire d'en étudier les hypothèses de causes, et nous avons fait appel au BRGM.

— Comment s'est organisée la collaboration ?

**A.Q.** — Très vite, les autorités brésiliennes ont lancé des études, et un rapport officiel a pointé les mines comme origine des désordres en surface. Nous avons décidé l'arrêt immédiat de l'exploitation, et fait appel à des spécialistes mondiaux parmi lesquels le BRGM, aux côtés des universités de Sao Paulo et de Rio de Janeiro, ainsi que l'Imperial College de Londres et l'université de Houston.

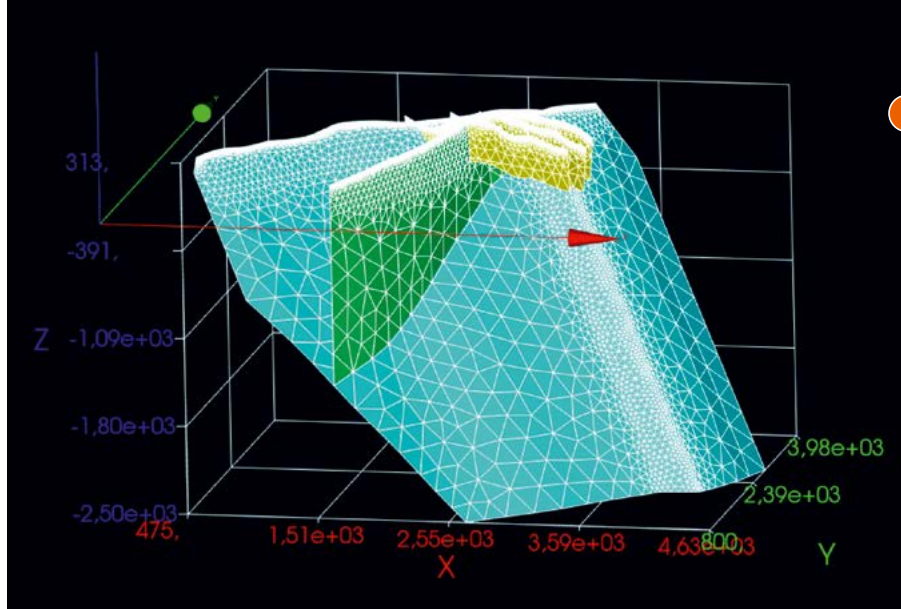
Compte tenu du caractère du dossier, des décisions à prendre, avec des mines très profondes (1000 mètres) et une certaine faiblesse des infrastructures, il était important de disposer d'analyses de la part d'acteurs indépendants. Le BRGM jouit d'une très bonne réputation, et sa légitimité dans les géosciences et l'étude des risques anthropiques n'est plus à démontrer. Le BRGM a travaillé sur la compréhension du phénomène et l'existence de failles géologiques.

— Qu'est-il ressorti de ces travaux ?

**A.Q.** — Le BRGM nous a assisté sur les mesures à prendre pour sécuriser la région : en 2020, 9 200 familles ont pu être déménagées, et un total de 15 000 le seront jusqu'à la fin de 2021. Nous avons établi un plan de fermeture de mines et de stabilisation des mouvements, et créé un système de surveillance en profondeur et en surface. Le BRGM a rédigé un rapport de consolidation des études des autres partenaires pour nous faciliter le dialogue avec les autorités et la société.

Nous avons apprécié l'ouverture, la flexibilité et la capacité du BRGM à collaborer avec d'autres entités. Il s'est agi d'un véritable partenariat. L'exploitation a été définitivement arrêtée en 2019, et le BRGM nous a aidés à assumer notre responsabilité sociétale.





**1 — Modèle 3D à deux failles de Rouvière et Pourrière (en vert) et intégrant les 3 fissures transversales dans le calcaire de Barrémien (en jaune).**

© BRGM

**2 — Préparation d'échantillons en solution aqueuse pour analyser leur teneur en Substances per et polyfluoroalkylées (PFAS).**

© BRGM – C. Boucley

**3 — Fin de l'expérimentation en cuve, au BRGM, pour démontrer l'impact de la phytostabilisation sur des résidus miniers à une échelle métrique. Les racines piègent le stérile minier.**

© BRGM – L. Le Forestier



### Enquête sur l'origine du séisme du Teil

**Photo 1 /** Le 11 novembre 2019, un séisme de magnitude 5 a touché la commune du Teil et ses environs, dans l'Ardèche. Un rapport public du CNRS a émis l'hypothèse qu'une carrière du groupe LafargeHolcim (LH) ait pu jouer un rôle dans son déclenchement. À la demande de LH, le BRGM a lancé un programme pour resituer le contexte géologique et structural du secteur autour du foyer, simuler l'influence de la carrière sur le système de faille et étudier tous les phénomènes naturels ayant pu déclencher ou induire un séisme.

### Expertises en risque sismique en vue de la construction d'un CNPE

La société Assystem s'est appuyée sur l'expertise du BRGM dans les domaines du risque sismique, de la sismotectonique et de la géophysique. Motif : les études et qualification d'un site potentiel saoudien pour la construction d'une centrale nucléaire de production d'énergie électrique (CNPE). Une dizaine d'experts du BRGM ont été impliqués.



### EVAPORE : évaluation de l'efficacité des politiques publiques pour réduire les impacts du ruissellement

Le territoire Seine-Aval, en Haute-Normandie, témoigne d'une hyper-sensibilité aux ruissellements : érosion, inondations, coulées de boue, dégradation de la qualité de l'eau. Le projet EVAPORE a permis d'évaluer la politique menée depuis 2000. Il a proposé une adaptation de la stratégie d'intervention publique.

### Re-fonctionnalisation des sols avec le projet BIOTUBES

Comment favoriser le regain des fonctions écologiques des sols ? Le projet BioTUBES (Bio-Technosols Urbains en faveur de la Biodiversité et des Services écosystémiques), en partenariat avec le BRGM et des entreprises a testé les approches de génie écologique développées sur des sols de friches dégradées via une analyse multicritère, économique, écologique et réglementaire.

La re-fonctionnalisation des sols a pu être suivie sur trois ans, avec l'aide d'indicateurs biologiques. L'impact positif de ces approches sur le regain des fonctions écologiques des sols a pu être mis en avant.

### Sites miniers, des plantes pour réduire leur impact environnemental

#### • PhytoSELECT

**Photo 3 /** Développement d'une méthodologie de phytostabilisation des résidus miniers. L'impact sur les flux de polluants est réel et a pu être précisé par une expérimentation en mésocosme métrique réalisé sur la plateforme PRIME du BRGM (un dispositif expérimental où sont reproduites les conditions naturelles de vie d'espèces à une échelle intermédiaire entre l'expérience en pot et l'étude sur site).

#### • PAPIRUS

Optimisation de l'extraction et de la dégradation de DNAPL, composés chlorés en phase pure non miscibles à l'eau, impactant le milieu souterrain. Différents gels ou mousses sont injectés dans les nappes dans le but de bloquer les parties les plus perméables et de pousser le DNAPL.

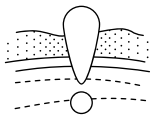
### Franchissement de la Loire : aléas géologiques liés au karst

Le BRGM a étudié l'aléa mouvement de terrain lié à la karstification des sols pour le Conseil départemental du Loiret, en vue de la construction d'une route franchissant la Loire près de Jargeau. Le calcaire connaît ici des cavités avec des circulations d'eau, une altération du toit rocheux, une érosion interne des matériaux et des mouvements du sol. Le travail documentaire, de mesures *in situ*, de sondages géotechniques et de mesures physico-chimiques a permis de préciser le risque d'effondrement.

### Développement analytique pour l'analyse de polluants émergents

**Photo 2 /** Enduit antitache, imperméabilisant, mousse anti-incendie, agent tensioactif, revêtement de sol... Les PFAS (substances per et polyfluoroalkylées) sont des substances organiques de synthèse couramment utilisées à des fins domestiques ou industrielles. Le BRGM a mis au point une nouvelle méthode pour leur analyse, dans le cadre du projet de recherche « CONCERTO » avec la société COLAS. Des essais expérimentaux ont été menés sur ces substances. Une méthode d'analyse de 18 composés perfluorés dans les eaux a été mise au point pour des concentrations très basses (20 à 100 ng selon les composés). De même qu'une méthode de dépollution chimique sur certains de ces PFAS.





# Impacts de tsunamis : une cartographie prédictive des submersions à Mayotte



**Anne Lemoine**  
Sismologue



**Rodrigo Pedreros**  
Océanographe



**Andrea Filippini**  
Ingénieur de Recherche  
modélisation

**En 2019, suite à des séismes enregistrés sur l'île de Mayotte depuis des mois, le BRGM a participé à la découverte au large de l'île d'un nouveau volcan sous-marin. L'occasion de mener des modélisations de tsunamis potentiels dans un contexte de volcanisme actif, et d'en cartographier les impacts en termes de submersion.**

C'est le plus gros volcan naissant observé depuis 1783 ! Le 10 mai 2018, Mayotte, dans l'océan Indien, est soudainement le siège d'un phénomène tellurique spectaculaire. Pendant des mois, des séismes à répétition frappent l'île. À l'été, des déplacements très importants sont enregistrés à terre. Le BRGM, le CNRS, l'ENS, l'Ifremer, l'IGN et l'IPGP lancent alors des travaux pour mieux comprendre le phénomène, aussi bien à terre qu'en mer avec une mission d'observation du fond marin et de la colonne d'eau. Résultat : en mai 2019 les chercheurs français découvrent un nouveau volcan. On parle alors d'éruption effusive, toujours active en 2021, source de séismes et de coulées régulièrement cartographiées. La surveillance du phénomène est alors organisée autour du REVOSIMA, le réseau de surveillance volcanologique et sismologique de Mayotte.

Situé à 50 kilomètres des terres, à quelque 3 500 mètres de profondeur, le volcan est un mastodonte sous-marin haut de 800 mètres sur quatre kilomètres de diamètre. L'île, quant à elle, qui fait seulement 376 km<sup>2</sup> a glissé vers l'est jusqu'à 25 cm et s'est enfoncée jusqu'à 19 cm par un phénomène remarquable de vidange d'une grande chambre magmatique profonde (environ 6,5 km<sup>3</sup> de lave ont été éruptés). Le volcan, appelé par des Mahorais « Le monstre imaginaire » (Bagug) ou « Le roi des mers » (Mfaloumle Wa Bahari), bien qu'encore non officiellement baptisé, pourrait présenter une menace pour l'île.

La DGPR, Direction générale de la prévention des risques du ministère de la Transition écologique, a alors chargé le BRGM d'une étude pour estimer les impacts de tsunamis potentiels sur l'île.

## Mieux estimer l'aléa tsunami

Il s'agissait de réaliser, à partir de modélisations numériques de tsunamis, une cartographie prédictive des submersions pour mieux estimer l'aléa associé. Le projet est terminé ; il s'inscrit dans le cadre des actions mises en place en juin 2019 par quatre ministères avec la communauté scientifique autour de la surveillance du phénomène volcanique : comment mieux caractériser et affiner les sources, améliorer et cartographier les estimations d'impact.

Les équipes de chercheurs se sont concertées pour caractériser trois types d'événements pouvant être à l'origine de tsunamis au voisinage de Mayotte : séisme, glissement sous-marin et effondrement de réservoir magmatique et des flancs du volcan sous-marin.

Le BRGM a pu ainsi modéliser 60 scénarios, de la génération et la propagation des vagues de tsunami à la submersion de la côte. Les chercheurs ont évalué le rôle protecteur du récif et de la mangrove, l'ordre de grandeur et le temps d'arrivée des vagues. Les scénarios les plus impactants pour les côtes de Mayotte ont été identifiés : certains comportent de fortes incertitudes, liées à une mauvaise connaissance des structures géologiques et du système magmatique. Les modèles établis devront être précisés au fil du temps pour l'estimation de l'aléa.

L'objectif final de ce projet était de réaliser un outil d'aide à la décision en cas de tsunami, et de cibler des actions de recherche à mener pour améliorer les modélisations d'impact de tsunamis, travaux menés en collaboration avec l'IPGP. Les résultats ont aussi été utiles pour une cartographie des voies d'évacuation et pour documenter des projets d'aménagement du territoire comme l'allongement de l'aéroport.

## Un exemple emblématique de recherche collaborative

Mais sur le plan fondamental, ces travaux ont aussi fait progresser les interactions entre équipes scientifiques et l'état des connaissances des disciplines concernées, si l'on veut être demain plus efficace dans l'anticipation. Le domaine est en effet d'une extraordinaire complexité, et l'on a pu constater que les logiciels de modélisations et les données géologiques disponibles se révèlent insuffisants. Il faut donc développer des outils de simulation à même de prendre en compte à la fois les différents cas de sources tsunamigènes, et des conditions de terrain elles-mêmes très complexes pour la propagation des ondes et la submersion associée.

Par ailleurs, dans un contexte de protection civile et d'aménagement du territoire, les modélisations ne doivent pas se restreindre au tsunami et à la submersion associée : elles devront aussi nécessairement intégrer des effets sur les bâtiments ou les infrastructures. Ce qui veut dire aller jusqu'à la modélisation du risque.

Le travail en équipe a joué dans ce projet un rôle majeur. La problématique est vraiment pluridisciplinaire : modélisation numérique, infrastructures de calcul, submersion marine, modèles hydrodynamiques, mouvements de terrain, océanographie, volcanologie, sismologie, communication, géomatique... Un projet aussi abordé sous différents angles, opérationnel, exploratoire, recherche et impliquant plusieurs établissements et ministères.

En résumé, un véritable champ d'expérimentation pour fédérer une communauté pluridisciplinaire et pluri-institut autour d'une problématique complexe. Et un exemple emblématique de recherche collaborative et ouverte. Sachant que l'événement de Mayotte s'est aussi révélé être un bon cas d'école : les travaux menés par le BRGM et ses collaborateurs pourraient être appliqués à d'autres territoires. ●



**1 — Modélisation d'un scénario de tsunami à Mayotte en cours de propagation : la couleur est liée à l'amplitude de la surélévation du plan d'eau et les flèches noires représentent la vitesse de l'eau en certains points peu profonds.**

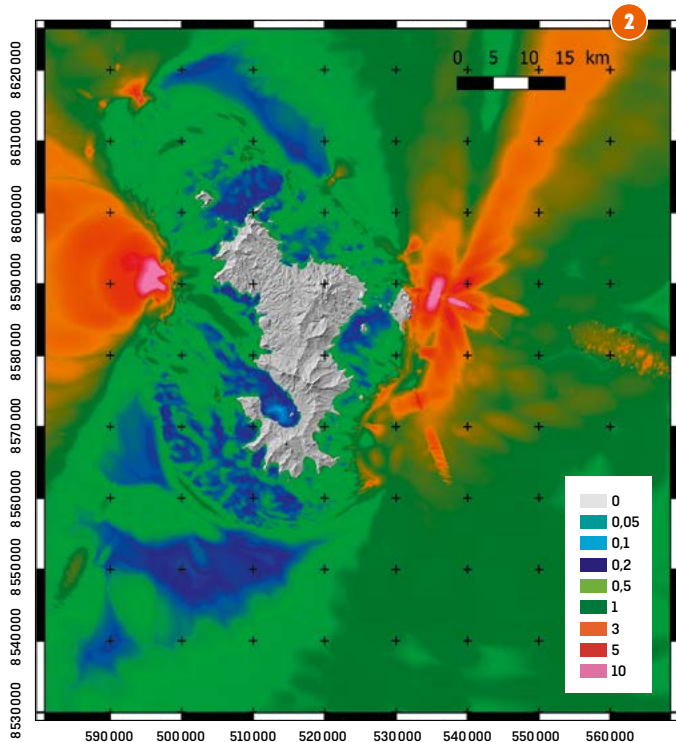
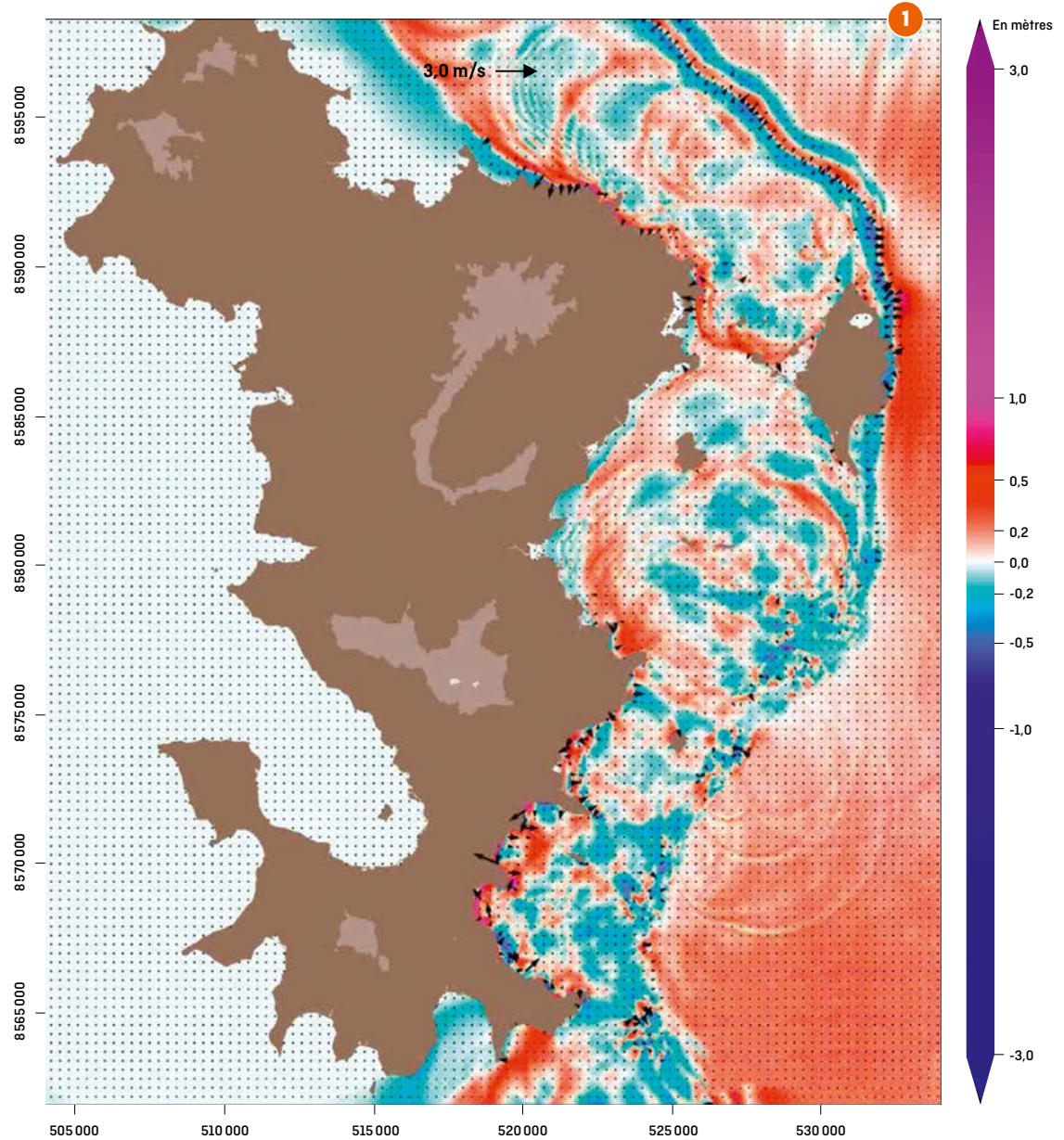
© BRGM

**2 — Carte des maximums d'élévation du plan d'eau pour l'ensemble des scénarios de tsunami considérés liés à des instabilités gravitaires.**

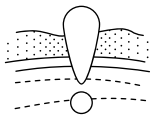
© BRGM

**3 — Surveillance du poste de suivi d'acquisition acoustique lors de la mission à bord du *Marion Dufresne* qui a permis la découverte du nouveau volcan en mai 2019.**

© BRGM - I. Thion







# Qualité des sols : comment répondre aux enjeux du recyclage des terres excavées ?



**Samuel Coussy**

Chef de projet  
sites et sols  
pollués



**Francis Garrido**

Directeur Adjoint de la Direction  
de l'Eau, de l'environnement,  
des procédés et analyses

**Les terres excavées constituent une majorité des déchets produits chaque année par le BTP. Au cœur des problématiques de durabilité, en particulier dans les grandes métropoles, comment répondre dans ce domaine aux enjeux de l'économie circulaire tout en maîtrisant les risques environnementaux ? Plusieurs travaux sont en cours au BRGM.**

GIS Sol, GeoBaPa, Soltracing... Autant d'actions qui mobilisent les équipes de chercheurs du BRGM dans le domaine des terres excavées. Il faut dire que le sujet est préoccupant : ces terres, ce sont chaque année des volumes considérables qui sont produits, sur des chantiers pour des bâtiments ou des ouvrages de génie civil. Précisément, sur les 260 millions de tonnes de déchets issus chaque année du BTP, pas moins de 70 % sont des terres excavées ! Et ces chantiers sont en forte progression, notamment dans le contexte du Grand Paris. Le besoin de travailler sur le sujet devient très important.

Économie circulaire, maîtrise des risques environnementaux : l'accroissement constant de ces déchets impose en effet une gestion ambitieuse et transparente des flux de terre, et l'optimisation de leur réutilisation.

## **Valoriser les terres excavées et assurer leur traçabilité**

Cela fait partie des activités historiques du BRGM, qui a acquis une forte légitimité sur ce sujet, en travaillant sur divers programmes depuis plus de 10 ans. Les terres excavées sont souvent placées dans des sites de stockage, la question se pose alors de leur valorisation, et les travaux des chercheurs prennent en particulier la forme de guides de bonnes pratiques au service des professionnels.

Point de départ pour le BRGM, ces guides sont prolongés par plusieurs projets distincts, mais qui vont tous dans le même sens, sur la méthodologie de gestion des terres excavées ou sur l'établissement de fonds pédogéochimiques urbains. C'est le cas du projet GeoBaPa, et la raison de l'adhésion en 2020 du BRGM au GIS Sol. Le BRGM est aussi entré en 2019 dans le capital de Soltracing, société spécialisée dans les solutions innovantes de caractérisation et de traçabilité des flux de terres pour accompagner et promouvoir la valorisation des terres excavées en France.

Toutes ces activités sont en cohérence au BRGM, expert de l'étude des sols et sous-sols. Elles visent à assurer la traçabilité des matériaux extraits pour favoriser l'économie circulaire de façon sécurisée, avec notamment la réalisation de plateformes digitales.

## **Un référentiel de fonds pédogéochimiques pour le réemploi des terres excavées**

La participation très récente, en 2020, du BRGM dans le GIS Sol (Groupement d'intérêt scientifique sur le sol) aux côtés de l'INRAE, l'Ademe, l'IGN, l'IRD et l'OFB, s'inscrit dans le programme intitulé « Qualité des sols dans le domaine des sites et sols (potentiellement) pollués », dédié aux données liées au sol. Il s'agit de créer un véritable système d'information au niveau national, le BRGM travaillant sur la qualité des sols potentiellement pollués, avec une mise en commun de BDSolU, sa base de données de fonds géochimiques urbains avec celle de l'INRAE, DoneSol.

Le projet GeoBaPa, quant à lui, lancé en 2016, se présente comme un « référentiel pour une meilleure gestion des terres issues du BTP ». C'est un projet partenarial, coordonné par la société Soltracing dont le BRGM est actionnaire. Le BRGM opère aux côtés de BG Ingénieurs-Conseils, Geovariances et Esiris, ainsi qu'avec une dizaine de maîtres d'ouvrage, d'aménageurs publics, de collectivités locales et d'établissements publics fonciers. Il s'agit ici de soutenir l'économie circulaire dans la vallée de la Seine, en déterminant l'acceptabilité environnementale des terres de chantier pour ensuite en assurer la traçabilité.

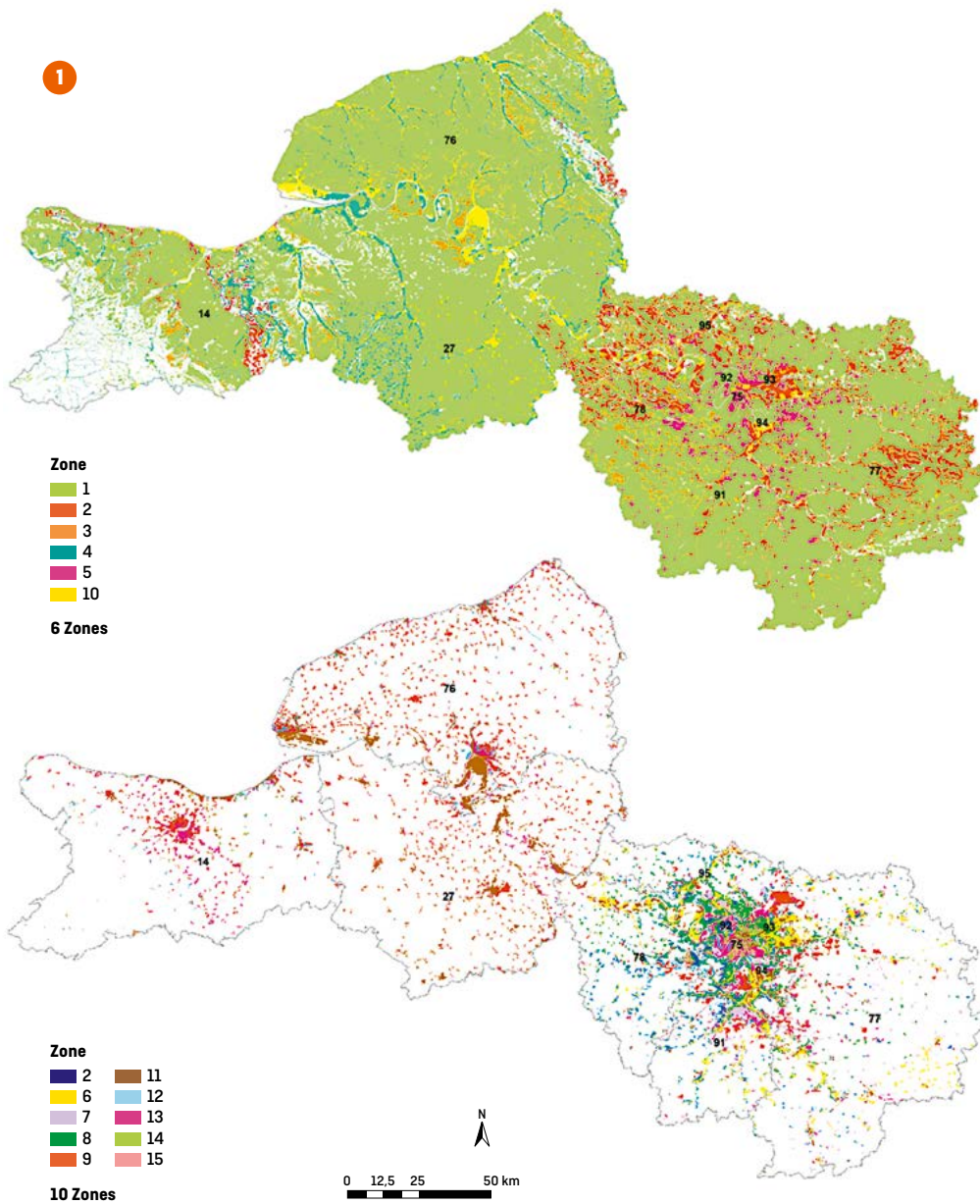
GeoBaPa a déjà publié le référentiel de fonds pédogéochimiques du Bassin parisien et de la Normandie, c'est-à-dire les concentrations en éléments chimiques dans les sols de ces régions.

Pour cela, une cartographie de la qualité des sols a été établie à partir de 7700 échantillons, issus de plus de 200 sondages. Premier résultat : une qualité chimique de sols très variable, d'une zone à l'autre de la vallée de la Seine, en particulier lorsque des activités humaines ont déjà remanié les sols (travaux, excavations, aménagements...). Ces valeurs de fonds permettront donc de mieux favoriser et sécuriser la réutilisation des terres excavées, sur la base du principe de maintien de la qualité des sols.

Sur le terrain, le BRGM a aussi pu assurer la cohérence de la méthodologie de GeoBaPa avec, par exemple, les travaux déjà réalisés sur le même sujet au niveau national. Le BRGM a par ailleurs participé au traitement géostatistique des données, et a pu contribuer à la pertinence des valeurs de fonds obtenues.

Par ailleurs, le BRGM coordonne et réalise, pour le compte du ministère de la Transition écologique, la mise en place du registre national des déchets dangereux, non dangereux, terres excavées et sédiments, et des services de télédéclaration associés, qui devra obligatoirement être renseigné par tout opérateur traitant plus de 500 m<sup>3</sup> de terre. Une obligation réglementaire prévue pour 2022. ●





**1—** Cartographie de la division du territoire en zones correspondant chacune à un jeu de valeurs de fonds pédogéochimiques (en haut, carte des zones correspondant aux terrains naturels et en bas, celles correspondant aux terrains remblayés).

© GeoBaPa

**2—** Les terres excavées représentent 70 % des déchets du BTP et sont par conséquent une ressource importante à valoriser pour l'économie circulaire.

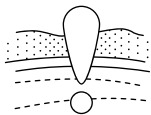
© BRGM – P. Bataillard

**3—** Le BRGM étudie des solutions de valorisation des terres excavées comme composant pour recréer artificiellement des sols fonctionnels.

© P. Bataillard







## APRÈS-MINE

**Malgré une année 2020 exceptionnelle marquée par le contexte sanitaire lié au COVID-19, le DPSM a su poursuivre sa mission de surveillance récurrente des installations minières. Il a pu lancer et suivre les travaux importants programmés, tels que les travaux de restauration de l'étanchéité du stockage de Montredon (voir le projet phare de la Vallée de l'Orbiel, ci-dessous), ou encore la rénovation de la station de relevage des eaux de Godion, à Sin-le-Noble. Le tout en préservant sa capacité de réaction face à des imprévus demandant une intervention en urgence, comme sur le terril de charbon en combustion de Sainte-Florine.**

# Vallée de l'Orbiel : comment gérer un site pollué touché par un événement climatique majeur



Après les inondations spectaculaires et destructrices d'octobre 2018 qui ont touché la vallée de l'Orbiel, dans l'Aude, la question s'est posée du renforcement des mesures de gestion de la pollution issue des anciens sites miniers et industriels de Salsigne, longtemps la principale mine d'or de France, fermée en 2004.

En effet, la crue a été aux yeux de nombreux habitants du secteur révélatrice d'une activité minière et industrielle historique, souvent méconnue ; il subsiste notamment des matériaux pollués, dont la totalité n'est pas confinée. La catastrophe a entraîné des déplacements de sédiments et des érosions de sols, et provoqué une modification de la distribution de la pollution, déjà présente mais pour l'essentiel bien contenue hors des cours d'eau.

### Sécuriser les anciens stockages

Dans le cadre de sa mission, inscrite dans son cœur de métier, le BRGM, gestionnaire pour le compte de l'État des sites miniers en France, s'est livré à une surveillance renforcée des sols, des nappes souterraines, des eaux superficielles et des poussières. À cette occasion, la gestion des sites miniers de la vallée a véritablement pris une nouvelle dimension. Des opérations ambitieuses ont été lancées dans le cadre d'un plan d'action établi par la préfecture de l'Aude, sous la supervision du Comité de suivi de site.

Suivi renforcé de la pollution, travaux pour sécuriser les anciens stockages, rétablissement des réseaux hydrauliques et restauration de digues ont été réalisés en urgence après les inondations. Des actions pilotées par le DPSM (Département prévention et sécurité minière du BRGM) avec l'aide scientifique et technique d'autres services thématiques comme la DEPA (Direction de l'eau, de l'environnement et des procédés et analyses) et la DGR (Direction des géoressources) ont aussi été engagées : une étude technico-économique de gestion de la pollution dans la vallée du Grésillou, affluent de l'Orbiel, ou la quantification de poussières potentiellement contaminées.

En parallèle, un premier fond géochimique du district minier a pu être établi, et des travaux ont été entrepris pour le rétablissement de l'étanchéité d'un vaste stockage de résidus de traitement d'environ un million de mètres cube (budget : plus de cinq millions d'euros).

Ces différentes actions visent à renforcer la maîtrise des impacts de ce site particulièrement complexe de par son historique et ses caractéristiques techniques, dans un contexte de changement climatique qui entraîne des événements plus violents et plus fréquents. Dans un tel contexte, la bonne synergie entre les services de l'État, en concertation avec les différentes parties prenantes (élus locaux, riverains, chercheurs...) par le biais notamment de la Commission de suivi de site, est essentielle pour identifier et mettre en œuvre des mesures de gestion efficaces et pérennes sur le temps long. ●



**Aurélie Labastie**  
Cheffe de projet



**Jean-Louis Nédellec**  
Directeur, Unité territoriale après-mine Sud





1 — Travaux de couverture du stockage de Montredon.

© BRGM

2 — Pour assurer le fonctionnement de la station de relevage des eaux de Godion, des travaux de rénovation intégrale ont débuté en 2020.

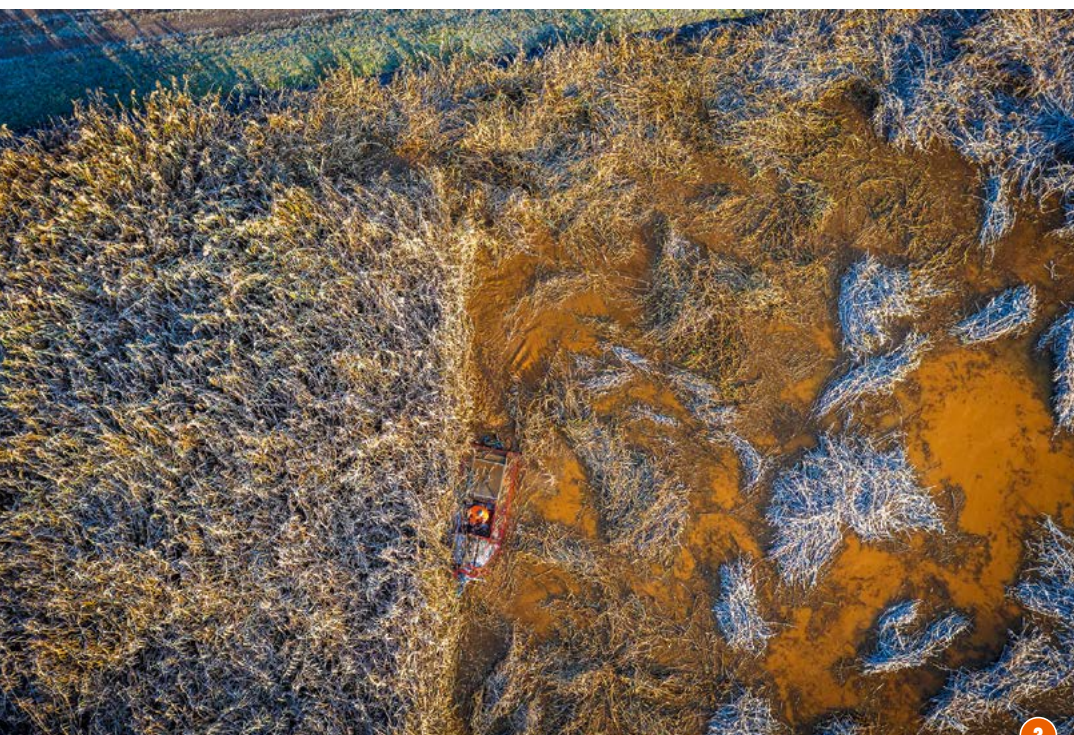
© BRGM

3 — Faucardage d'une lagune (givrée) de la station de traitement d'eau minière de Simon.

© BRGM

4 — Le foyer du terril avec une température mesurée à 600°C.

© BRGM



### De nouvelles salles d'archives pour l'UTAM Nord

Le DPSM a rééquipé en 2020, sur son site de l'UTAM Nord de Billy-Montigny, quatre de ses magasins en rayonnages mobiles et fixes d'une capacité d'accueil totale de 1455 mètres linéaires. Dalles renforcées pour supporter les charges importantes, et mise en conformité de chaque salle avec la réglementation incendie étaient à l'ordre du jour.

### Travaux de rénovation de la SRE Godion

**Photo 2 /** Depuis sa construction en 1965, la station de relevage des eaux (SRE) Godion à Sin-le-Noble (Nord) protège des inondations une vaste cuvette d'affaissement urbanisée. Après une rénovation partielle en 2005, les installations restaient vulnérables, avec des risques de rupture de la continuité de service (le débit pouvant atteindre 7 700 m<sup>3</sup>/h). Elle a été reconstruite intégralement, et la nouvelle SRE Godion devrait être réceptionnée en juin 2021, pour un budget global du projet d'environ 3 millions d'euros.

### Travaux d'urgence sur un terril en combustion à Sainte-Florine

**Photo 4 /** L'Unité territoriale après-mine Centre Ouest (UTAM CO) du DPSM a dû réaliser des travaux d'urgence de mise en sécurité d'un terril de charbon en combustion à Sainte-Florine (Haute-Loire), qui menaçait des zones habitées. Créant des températures de plusieurs centaines de degrés à quelques mètres seulement de bâtiments, la combustion du terril pouvait déclencher des incendies. Le DPSM a réalisé des coupe-feu en aérien (suppression de la végétation) et en sous-sol (tranchées remplies d'argiles). Pour cela 800 m<sup>3</sup> de matériaux du terril ont été défourrés et 920 m<sup>3</sup> d'argiles ont été apportés sur site.



### Bassin houiller lorrain : entretien des lagunes des stations de traitement de l'eau minière

**Photo 3 /** Trois puits du bassin houiller lorrain sont utilisés pour pomper l'eau des mines aujourd'hui ennoyées. Avant de regagner les rivières, l'eau transite par des bassins de décantation et des lagunes à roseaux afin de la débarrasser des oxydes de fer et de manganèse. Les trois stations de traitement, situées à Creutzwald, Forbach et Freyming-Merlebach comportent chacune deux à trois lagunes à roseaux.

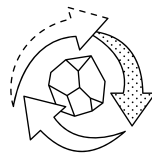
Après plusieurs années d'exploitation, l'accumulation des roseaux en fond de lagune a perturbé le fonctionnement de l'une d'entre-elles. Le trop-plein de matière organique est à l'origine d'un appauvrissement en oxygène et favorise le développement d'un biofilm à la surface de l'eau. Un processus qui aurait pu conduire à la perte des lagunes.

Le DPSM a donc lancé un programme pluriannuel de faucardage et d'entretien des lagunes (coupe et évacuation de roseaux et herbacées poussant dans l'eau). Une seule lagune par station est faucardée chaque année (entre octobre et mars), afin d'assurer une continuité du traitement de l'eau minière. Lors de la campagne 2020-2021, 117 tonnes de végétaux ont été évacuées des trois lagunes. Cet entretien assure le renouvellement de la repousse des roseaux et permet la réduction de l'accumulation de matière organique au fil du temps.









## RESSOURCES MINÉRALES ET ÉCONOMIE CIRCULAIRE

*Répondre  
aux besoins  
en matières  
minérales en  
favorisant  
l'économie  
circulaire*



Le projet NEMO vise à revaloriser à 95 % la matière des déchets miniers sulfurés. Les réacteurs de biolixiviation permettent d'extraire les métaux de la matrice minérale par l'action de micro-organismes.  
© BRGM - C. Boucley

X 50

Augmentation de la demande européenne en lithium d'ici 2050.

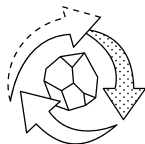
**Indispensables à la transformation digitale et énergétique, les matières minérales s'appréhendent désormais dans le contexte du développement de l'économie circulaire. Le BRGM apporte une expertise et des solutions sur l'ensemble de leur chaîne de valeur, depuis la ressource primaire jusqu'aux technologies de recyclage et l'analyse du cycle de vie.**

L'accès aux métaux et minéraux est un enjeu majeur dans l'essor du numérique et le développement des énergies renouvelables, qui génèrent une demande sans cesse croissante. Or tandis que l'approvisionnement en ressources primaires se tend, jusqu'à devenir critique pour certaines, l'économie circulaire ne peut satisfaire seule ces besoins.

Observateur du cycle de vie des matières minérales et investi dans toute leur chaîne de valeur, le BRGM facilite la détection et l'exploration des ressources primaires au moyen d'approches prédictives en métallogénie. Il optimise également le traitement et le recyclage des matières minérales grâce à des technologies innovantes dont il s'attache à réduire les consommations énergétiques et les impacts environnementaux. L'établissement cherche enfin, par l'analyse des flux et des tendances et la modélisation, à évaluer la disponibilité des matières minérales, en particulier des métaux, sous la forme de gisements primaires mais aussi issues du recyclage.

En 2020, le BRGM a notamment participé, aux côtés du CNRS, au projet Surfer. La transition énergétique opérant un changement drastique dans l'approvisionnement en matières premières, ce projet consistait à modéliser les besoins en ressources minérales en fonction des différentes technologies et de plusieurs scénarios de mix énergétique pour la France. À travers ces recherches mais aussi une approche intégrée conjuguant des facteurs environnementaux, économiques et sociaux, le BRGM accompagne le développement d'une économie plus circulaire et d'une mine plus responsable.





# L'interview partenaire



## Victoire de Margerie

Fondateur et Vice-Président  
du World Materials Forum

Depuis 2015,  
le World Materials  
Forum établit avec  
le BRGM et plusieurs  
partenaires un  
Observatoire de  
la criticité des  
matières premières  
avec un focus sur  
les solutions à  
mettre en œuvre.

### — En quelques mots, qu'est-ce que le World Materials Forum ?

**VICTOIRE DE MARGERIE** — Nos participants surnomment le World Materials Forum le « Davos des matériaux ». Nous l'avons créé en 2015 avec Philippe Varin et André Rossinot pour réconcilier l'industrie et l'environnement, démontrer qu'il est possible de « faire » de la croissance frugale en ressources naturelles tout en créant de la valeur pour l'industrie et en répondant aux besoins de nos concitoyens en matière d'alimentation, d'habitat, de mobilité et de connectivité. Ce que nous appelons le découplage. CEO de grands groupes industriels et de start-up, scientifiques et experts, politiques et médias du monde entier... Nous nous réunissons pour échanger des idées et surtout pour imaginer et mettre en œuvre des solutions.

### — Comment les technologies de l'information et la transition écologique changent-elles les besoins en matériaux ?

**V.M.** — Ces domaines augmentent sensiblement la criticité de certains matériaux : cuivre et nickel sont au cœur des batteries de voitures électriques, smartphones ou systèmes de stockage d'énergie ou de données. En plus de notre observatoire de la Criticité nous avons développé des outils, parmi lesquels des KPIs (key performance indicators) pour mesurer les progrès réalisés dans l'utilisation plus intelligente et économe des matériaux tout au long de la chaîne de valeur de la mine jusqu'au recyclage des produits finis. Et nous avons aussi créé un Start-Up Challenge qui connecte grands groupes et start-up pour produire une innovation agile. Enfin, nous avons établi la liste des dix technologies où nous pensons qu'il faut concentrer collectivement au niveau mondial les efforts de R&D et les investissements industriels pour avoir un impact sur le découplage dont je parlais plus haut.

### — En quoi se traduit la collaboration avec le BRGM ?

**V.M.** — Depuis 2015, nous étudions avec le BRGM, CRU et McKinsey les éléments du Tableau de Mendeleïev pour prioriser les actions sur l'approvisionnement, la substitution ou le recyclage des matériaux les plus critiques. C'est l'Observatoire de la criticité des matières premières. Il s'agit d'évaluer la criticité, et de proposer des solutions pour la réduire, comme la substitution d'éléments ou le développement de projets miniers nouveaux « verts » (consommant infiniment moins d'eau et d'énergie).

La criticité de chaque élément est évaluée sur la base de 7 grands critères incluant les perspectives de marché, les considérations géopolitiques et les performances environnementales.

Un groupe de travail se réunit chaque mois, avec la mise en commun d'informations. La restitution du travail commun se fait au WMF avec, chaque fois, des perspectives d'évolution pour l'année suivante.



1



1 — Levé de terrain dans le secteur de Tcholliré/Rey-Bouba sur un site d'orpaillage artisanal.

© BRGM – J. Bernard

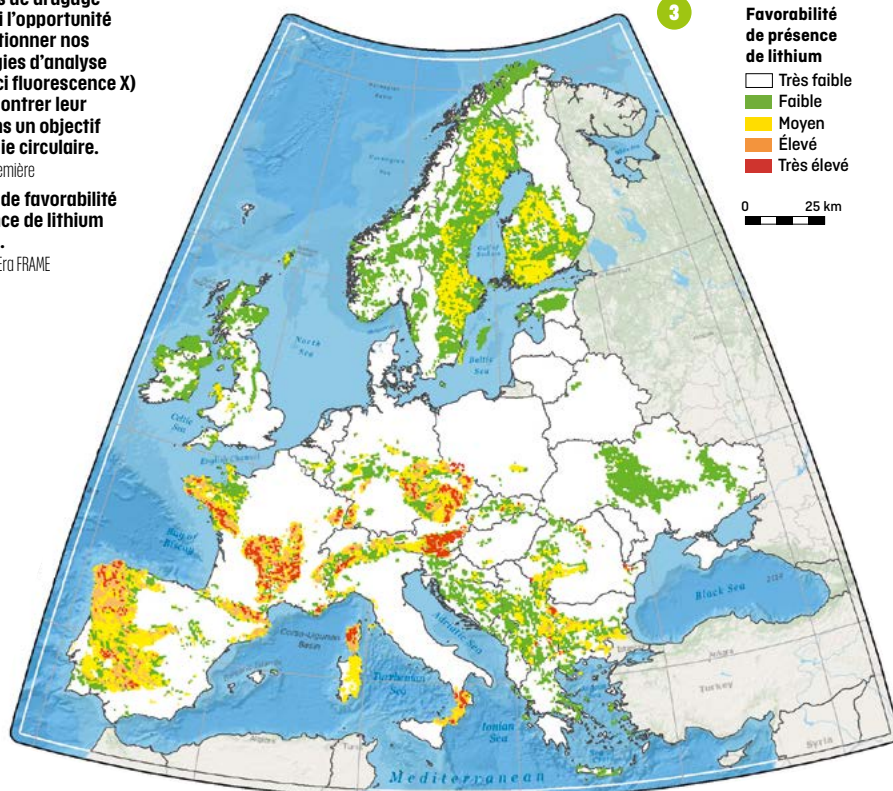
2 — Les travaux de valorisation des sédiments de dragage sont aussi l'opportunité de perfectionner nos technologies d'analyse sur site (ici fluorescence X) et de démontrer leur utilité dans un objectif d'économie circulaire.

© BRGM – B. Lemièvre

3 — Carte de favorabilité de présence de lithium en Europe.

© BRGM - GeoERA FRAME

3



Favorabilité de présence de lithium

- Très faible
- Faible
- Moyen
- Élevé
- Très élevé

0 25 km



2

## Cameroun : l'inventaire des ressources se poursuit

**Photo 1 /** Malgré les restrictions imposées par l'épidémie de Covid-19, le BRGM a mené deux campagnes d'inventaire des ressources minérales au Cameroun fin 2020 dans le cadre du projet Precasem 2 (2019-2021), en plus des campagnes de couverture géochimique stream-sediment et de cartographie géologique. Elles portent sur les roches et minéraux industriels (roches ornementales, argiles, aluminium, feldspath, titane, fer...) ainsi que les gisements métalliques (or, uranium, étain, cobalt, nickel, manganèse) et les gemmes (saphir, diamant). L'un des objectifs est de promouvoir le potentiel minier du Cameroun via la réalisation de cartes géologiques et des occurrences minérales régionales et nationales.

## Le prix Jeune chercheur à une post-doctorante au BRGM

Le projet H2020 Nemo vise à proposer un ensemble de technologies pour valoriser plus de 95 % de la matière contenue dans les déchets miniers sulfurés et stabiliser la fraction restante. Le BRGM y contribue avec un nouveau procédé de biolixiviation. Céline Loubière, post-doctorante, a reçu en 2020 le prix Jeune chercheur de la Société de l'industrie minière (SIM) pour avoir développé, dans ce cadre, un modèle numérique innovant permettant de concevoir un bioréacteur pilote pour la montée en échelle et la démonstration *in situ* du procédé.

## Challenge Innovation pour le retraitement des tailings de l'industrie du cuivre

En 2020, la société BHP Billiton a lancé une initiative internationale visant à promouvoir des solutions innovantes pour la valorisation des déchets miniers issus du traitement des minerais de cuivre. Le BRGM, accompagné de trois industriels australiens et du centre de R&D belge Vito, est lauréat de la première des trois phases qui consistent à développer une solution technique du laboratoire jusqu'à l'échelle du pilote industriel sur site. L'établissement français apporte son expertise en génie des procédés minéralurgiques et en bio-hydrométallurgie.

## La carte des carrières de France actualisée et enrichie

Le BRGM, la Société de l'industrie minière (SIM) et le ministère de la Transition écologique (MTE) ont présenté et distribué gratuitement la carte des carrières de France 2020 lors du congrès annuel de la SIM, en octobre 2020 à Angers. La dernière version datait de 2014. Figurant l'ensemble des sites en activité selon la substance minérale exploitée, la carte a été mise à jour à partir des données de la base Carrières et Matériaux gérée par le BRGM. Des informations ont également été ajoutées sur les réseaux de transport (voies navigables, ferrées et autoroutes) et les tonnages autorisés à l'extraction par carrière. La carte est téléchargeable sur [www.mineralinfo.fr](http://www.mineralinfo.fr).

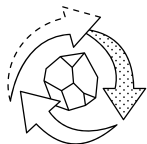
## Vers la valorisation des sédiments de dragage

**Photo 2 /** Deuxième plus gros flux de déchets en Europe, les sédiments de dragage fluviaux ou portuaires, très peu valorisés en ressources minérales, font l'objet de différents projets de recherche européens et régionaux en association avec le BRGM. Deux d'entre eux (Suricates, Valse) visent à mettre en œuvre aux Pays-Bas, en Écosse, en Belgique, en Irlande et en France des pilotes expérimentaux de grande taille prenant aussi en compte l'adaptation au changement climatique. Assurant le monitoring des opérations, l'établissement français développe également des scénarios de valorisation à moyen terme ainsi que des cartographies des ressources et des besoins potentiels pour la maîtrise des risques climatiques et l'aménagement territorial.

## GeoERA Frame : la prédictivité des substances critiques en Europe

**Photo 3 /** Le projet GeoERA Frame cherche à anticiper les besoins de l'Europe en substances minérales stratégiques. Dans ce cadre, le BRGM est chargé d'élaborer une base de données exhaustive des gisements de lithium en roche dure en Europe et de réaliser des cartes de prédictivité à l'échelle de l'Union Européenne pour le lithium, le cobalt, le graphite, les terres rares, le phosphate, le niobium et le tantale. Ces résultats précieux seront à terme diffusés via le portail de l'European Geological Data Infrastructure ([www.europe-geology.eu](http://www.europe-geology.eu)).





# La transition énergétique française est-elle réalisable ?



**Jacques Villeneuve**  
Chef de projets



**Gaétan Lefebvre**  
Expert en intelligence minérale

**Dans le cadre du projet Surfer, le BRGM a mené, avec un cofinancement de l'Ademe et en association avec le CNRS, une étude sur la faisabilité de la transition énergétique en France au regard des besoins en matières minérales, énergétiques mais aussi en eau et en sols qu'elle génère. Ces données seront intégrées dans différents scénarios de mix énergétique.**

Introduire plus d'énergies renouvelables dans le mix énergétique, électrifier les moyens de transport, diminuer les consommations... La transition énergétique, gourmande en acier, béton, cuivre mais aussi métaux et terres rares, conduit à s'interroger : va-t-elle remplacer notre dépendance aux énergies fossiles et fissiles par une dépendance aux métaux ? Le projet Surfer apporte des éléments de réponse. Il consistait à évaluer, sur la période 2015-2050, « l'intensité » de ces matières premières dans les différentes technologies nécessaires à la transition énergétique en France. C'est-à-dire les quantités de matières minérales (béton, métaux), énergétiques (combustibles fossiles, uranium), d'eau et de sol mobilisées, rapportées à la puissance des installations.

Le BRGM a ainsi produit, entre 2016 et 2020, une importante base de données qui a pour vocation, dans le cadre de ce projet piloté par l'Ademe, d'être utilisée en particulier par le CNRS pour modéliser trois scénarios de mix énergétique à l'horizon 2050 : 90 % d'électricité renouvelable, 50 % d'électricité d'origine nucléaire et le statu quo. « L'objectif final serait, au sein de ces scénarios, d'éclairer sur la pertinence du déploiement d'une technologie par rapport à une autre, à partir du critère d'intensité en matières premières », souligne Gaétan Lefebvre, expert en intelligence minérale au BRGM.

## Être le plus exhaustif possible

Sur quels champs porte cette étude ? « Nous avons pris en compte toutes les technologies qui entrent en jeu dans la transition énergétique, explique Jacques Villeneuve, chef de projets au BRGM. Celles liées à la production de l'énergie – électricité, gaz, chaleur, carburants, à son acheminement vers les utilisateurs, à savoir les réseaux notamment électriques et de chaleur, à son stockage, dans les batteries par exemple, et à son utilisation, c'est-à-dire les consommations finales dans le bâtiment et le transport essentiellement. » Au total, pas moins de 33 filières technologiques ont été étudiées, couvrant la quasi-totalité du système énergétique.

Quelles matières ont été sélectionnées ? Là aussi, le BRGM s'est attaché à être le plus exhaustif possible, en incluant dans son étude les substances « structurales » (cuivre, aluminium, fer, béton) et technologiques (lithium, cobalt, nickel, manganèse, silicium métal, néodyme, praséodyme...) – de priorité 1 en raison des tensions sur leur approvisionnement –, mais aussi les autres métaux (zinc, plomb, argent, indium, tungstène, chrome...) et différents éléments (azote, phosphore, potassium, sélénium, zirconium...). Sans oublier les flux énergétiques, l'eau et les sols. Comment les données ont-elles été collectées ? À partir de plusieurs sources : les publications scientifiques présentant des inventaires de produits, de technologies ou encore des comparaisons entre filières, les rapports techniques d'institutions internationales, européennes ou françaises, les fiches techniques des constructeurs, les études d'impact des installations, les analyses du cycle de vie... « Nous nous sommes heurtés à des situations très disparates, confie Jacques Villeneuve. Si nous disposions d'une littérature abondante, mais parfois difficile à synthétiser, pour les technologies récentes telles que l'éolien, le photovoltaïque, les véhicules électriques ou encore les batteries, pour d'autres, notamment les technologies émergentes comme les énergies marines et anciennes comme les centrales thermiques au charbon, les données sur les besoins matières étaient rares, voire inexistantes. »

## Un outil stratégique pour la prise de décision

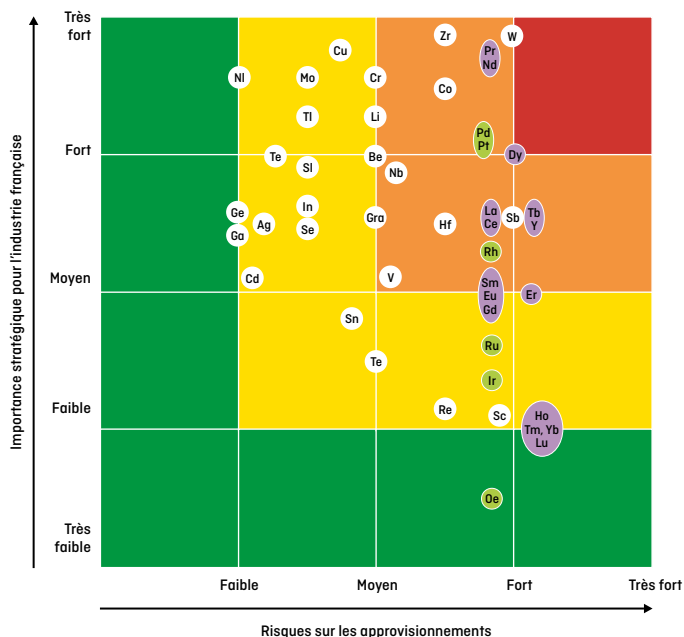
Comment ont été définies les intensités matières ? « Nous avons évalué les besoins 'directs' dans toutes les filières et porté une attention particulière aux périmètres de celles-ci afin que les intensités matières soient équivalentes en termes d'unité fonctionnelle », précise Jacques Villeneuve. « Nous avons complété les intensités matières en prenant en compte dans l'analyse le niveau de criticité de chaque substance, à partir de notre connaissance des marchés et des potentialités futures, notamment du recyclage, qui pourrait contribuer à diminuer les besoins en matériaux primaires », ajoute Gaétan Lefebvre.

Livraison de cette étude ambitieuse, le recueil des intensités matières des technologies du système énergétique en France a été publié sur le site de l'Ademe. Il constitue, sur la base des connaissances actuelles, un outil stratégique pour les prises de décisions en lien avec les filières technologiques de la transition énergétique et les conditions d'approvisionnement en métaux et matériaux. ●



- Zone à très forte criticité** : actions conservatoires à prendre par l'État (stocks stratégiques, programmes de recherche, soutien aux entreprises utilisatrices).
- Zone à forte criticité** : veille active recommandée (observation continue des marchés, études de scénarios de parade).
- Zone à criticité moyenne** : veille spécialisée recommandée (mise à jour annuelle).
- Zone à faible criticité** : veille ponctuelle recommandée.
- Platinoides (éléments du groupe platine)
- Terres rares

1



1 — Matrice d'évaluation de la criticité développée par le BRGM. Substances étudiées et positionnement mis à jour en 2020.

© BRGM

2 — Les pegmatites sont des roches contenant des substances minérales (ex. lithium) utilisées dans les technologies vertes (ex. batterie au lithium pour les véhicules électriques) (Haute-Vienne, 2015).

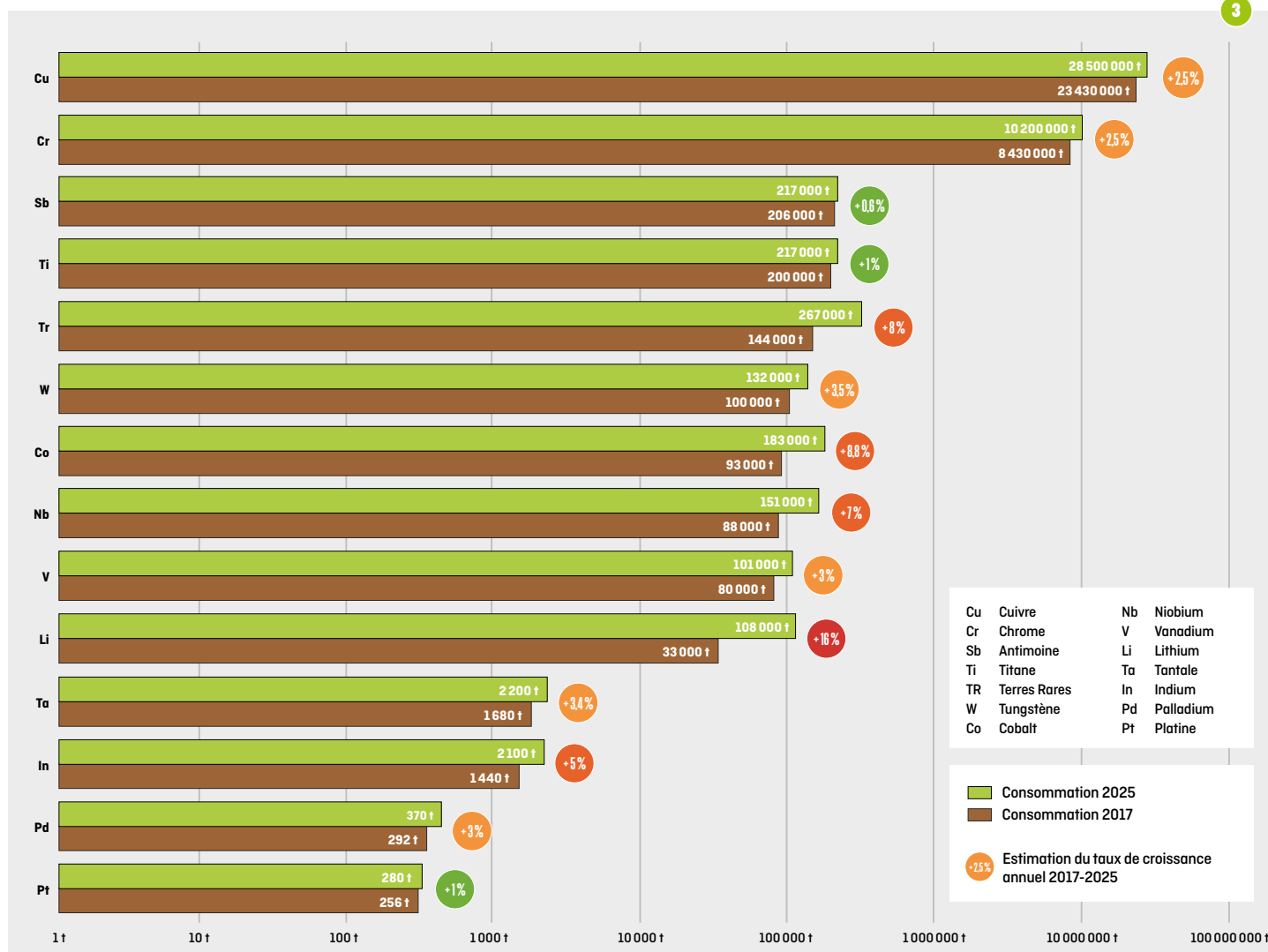
© BRGM - J. Duron

3 — Évaluation comparative de la croissance de la demande mondiale en différents métaux impliqués dans la transition énergétique entre 2017 et 2025. Échelle logarithmique.

© BRGM

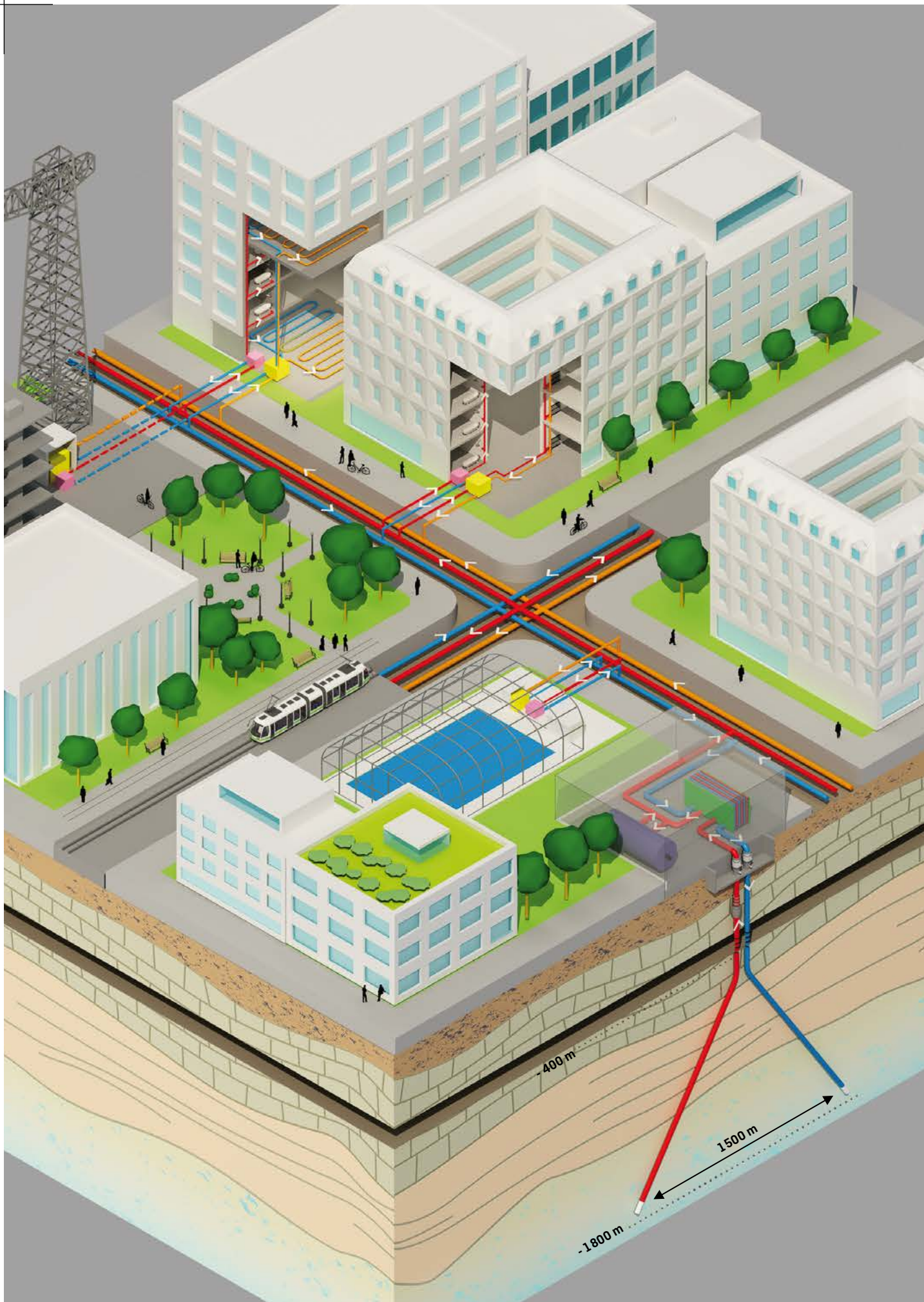


2

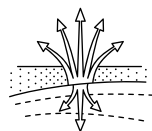


3









# TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET ESPACE SOUTERRAIN

*Utiliser le  
potentiel du  
sous-sol pour  
diversifier le mix  
énergétique*



Le sous-sol doit  
jouer un rôle dans la  
transition énergétique  
grâce aux géothermies,  
au stockage souterrain  
d'énergie. Ici, schéma  
d'un réseau de chaleur  
par la géothermie.

© BRGM

19

contributions du BRGM au  
World Geothermal Congress.  
Le BRGM est le premier  
contributeur français.

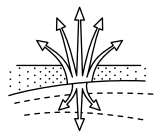
**De par ses ressources et ses propriétés, le sous-sol a vocation à contribuer à la transition énergétique. Ses capacités de stockage de CO<sub>2</sub>, mais aussi d'énergie offrent notamment des perspectives prometteuses sur lesquelles le BRGM travaille, en plus du développement des géothermies, dont il est un expert reconnu.**

La transition énergétique passe par des sources plus diversifiées, renouvelables et décarbonées, à l'échelle notamment des territoires. Dans ce contexte, le sous-sol apporte des solutions qui peuvent compléter efficacement le mix énergétique. Il peut en effet participer à la production d'énergie à travers le développement des géothermies profondes ou de surface. Il peut capturer et stocker du CO<sub>2</sub> afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre, ainsi que des calories (chaleur, froid) et des vecteurs énergétiques (hydrogène, air comprimé, méthane...). Il peut enfin assurer le confinement des déchets radioactifs.

Le BRGM mobilise les géosciences et les technologies du sous-sol pour explorer, étudier et exploiter le potentiel de l'espace souterrain mais aussi en évaluer les impacts environnementaux. Au plus près des territoires grâce à son réseau régional, il est également doté de moyens techniques incomparables pour expérimenter de nouvelles solutions, en particulier une plateforme géothermique dédiée à l'innovation.

Dans tous ces domaines d'application, le BRGM contribue à la mise en œuvre, à moyen ou long terme, de dispositifs économiquement viables, garantissant un usage durable de l'espace souterrain. L'accent a été mis en 2020 sur le stockage souterrain de chaleur, dans le cadre du projet Stock Road mené avec Eurovia. Reposant sur la récupération de la chaleur des routes et les capacités isolantes du sous-sol, ce projet vise à proposer une solution de chauffage en couplant l'utilisation des infrastructures routières avec des systèmes énergétiques.





# L'interview partenaire



**Sandrine Vergne**

Ingénieure développement technique,  
Direction technique Eurovia

Comment exploiter  
la chaleur solaire  
absorbée par  
les revêtements  
des routes afin  
de la réutiliser  
pour chauffer  
ou climatiser des  
installations ?

## — Pourquoi avoir fait appel au BRGM pour la « route à énergie positive » ?

**SANDRINE VERGNE** — Il y a deux ans, Eurovia a signé avec le BRGM un contrat de recherche dans le cadre du développement technique de la « route à énergie positive ». Power Road® permet, à l'aide d'échangeurs disposés dans la chaussée, de récupérer la chaleur solaire absorbée par les revêtements pour chauffer des installations urbaines (bâtiments, centres commerciaux, piscines). L'efficacité étant maximale en été, le couplage avec un stockage inter-saisonnier dans le sous-sol a émergé naturellement. Nous nous sommes appuyés sur des partenaires institutionnels pour valider ce concept. Le BRGM est un expert incontournable du sous-sol : notre collaboration est donc naturelle.

Les travaux de R&D ont porté sur une méthodologie de choix du mode de stockage souterrain de la chaleur le plus adapté à notre technologie et aux cas d'usage (lire le Projet phare « Régénérer le sol avec la chaleur des routes ? » page 44).

## — Comment s'est articulée la collaboration ?

**S.V.** — Nous avons évalué ensemble les aspects techniques et économiques de l'utilisation de Power Road® avec des solutions de stockage souterrain de chaleur : champ de sondes géothermiques, aquifères et réservoirs enterrés en fonction notamment des caractéristiques locales du sous-sol (géologie, hydrogéologie, potentiel géothermique...).

Nous avons d'abord défini le périmètre des études et les cas types de bâtiments ayant des besoins en chauffage et/ou en climatisation variés selon leurs surfaces et leurs implantations géographiques. Les différents dimensionnements de la solution couplant Power Road® et le stockage sur champ de sondes géothermiques ont été comparés : taux de couverture de la pompe à chaleur, taille du champ de sondes, surface de Power Road®, etc. Le critère retenu : optimiser le rapport coût global (investissement et fonctionnement) sur gain environnemental (économies de CO<sub>2</sub>).

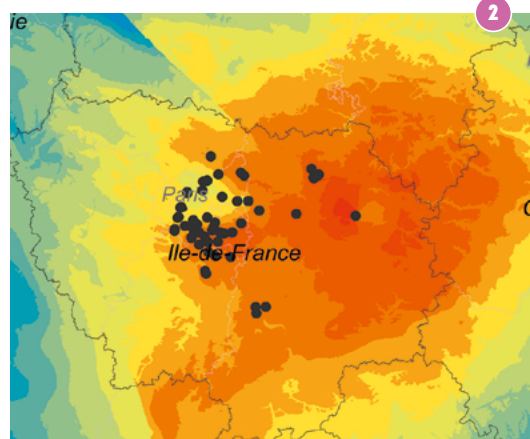
Les travaux ont été pilotés par un comité commun entre la Direction Technique et recherche d'Eurovia et l'équipe Géothermies et stockage d'énergie du BRGM.

## — Quel bilan à l'issue de deux ans de travaux communs ?

**S.V.** — Le projet vient de se terminer. Power Road® répond à une demande de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Il s'appuie sur des technologies courantes mais fait preuve d'innovation dans la mise en œuvre et l'assemblage des dispositifs énergétiques. Plus de 10 opérations sont déjà en service en France, mais aussi dans d'autres pays.

Pour développer et optimiser encore le dispositif, nous avons besoin d'expertise sur les sous-sols. À cet égard, le travail mené avec le BRGM est une réussite : ce projet fera l'objet de publications et de conférences. Par ailleurs, une réflexion est en cours pour une suite et d'autres types d'études.





Ouvrages  
géothermiques  
profonds actifs

**Dogger :**  
température du  
réservoir (en °C)

31 à 35
35 à 40
40 à 45
45 à 50
50 à 55
55 à 60
60 à 65
65 à 70
70 à 75
75 à 80
80 à 85
85 à 90



**1 — Travertin de la source géothermale des Eaux ferrées (Petite Anse, Martinique).**

© BRGM — S. Caritg

**2 — Estimation des températures au toit de l'aquifère du Dogger du Bassin parisien à partir de l'interpolation des mesures réalisées sur les ouvrages profonds exploitant la ressource géothermique de cet aquifère.**

© BRGM — C. Maurel

**3 — Campagne de mesures géophysiques visant à développer des outils de suivi de réservoir géothermique à Reykjanes (Islande).**

© BRGM

## DeepEGS : quelles perspectives selon le contexte géologique ?

**Photo 3 /** Le projet européen H2020 DeepEGS, achevé en 2020, visait à démontrer la possibilité de déployer des systèmes géothermiques « améliorés » dans différents contextes géologiques. En France, le site foré à Vendenheim en Alsace (> 200 °C, 5 000 m de profondeur) a servi à évaluer l'efficacité et les risques des stimulations chimiques, thermiques et hydrauliques en contexte de socle. En Islande, un forage au droit de la dorsale océanique émergée a rencontré une température de 600 °C à 4 600 mètres de profondeur. Les caractéristiques de la roche, améliorables par stimulation thermique, et du fluide, à l'état supercritique, ouvrent des perspectives de production d'énergie environ dix fois supérieures à ce qui existe conventionnellement en milieu volcanique actif.

## Quels impacts environnementaux pour la géothermie profonde ?

Dans le cadre du projet européen GEOENVI, le BRGM a développé une méthode d'analyse de cycle de vie simplifiée qui permet aux non-spécialistes d'estimer facilement et rapidement l'impact d'un projet de géothermie profonde. Une base de données environnementales publique a également été réalisée et mise en ligne ([geoenvi.brgm.fr](http://geoenvi.brgm.fr)). Elle répertorie de manière exhaustive et décrit les risques et impacts environnementaux liés à la géothermie profonde. Ces résultats ont été présentés à plusieurs occasions en France et par visioconférence.

## Les premières cartes réglementaires pour la géothermie de minime importance

Suite à la révision de la réglementation, une cartographie à l'échelle nationale (hors outre-mer) de la géothermie de minime importance est en cours d'élaboration : elle indique les zones géographiques où peuvent exister des risques liés à la réalisation d'un forage géothermique. Deux cartographies coexistent sur la tranche de profondeur de 10 à 200 mètres en fonction de l'usage, sonde géothermique verticale ou doublet sur nappe. Les cartes réglementaires révisées ont déjà été produites pour l'Auvergne, la Champagne-Ardenne, le Poitou-Charentes, les Pyrénées-Orientales, l'Hérault et le bassin minier du Nord-Pas-de-Calais. L'ensemble du territoire national sera couvert en 2023. À leur entrée en vigueur, les cartes réglementaires seront disponibles sur le site [www.geothermies.fr](http://www.geothermies.fr)

## Le captage, l'utilisation et le stockage du carbone d'ici à 2050

Coordonné par le BRGM, le projet H2020 Strategy CCUS lancé en 2019 pour une durée de trois ans associe 17 partenaires. Il vise à fournir sur la période 2025 à 2050 des plans stratégiques réalistes permettant de déployer le captage, l'utilisation et le stockage du carbone en Europe du Sud et de l'Est, de l'échelle locale jusqu'à l'échelle européenne.

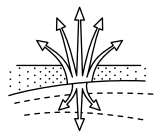
## Le bel avenir de la géothermie haute température aux Antilles

**Photo 1 /** En 2019 et 2020, le BRGM a mené sur la zone de Petite Anse, aux Anses-d'Arlet, une mission d'appui aux politiques publiques cofinancée par l'établissement, l'Ademe, la collectivité territoriale et le syndicat mixte d'énergie de Martinique. Il s'agissait de proposer pour les forages profonds d'exploration géothermique une implantation plus précise minimisant les aléas géologiques. Des demandes de permis exclusif de recherche (PER) ont déjà été déposées. Cette mission s'inscrit également dans le cadre de l'ouverture en 2021 du Centre d'excellence caribéen de géothermie, en Guadeloupe, auquel participera le BRGM.

## L'atlas géothermie basse température déjà disponible pour l'Île-de-France

**Photo 2 /** L'atlas géothermie basse température (GTH BT) de la France métropolitaine a vocation à appuyer les acteurs de la filière en les aidant à identifier et à caractériser la ressource géothermique. De nouvelles données ont été recueillies sur les principaux bassins sédimentaires présentant des ressources de basse température. Elles ont été compilées avec celles déjà identifiées en 2018 dans le cadre du projet Atlas Co-GTH et intégrées à un SIG. Une première partie comprenant les cartes des formations et des aquifères de basse température dans le Bassin parisien a été diffusée sur le site [www.geothermies.fr](http://www.geothermies.fr).





# Régénérer le sol avec la chaleur des routes ?



**Antoine Voirand**  
Énergéticien

**Sollicité par Eurovia, concepteur de l'innovation Power Road®, le BRGM a développé un outil méthodologique permettant d'évaluer l'intérêt de coupler cette technologie avec un stockage dans le sous-sol de la chaleur récupérée. L'idée est de valoriser la chaleur solaire grâce à la géothermie de surface, pour optimiser les systèmes de chauffage et de rafraîchissement des bâtiments.**

Capter la chaleur du soleil absorbée par les revêtements des routes et des parkings : le procédé a été mis au point par Eurovia, grâce à un circuit fermé implanté dans l'enrobé. Innovante et renouvelable, la technologie Power Road® permet ainsi de récupérer la chaleur produite particulièrement l'été... Mais comment la stocker pour pouvoir l'utiliser l'hiver ? Notamment pour le chauffage d'infrastructures collectives telles que des piscines, des centres urbains et commerciaux ou encore des logements sociaux ? « Le sous-sol permet de stocker longtemps une grande quantité de chaleur, à travers un champ de sondes géothermiques verticales, directement dans un aquifère ou bien en cuve enterrée », explique Antoine Voirand, énergéticien au BRGM.

## Limitier les investissements

L'établissement s'est vu confier par Eurovia la réalisation d'une étude de faisabilité technique et économique de ces solutions, notamment le champ de sondes géothermiques verticales, les autres modes de stockage s'avérant moins évidents à mettre en œuvre dans ce contexte. « Le couplage entre le Power Road® et un champ de sondes relève toutefois davantage de la régénération du sous-sol que du stockage de chaleur à proprement parler », souligne Antoine Voirand. En effet, la température de l'eau chaude produite par Power Road®, qui varie entre 30 et 40 °C selon le flux solaire incident sur la route, ne permet pas d'atteindre dans le champ de sondes des températures adaptées à une production directe de chauffage. « Cependant, injecter dans le sous-sol la chaleur produite l'été permet de maintenir d'un hiver sur l'autre sa température constante, voire de l'augmenter, et donc de maintenir dans le temps les performances du système énergétique, voire de les booster, poursuit Antoine Voirand. Cet apport en chaleur, qui permet de rester dans le cadre de la géothermie de minime importance, évite d'avoir à installer des longueurs de sondes importantes, ce qui limite les investissements nécessaires. »

Pour les besoins de cette étude sur le temps long, l'équipe du BRGM s'est employée à calculer le coût global de l'investissement

initial à réaliser, comprenant l'installation du Power Road®, du champ de sondes mais aussi de la pompe à chaleur nécessaire avec une géothermie de surface. Elle a également estimé les consommations en électricité et en gaz sur une période de 25 ans, à partir de scénarios d'évolution des prix, et évalué les émissions de CO<sub>2</sub>, toujours sur 25 ans, l'analyse comprenant évidemment un volet environnemental.

## Des études paramétriques complexes

Un grand nombre de paramètres ont en outre été pris en compte. Pour chacun d'eux, le BRGM s'est attaché à définir le dimensionnement optimal de Power Road®, en termes de surface, et du champ de sondes, en termes de longueur totale des sondes et de leur écartement. D'autres paramètres liés au sous-sol, en particulier la conductivité thermique, mais aussi au type de bâtiments à chauffer (logements collectifs, maisons individuelles, hôtels, bureaux...) et au climat ont été intégrés pour déterminer les besoins à considérer en matière de chauffage et de rafraîchissement. Ces calculs dynamiques ont permis d'évaluer sur 25 ans les performances du couplage Power Road® - géothermie pour le chauffage de bâtiments.

Les conclusions ? « Il résulte de cette étude que Power Road® peut améliorer les performances du système énergétique, résume Antoine Voirand. Il permet, par rapport à une solution de géothermie classique, de diminuer simultanément le coût complet du système jusqu'à 35 % et son contenu carbone jusqu'à 20 %, suivant les cas. Et ce, grâce à une réduction significative du linéaire de sondes (jusqu'à 70 %), même si celle-ci est en partie contrebalancée par l'installation d'une surface importante de Power Road®. »

## Une aide à la décision

Les résultats complets de l'étude paramétrique constituent une véritable aide à la décision pour un projet de chauffage de bâtiment. Cet outil méthodologique permet à Eurovia de définir le dimensionnement du champ de sondes et la surface de Power Road® à installer en fonction des différents paramètres considérés. Cela confirme ainsi l'intérêt de la solution Power Road® en complément de la géothermie de surface. « Le partenariat avec Eurovia pourrait se poursuivre à l'avenir, pour fournir localement des informations sur les caractéristiques du sous-sol du point de vue de la géothermie de surface ou encore pour étudier le meilleur système de chauffage à concevoir pour un bâtiment précis », indique Antoine Voirand. ●





1

1 — Le dispositif installé à Égletons (Corrèze) a pour objectif le déverglaçage et déneigement d'une rue grâce au réseau de chaleur urbain.

© Agence Louise/Photothèque Eurovia

2 — (Haut) Mise en place de l'échangeur thermique dans la chaussée. (Bas) Mise en œuvre d'une couche de roulement sur l'échangeur.

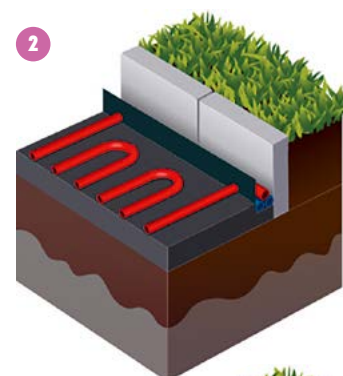
© Power Road

3 — La solution Power Road® repose sur un système de capteur solaire thermique intégré à la chaussée.

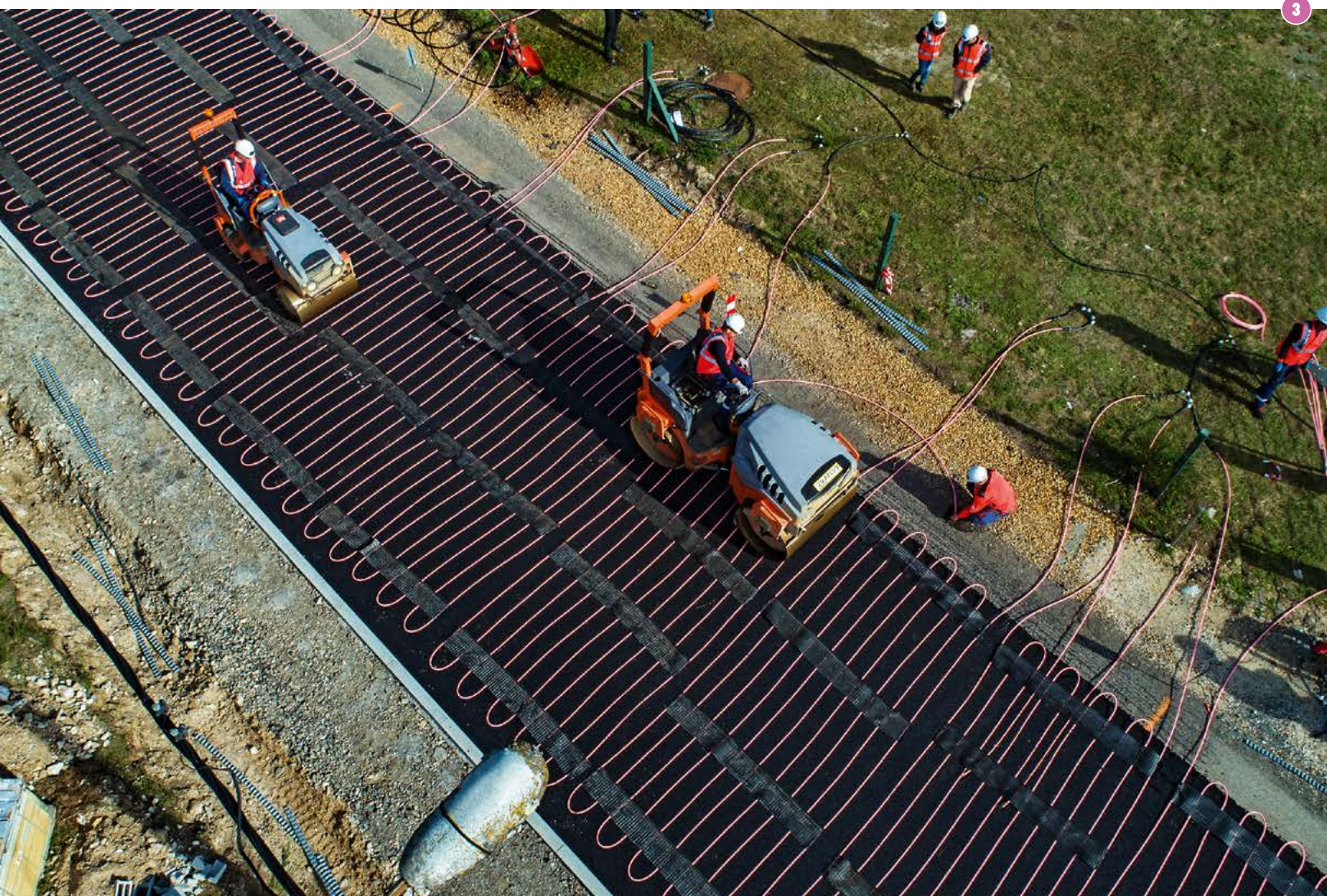
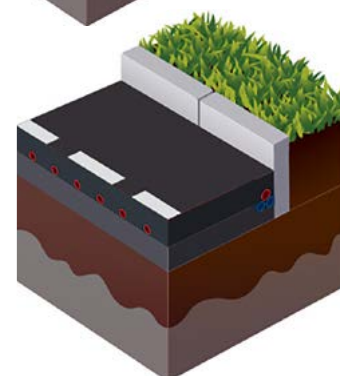
Les rayonnements solaires absorbés sont récupérés par l'échangeur thermique et les calories peuvent être stockées ou restituées immédiatement, comme c'est le cas pour la piscine de Fleurs (42).

© Adrien Coilliau/Photothèque Eurovia

résultat remarquable



2

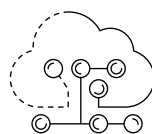


3









## DONNÉES, SERVICES ET INFRASTRUCTURES NUMÉRIQUES

*Mettre la  
donnée géo-  
environnementale  
à disposition pour  
de nouveaux  
services  
numériques*



Mieux gérer les  
ressources et les risques  
du sous-sol grâce  
aux données. Le BRGM  
assure cet accès aux  
informations sur le  
sous-sol et développe  
de nouveaux services  
numériques.

© BRGM

+ de 6,5

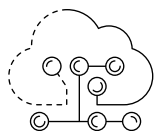
millions d'internautes  
sur les sites Géorisques,  
InfoSols, Info Terre, Hub'Eau,  
et Minéralinfo.

**Élaborer des réponses aux enjeux  
du changement climatique, de la  
gestion durable des ressources  
et de la maîtrise des risques  
nécessite de disposer de données  
fiables et pérennes sur le sous-sol  
et l'environnement. Le BRGM en  
assure la diffusion et l'exploitation  
au moyen d'infrastructures et de  
services performants, à des fins  
notamment de prédiction.**

Le numérique est devenu  
incontournable pour développer, structurer  
et mettre à disposition une information  
géologique et environnementale de plus  
en plus variée et volumineuse, issue de  
sources multiples. Bénéficiant d'une solide  
expertise, le BRGM conçoit des services  
numériques au carrefour des géosciences et  
des data sciences. Ces solutions permettent  
d'informer plus largement sur l'état du sol  
et du sous-sol, les ressources et les risques  
associés, dans une approche de science  
ouverte, mais aussi de les modéliser dans  
une démarche de géoscience prédictive.

L'essor des données géoenviron-  
nementales et le développement de services  
pour la recherche, les décideurs et le public  
s'accompagnent de besoins croissants en  
matière d'infrastructures et de capacités  
numériques. Offrant toutes les garanties  
en termes d'hébergement, de sécurité et  
de gestion des données, le BRGM porte  
depuis 2020, avec les universités d'Orléans  
et Tours et l'Institut national des sciences  
appliquées (INSA) Centre-Val de Loire,  
le projet DataCentre régional Centre-Val  
de Loire. Inscrite dans le contrat de plan  
État-Région, cette infrastructure unique,  
de haut niveau, permet d'accompagner  
l'ensemble de la communauté scientifique  
en proposant des services innovants. Elle  
a été labellisée data center régional par le  
ministère de l'Enseignement supérieur, de  
la Recherche et de l'Innovation dans le cadre  
de sa stratégie numérique.





# L'interview partenaire



## Cédric Bourillet

Directeur Général – DGPR, Direction Générale  
de la Prévention des Risques,  
ministère de la Transition écologique

Le BRGM réalise  
en appui des  
politiques du  
ministère de la  
Transition écologique  
de nombreuses  
missions dans  
le domaine de la  
prévention des  
risques. Il y apporte  
toute son expertise.

### — Comment se traduit la collaboration avec le BRGM ?

**CÉDRIC BOURILLET** — Le BRGM est placé sous la tutelle des ministères en charge de la Recherche, de l'Écologie et de l'Économie. Nous sommes un partenaire fort de l'établissement. Le BRGM réalise en appui de nos politiques de nombreux travaux notamment dans le domaine de la prévention des risques.

Le ministère explicite ses priorités et partage auprès des établissements et opérateurs de l'État son analyse des besoins d'expertise ou de recherche en France. Le BRGM peut alors, sur son domaine de compétences, initier et piloter des projets, seul ou avec des partenaires.

C'est le cas pour différentes actions de connaissance, de surveillance et de modélisation mais aussi la création et la mise à disposition du public (professionnels ou particuliers) de bases de données.

### — Quels services ont été créés en commun ?

**C.B.** — Géorisques est un portail de référence destiné à faire mieux connaître les risques naturels et les risques technologiques sur le territoire. Le BRGM porte ce portail et partage avec nous les réflexions sur des services qui peuvent être utilement développés. Dernier en date, au service du citoyen : la dématérialisation du formulaire d'information des acquéreurs/locataires (« état des risques ») à fournir lors d'une vente ou d'une location.

Autre exemple : la base Infosols, qui a regroupé BASOL, base de données sur les sites et sols pollués connus de l'État, et BASIAS, issu du recensement des parcelles ayant probablement connu une activité industrielle (sans qu'une pollution n'y soit avérée).

EauFrance, service public d'information sur l'eau est richement alimenté par le BRGM. Nos équipes y contribuent aussi *via* des données collectées dans le cadre de notre mission de surveillance des cours d'eau et de prévision des crues par les stations de notre réseau Vigicrue.

Toutes ces actions sont positives. Sans le savoir-faire du BRGM en production de données et cartographie des risques, il y aurait de véritables « trous béants » dans les informations mises à disposition.

### — La donnée est justement au centre de nouveaux enjeux. Comment abordez-vous le futur ?

**C.B.** — La gestion des données publiques va devoir continuer à beaucoup évoluer avec l'open data, la structuration géographique de la donnée, l'interopérabilité et le besoin de structurer la donnée pour faire émerger de la valeur.

Le BRGM est armé pour ces défis. Il pourra, en restant dans la continuité de ses missions, assumer les ruptures de posture et de techniques qui vont en découler.





1

faits marquants

**1 — InfoSols, un nouvel outil dédié à la gestion et la diffusion des données sur les sites et sols (potentiellement) pollués.**

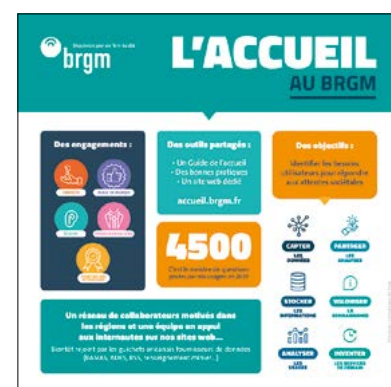
© BRGM

**2 — Présentation de l'accueil au BRGM. Plus de 4 000 réponses apportées chaque année.**

© BRGM

**3 — Le portail Géorisques offre aux utilisateurs un accès facilité aux différents risques sur une zone géographique ciblée.**

© BRGM



2

## Nouvelle génération de services numériques

### • Géorisques évolue

**Photo 3 /** Le service évolue : avec plus de 2,8 millions de visites en 2019, Géorisques est incontournable pour évaluer son exposition aux risques majeurs et pour les professionnels de l'immobilier, de l'aménagement, de la gestion du territoire et des services de l'État. Des webinaires réguliers sont offerts aux internautes pour faciliter la prise en main du nouveau site.

### • Bolt : bulletin d'alerte sismique personnalisé

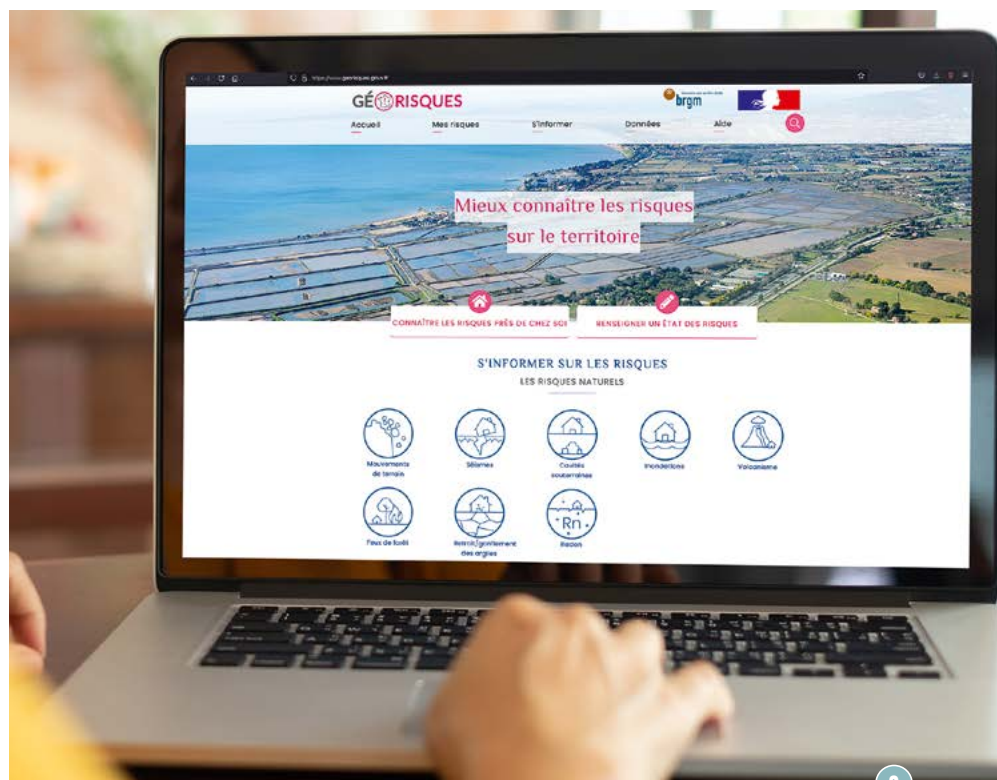
Le BRGM développe un bulletin d'alerte sismique personnalisé, service complet de transmission d'alertes aux séismes. Entièrement personnalisable à l'aide d'options, il répond aux besoins de sismologues et d'ingénieurs informaticiens pour la vérification des alertes et la gestion des données et au traitement des données sismiques. Son interface web permet de consulter les données, avec des alertes par SMS et des capacités de simulations d'alertes sismiques.

### • InfoSols

**Photo 1 /** Le BRGM poursuit son appui aux services de l'État sur la thématique des sites et sols pollués, ou susceptibles de l'être. Depuis le 1<sup>er</sup> octobre 2020, InfoSols est la plateforme unique à destination des DREAL, DRIEAT... de l'action publique sur les terrains (potentiellement) pollués. Cette nouvelle base de données a pour enjeux de faciliter la gestion des affaires portées par l'administration et d'assurer la diffusion des données via le portail Géorisques.

## Le réseau d'accueil et de support des usagers du BRGM

**Photo 2 /** En régions et à Orléans, une trentaine de collaborateurs répondent annuellement à plus de 4 000 questions. Ils ont co-construit un guide de l'accueil pour garantir la qualité de leurs réponses et accompagner les internautes dans leur compréhension des géosciences. Pour garantir et harmoniser la qualité des réponses, un site web est mis à leur disposition en interne, [accueil.brgm.fr](http://accueil.brgm.fr), sur lequel figurent des FAQ, des documents et tutoriels correspondant à nos principales thématiques ou à nos sites web. Ils y trouvent également la liste des experts vers lesquels peuvent être transférées les questions complexes sur les données et connaissances diffusées.



3

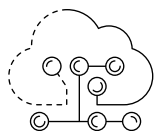
## L'intelligence artificielle (IA) : + de 24 projets démarrés ou réalisés en 2020

En 2020, le BRGM a pris le virage de l'Intelligence Artificielle. 24 projets ont été lancés ou réalisés, sur des problématiques géoscientifiques à travers des approches innovantes. Certains démarrent : le projet régional Junon (Jumeau numérique de la plaine de Beauce). D'autres ont abouti : l'ANR Spicy (Prédiction par machine learning pour obtenir un système d'alerte cyclone). D'autres sont en cours : le projet avec l'Agence de l'eau Rhin Meuse concernant l'identification des valeurs anormales par machine learning dans les chroniques de concentration chimique. Ou encore le projet de maturation sur un prototype de cartographie prédictive appliquée aux ressources minérales.

## ClosureMatic pour concevoir et gérer les plans de fermeture de mines

Les processus de fermeture d'une mine présentent un ensemble de défis économiques, techniques et sociaux complexes. ClosureMatic est un logiciel permettant de concevoir et de gérer les plans de fermeture de mines tout au long du cycle minier. Développé avec GTK (Finlande), DMT (Allemagne), M-Solution (Finlande) et Hannukainen Mining (Finlande), le logiciel permet de concevoir des plans de fermeture (phase de faisabilité du projet minier) puis de gérer des plans en phase opérationnelle et ce jusqu'à la phase après-mine. Le logiciel est ainsi un outil parfaitement adapté à l'approche de fermeture progressive qui permet de lisser et de réduire les dépenses et les risques. Des actions de reporting internes (équipes, management) et externes (autorités, financeurs, parties prenantes, etc.) sont facilitées voire automatisées, et le logiciel peut être utilisé comme outil de communication avec les parties prenantes (par exemple avec la diffusion régulière sur le web d'un plan de fermeture « grand public »).





# Un DataCentre pour mutualiser ressources et services numériques au profit des chercheurs et des enseignants



**Jean-Marc Trouillard**  
Directeur des infrastructures  
et services numériques

**Face au besoin croissant de data et de services liés, le BRGM, en partenariat avec les universités de Tours, Orléans et l'INSA CVL a mis en place un data center « augmenté » appelé DataCentre. Une infrastructure mutualisée de haut niveau proposera des services innovants à l'ensemble des chercheurs et enseignants du supérieur de la région Centre Val-de-Loire dès 2021.**

De plus en plus, la recherche scientifique fondamentale et appliquée est consommatrice d'infrastructures, de services de traitement et de données. C'est une conséquence du mouvement de fond de digitalisation, qui touche non seulement les entreprises mais aussi les organisations de toutes natures y compris les équipes de chercheurs. Par essence collaborative, la science travaille déjà très largement en réseau. De longue date elle utilise des supercalculateurs, elle simule des phénomènes, sans compter que certains laboratoires sont à l'origine même d'innovations numériques. Mais alors que l'industrie ou les services ont à leur disposition des data centers et des offres de Cloud public ou hybrides (AWS d'Amazon, Microsoft Azure, IBM Cloud ou à moindre échelle OVH), les laboratoires de recherche, en particulier publics, sont en demande d'infrastructures Cloud et de centres de services associés. Avec une particularité : disposer d'un Cloud souverain capable de garantir l'intégrité et la pérennité des résultats issus de la recherche.

En effet, la fiabilité, la disponibilité, la réutilisation et la sécurité des données numériques ainsi que la mise à disposition de services de traitement et de valorisation de celles-ci sont des nécessités. Connaître la donnée et surtout la façon dont elle est produite est un élément essentiel pour favoriser la confiance dans les résultats et les décisions publiques. C'est entre autres ce à quoi répond depuis 2020 le projet appelé DataCentre d'Orléans, hébergé au BRGM.

## **Des services innovants pour chercheurs et enseignants**

Les acteurs du territoire se sont mobilisés sur un projet de mutualisation d'infrastructures et de données regroupant aussi les compétences associées à leur exploitation. Le DataCentre, c'est un data center classique, mais en quelque sorte « augmenté », asso-

cié à des moyens techniques et des actions de mutualisation des compétences, des équipes et des couches métiers.

Concrètement, le BRGM, l'université de Tours, l'université d'Orléans et l'INSA Centre-Val de Loire se sont associés en 2020 pour la mise en place de ce data center. Labellisée data center régional par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, cette infrastructure de haut niveau proposera des services innovants à l'ensemble des chercheurs et enseignants du supérieur de la région Centre-Val de Loire dès 2021.

D'un montant de 9 millions d'euros pour la période 2021-2026, ce projet bénéficie du soutien financier des partenaires fondateurs, mais aussi de la collectivité régionale et de l'État via le contrat de plan État-Région, et s'inscrit dans le programme du fonds structurel européen FEDER.

## **Une infrastructure virtualisée, des données sécurisées dans un espace souverain**

Il s'agit d'une infrastructure de haut niveau technique et environnemental, proposant des services de calcul, de stockage, de sauvegarde et de traitement des données scientifiques.

Le BRGM est l'opérateur technique. Le DataCentre propose un catalogue de services pour ses fondateurs, mais aussi aux communautés scientifiques et éducatives ainsi qu'aux acteurs publics du territoire. Le centre est opérationnel, mais le sera dans son intégralité dans 5 ans pour les membres fondateurs qui vont migrer progressivement leurs infrastructures, applications et données.

Le DataCentre sera interconnecté avec d'autres moyens techniques au travers de la fédération des centres labellisés par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

Techniquement, le DataCentre associe les capacités de stockage à la puissance du traitement. Depuis le début 2021, le dispositif héberge l'infrastructure régionale de calcul intensif CaSciModOT. Il déploiera progressivement des services innovants tels que les VDI (Virtual Desktop Interactif), le VRE (Virtual Research Environment) ou autres logiciels spécifiques à destination des enseignants-chercheurs et étudiants. Il est aussi collaboratif et constitue un point d'accès simplifié à l'ensemble des données pour différentes communautés d'usage. Il constitue aussi l'échelle territoriale d'autres actions nationales et européennes dans lesquelles le BRGM est partie prenante. ●





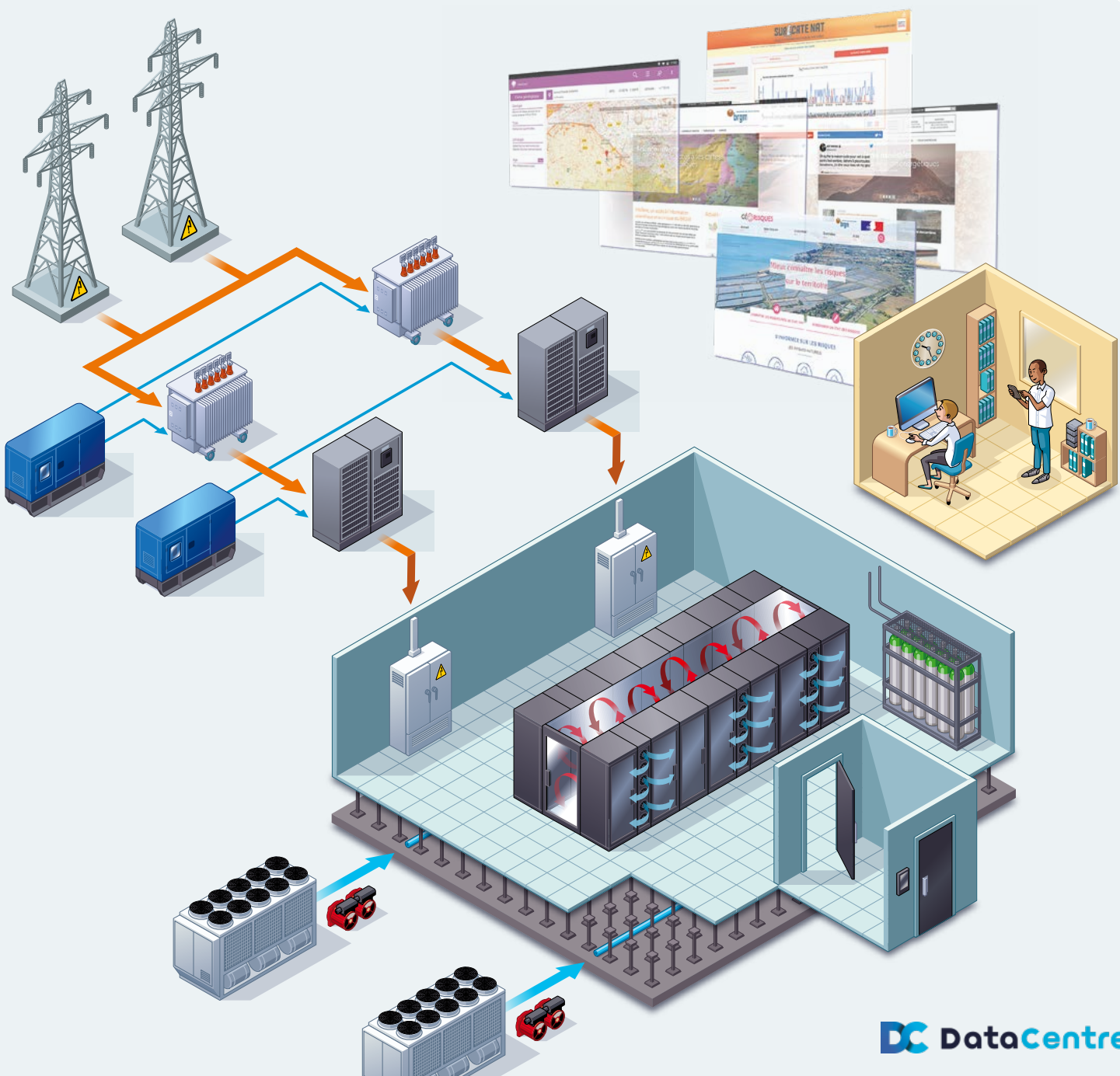
——— résultat remarquable

**1 — Ce DataCentre répond au besoin d'un trafic numérique d'envergure avec plus de 6 millions de visites annuelles et plus de 500 sites hébergés.**

© BRGM

**2 — Le BRGM investit depuis 10 ans dans ses propres data centers pour capitaliser, sécuriser et pérenniser les données environnementales et patrimoniales du territoire français.**

© BRGM / H. Fournié





## RESSOURCES HUMAINES

# Au service des équipes, à l'écoute des salariés

Isabelle Plaid

Directrice des Ressources humaines

**Si la crise sanitaire a fortement mobilisé la direction des Ressources humaines (DRH) en 2020, l'année a également été marquée par la mise en place d'un nouveau système d'information RH et la poursuite d'un travail de fond sur la gestion des compétences.**

### Nouveau SIRH : des avancées pour tous

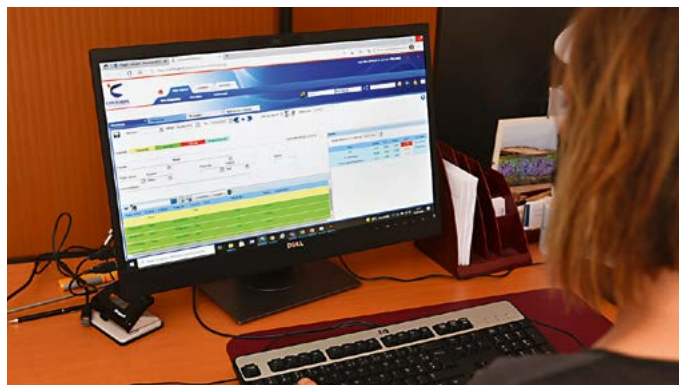
Outil de travail quotidien pour les équipes de la DRH, le système d'information RH (SIRH) mis en place en 2020 apporte de nouveaux services à l'ensemble des collaborateurs. Les salariés disposent désormais d'un portail « self-service ». Ils peuvent suivre en temps réel leurs compteurs de congés payés, absences et compte épargne temps. Ces informations sont également accessibles aux managers. La mise en place du SIRH a par ailleurs favorisé le déploiement du bulletin de paie simplifié, que le salarié peut retrouver au format numérique dans son espace utilisateur, et la subrogation des indemnités journalières de sécurité sociale, grâce à laquelle le collaborateur en congé maladie perçoit son salaire sans qu'une intervention de sa part soit nécessaire. « Ce nouveau système d'information, qui sécurise et fiabilise les données RH, permet de structurer les processus et d'améliorer notre performance collective, tout en facilitant nos prises de décision », fait valoir Isabelle Plaid, directrice des Ressources humaines.

### Un dialogue social toujours soutenu

Le comité social et économique (CSE) du BRGM a pris ses fonctions le 1<sup>er</sup> janvier 2020. Très mobilisée dans la gestion de la crise liée au Covid-19, la DRH a intensifié ses échanges avec cette nouvelle instance représentative du personnel, organisant pas moins de

**Le nouveau Système d'information RH (SIRH) : un véritable portail « self-service » pour les salariés pour suivre congés, absences et compte épargne temps.**

© BRGM - C. Boucley



deux réunions par mois jusqu'en juin 2020. Elle a par ailleurs lancé un baromètre spécifique pour mesurer la façon dont les salariés ont vécu de la crise sanitaire.

« Cette période inédite a changé le regard sur le télétravail et nous a conduits, dès l'été, à négocier avec les partenaires sociaux un nouvel accord sur ce sujet », indique Isabelle Plaid. Validé par les salariés au moyen d'un référendum organisé en janvier 2021, cet accord modifie notamment les conditions du télétravail choisi en introduisant plus de souplesse afin de répondre aux attentes des collaborateurs. Il augmente ainsi la possibilité de télétravailler, en portant la quotité à un maximum de 10 jours par mois, modulables. Il généralise également le télétravail, chacun pouvant en bénéficier quel que soit son métier, après validation de son calendrier par le manager. « Nous misons sur la concertation au sein des équipes », souligne Isabelle Plaid.

### La GEPP booste l'évolution des carrières

Cherchant à articuler les souhaits de mobilité des salariés avec ses besoins en compétences, le BRGM a développé une démarche structurée de gestion des emplois et des parcours professionnels (GEPP) qui produit chaque année des résultats concrets. Conjuguant un ensemble de dispositifs RH, la GEPP s'appuie notamment sur les revues du personnel, qui permettent d'identifier le potentiel d'évolution des salariés, sur un comité de carrière, qui s'est réuni à cinq reprises en 2020 pour analyser 65 situations individuelles, et sur un observatoire des métiers, qui apporte une vision prospective des compétences nécessaires à l'établissement. Cette approche a permis en 2020, 57 mobilités internes, dont 20 changements de filière métier, et 87 promotions. « Nous dépassons nos objectifs », se félicite Isabelle Plaid. Les résultats de l'observatoire des métiers ont en outre servi à l'élaboration, début 2021, d'un premier plan emploi global au BRGM. ●

*« Grâce à une gestion proactive des emplois et des parcours professionnels, nous essayons de donner à nos salariés la capacité à se projeter dans l'avenir. »*



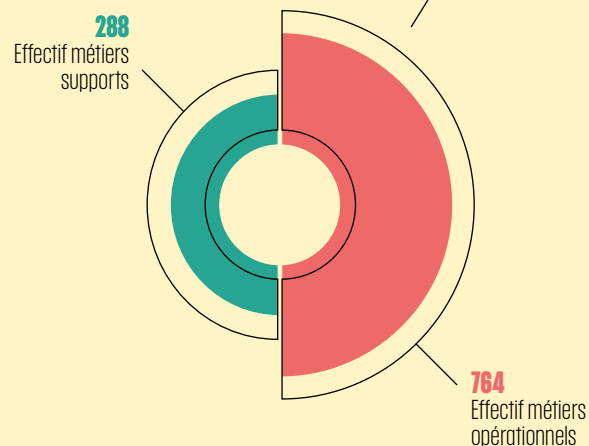
86 %

**des salariés ont bénéficié d'une formation en 2020**, pour une durée moyenne de 3,2 jours.

4,78 %

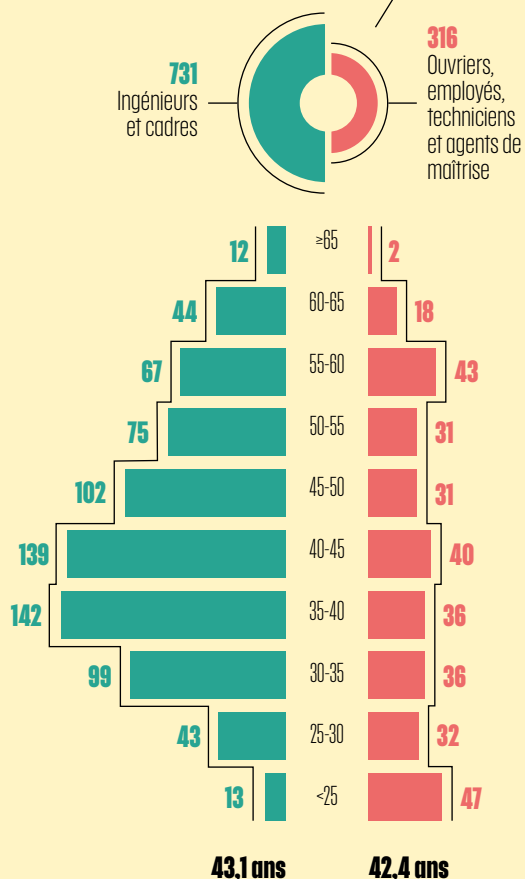
**c'est le taux d'emploi handicap direct en 2020**, se rapprochant de la cible légale de 6 %.

**Effectif du BRGM**  
**1052 personnes\***  
au 31 décembre 2020

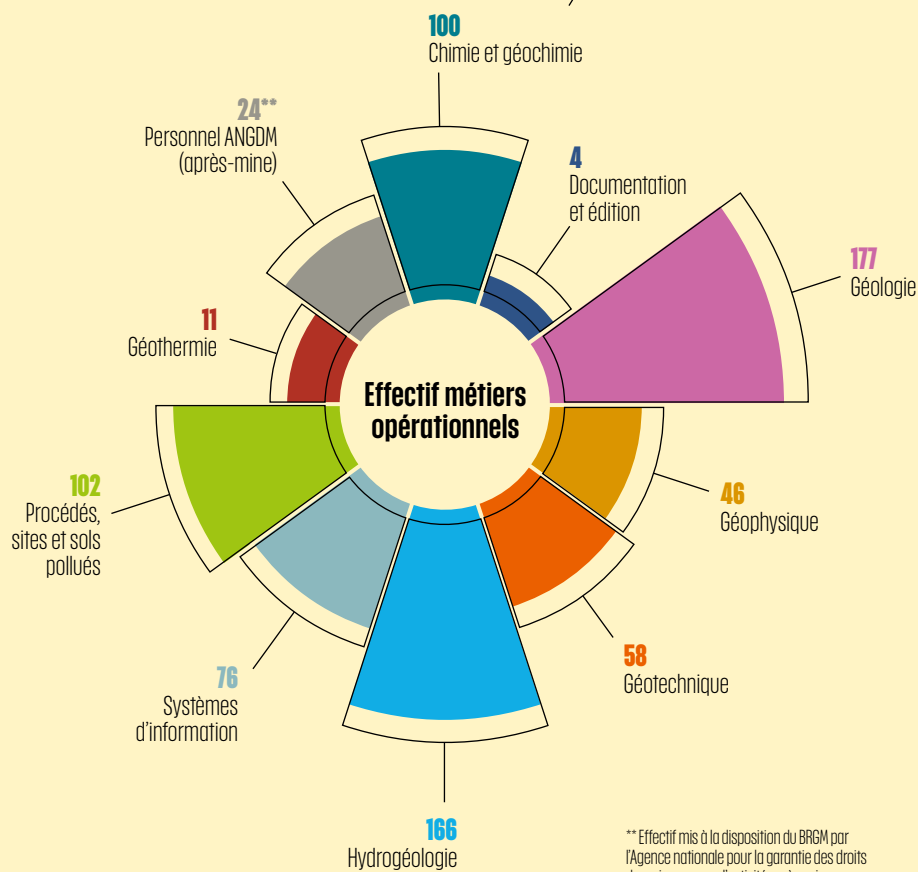


\* Dont : 10 post-doctorants, 17 thésards, 15 VSC et 51 contrats en alternance

**Pyramide des âges par classification**  
au 31 décembre 2020



**Répartition de l'effectif par métiers**





## DÉVELOPPEMENT DURABLE

## Le BRGM accentue sa démarche d'ouverture à la société

Fabienne Boutreau - Déléguée RSE

Vincent Schneider - Responsable de l'unité Achats

Hervé Riolland - Responsable du service Audit-Risques-Qualité

**Imprégnant progressivement toutes les activités de l'établissement, la responsabilité sociétale d'entreprise (RSE) du BRGM a trouvé, en 2020, matière à s'exprimer dans sa nouvelle politique Achats ainsi que dans son ambition réaffirmée et reformulée de développer les relations science-société.**

## Ouverture à la société : un engagement fort et renouvelé

Le BRGM met en œuvre depuis plusieurs années une démarche d'ouverture à la société civile qui vise à améliorer la compréhension des préoccupations sociétales liées aux problématiques d'usages et de gestion du sol et du sous-sol dans les territoires, afin également de rapprocher sa programmation scientifique des besoins des acteurs de terrain. « Nous avons profité de la "pause" imposée par la crise sanitaire en 2020 pour réfléchir aux modalités de notre démarche et poser de nouvelles bases en phase avec les évolutions de la société, les attentes des citoyens et notre Contrat d'objectifs et de performance 2018-2022 », indique Fabienne Boutreau, déléguée RSE au secrétariat général.



Télécharger la charte de l'ouverture à la société des établissements publics de recherche, d'expertise et d'évaluation des risques sanitaires et environnementaux en flashant ce code.

Signataire en 2016 de la charte d'ouverture à la société des établissements publics de recherche, d'expertise et d'évaluation des risques sanitaires et environnementaux, le BRGM a participé, aux côtés de l'Anses, l'Ifremer, l'Ineris, l'Inrae, l'IRSN, l'université Gustave Eiffel et Santé publique France, à sa réécriture. La nouvelle version a été signée le 27 novembre 2020. Si le confinement a empêché la rencontre prévue à cette occasion, la communication déployée conjointement autour de l'événement a permis aux signataires d'afficher leur volonté partagée de poursuivre et renforcer leur processus d'ouverture. Ils se sont ainsi engagés à accompagner les acteurs de la société dans l'acquisition de compétences, mettre en partage leurs connaissances scientifiques et accroître la transparence de leurs travaux.

Pour ce faire, chaque établissement s'appliquera à développer la capacité de ses personnels à dialoguer avec la société, identifier et mobiliser les ressources nécessaires à l'implication de celle-ci, mettre en place des outils de pilotage et rendre compte publiquement de sa démarche. « La charte constitue un cadre qui permet de partager retours d'expérience et bonnes pratiques et dans lequel chacun met en œuvre, en fonction de ses spécificités et de ses priorités, ses propres dispositifs pour créer, entretenir et évaluer le dialogue avec la société », souligne Fabienne Boutreau.

## Achats : une politique axée sur la RSE

Le BRGM a adopté en juillet 2020 sa nouvelle politique Achats, qui mise sur une meilleure anticipation des besoins et sur la professionnalisation de la fonction achat pour améliorer la performance économique du BRGM. « Cette politique donne toute sa place à la responsabilité sociétale d'entreprise de l'établissement, notamment par le développement des achats responsables et solidaires », souligne Vincent Schneider, responsable de l'unité Achats, qui précise que des indicateurs ont été mis en place pour évaluer et suivre cette nouvelle politique.

Sa contribution à la démarche RSE passe d'abord par la prise en compte du développement durable tout au long du cycle de vie de l'achat, pour limiter les impacts environnementaux des fournitures, prestations et travaux achetés. Les fournisseurs sont également incités à intégrer dans leurs offres des objectifs de développement durable, au moyen notamment de critères d'attribution dans les cahiers des charges, tels que la conformité à un écolabel, la qualité de la gestion des déchets, la réduction des émissions de gaz à effet de serre...

Le BRGM entend par ailleurs augmenter la part de ses achats auprès des acteurs du travail protégé et adapté – établissements et services d'aide par le travail (Esat) et entreprises adaptées (EA) –, de l'insertion et du commerce équitable. Certains lots ou marchés leur sont



ainsi réservés, tandis que des clauses sociales sont introduites dans les appels d'offres adressés aux fournisseurs, comme la détermination d'un nombre d'heures de travail à confier à des personnes en insertion.

Accompagné par la Maison de l'emploi du bassin d'Orléans pour la mise en œuvre de ces clauses sociales, le BRGM a également renouvelé sa convention avec le réseau Gesat, qui lui offre une mise en relation avec les prestataires du secteur du travail protégé et adapté pour développer ses achats handi-responsables. Le recours à ces prestataires, déjà probant pour l'entretien des espaces verts, la blanchisserie, le nettoyage des locaux, des véhicules ou encore la réparation des vélos, devrait se développer encore dans le domaine de l'informatique et de l'archivage. Point d'orgue de ce partenariat, le BRGM a accueilli le 11 février 2020, sur son site d'Orléans, les rencontres Achats responsables du réseau Gesat en Centre-Val de Loire.

Vitrine de cette politique Achats, un nouvel espace dédié aux fournisseurs a été créé sur le site internet du BRGM (<https://www.brgm.fr/fr/devenir-partenaire-client/devenir-fournisseur-brgm>). Il facilite notamment la recherche d'opportunités en mettant en avant les besoins et les orientations du BRGM en matière d'achats. « Tout fournisseur qui le souhaite peut remplir une fiche contact », indique Vincent Schneider. ●

*« Nous avons profité de l'année 2020 pour poser les nouvelles bases de notre démarche d'ouverture à la société. »*

122

**associations**, à travers environ 380 représentants, ont participé aux 26 réunions de dialogue organisées depuis 2015 par le BRGM en régions.

24

**partenaires** du secteur du travail protégé (Esat) ou adapté (EA) sont intervenus auprès du BRGM en 2020, dont 12 à Orléans et 12 en régions.



Un ESAT est intervenu à la Géothèque pour sécuriser les carottes de forage dans de nouveaux coffrages plus résistants.

© BRGM - C. Boucley

### Vers la maîtrise du risque environnemental

Certifié ISO 9001 depuis 2004, le BRGM est reconnu pour le sérieux et la qualité de ses travaux scientifiques réalisés pour ses clients et partenaires et pour son fonctionnement en amélioration permanente. Depuis 2012, en complément le BRGM est certifié ISO 14001 ce qui prouve son engagement pour l'environnement, avec un effort constant porté à la maîtrise et la réduction de l'impact environnemental de ses activités.

En 2020, le plan d'action environnemental s'est porté prioritairement sur la maîtrise de l'impact environnemental lié à la mise en place de ses nouvelles plateformes expérimentales multiéchelles.

Chaque projet nécessitant une intervention sur le terrain fait ainsi l'objet d'une analyse du risque environnemental des travaux permettant la mise en place d'actions qui en limitent l'impact.

Un effort majeur a été réalisé sur l'entretien forestier du site d'Orléans avec des actions curatives sur les espèces malades et en souffrance

suite aux épisodes de fortes chaleurs de ces dernières années.

Les replantations d'espèces plus adaptées se sont accompagnées d'aménagements d'espaces de convivialité pouvant accueillir les salariés durant leur pause. L'écopâturage a été élargi pour l'entretien des espaces verts avec une forte diminution des tontes par engins thermiques pour diminuer la pollution atmosphérique et sonore. La poursuite des actions pour mieux maîtriser nos consommations d'énergie et réduire la pollution s'est poursuivie avec l'installation de nouveaux éclairages LED, la diminution du parc de véhicules diesel, le développement de la visioconférence, l'incitation aux transports en commun ou modes de déplacements « doux ». Cette année 2020 est évidemment très particulière, l'impact environnemental du BRGM a été fortement réduit sur tous ses sites en raison de la crise sanitaire qui a limité les déplacements et la production de déchets en lien avec la mise en place du télétravail.



## BRGM FORMATION

Les premières formations  
à distance

Anne Mauger

Responsable de BRGM Formation

**Si la crise sanitaire a compliqué la mise en œuvre de l'offre de formation continue proposée par BRGM Formation, elle a aussi engagé l'établissement sur la voie du digital learning. L'année a également été mise à profit pour initier de nouveaux projets.**

Le premier confinement, au printemps 2020, avait mis un quasi-coup d'arrêt à l'activité de formation continue du BRGM, obligeant à l'annulation ou au report de nombreuses sessions. Le deuxième confinement, à l'automne, a au contraire joué un rôle d'accélérateur, en conduisant l'établissement à proposer sous la forme

de cours en ligne les formations qui pouvaient être assurées à distance. Ces sessions ont représenté près d'un tiers de celles organisées en 2020, permettant ainsi de maintenir le nombre de stagiaires à un niveau comparable à celui de 2019.

### Professionnaliser le digital learning

« Si le développement du digital learning était en projet depuis un certain temps, une véritable dynamique a été enclenchée en 2020, confirme Anne Mauger, responsable de BRGM Formation. La situation inédite liée à la crise sanitaire nous a poussés à déployer de nouveaux services dans des délais très raccourcis. » Avec succès : 98 % des stagiaires en distanciel se sont dits satisfaits et recommanderaient ces

formations. Capitalisant sur cette première expérimentation, une réflexion plus globale a été initiée à l'échelle de l'établissement afin d'accompagner le déploiement de ces nouvelles modalités pédagogiques et de professionnaliser l'offre digitale en la dotant de moyens et d'outils spécifiques.

L'année a également été marquée par la naissance de grands projets : la construction avec le partenaire industriel RTE d'un premier parcours de formation en *e-learning*, à base de contenus multimédias ; une mission confiée par la Direction générale du travail pour la mise en œuvre du dispositif national de formation certifiante sur le repérage d'amiant environnemental. Dans le même temps, le BRGM a répondu à une trentaine de demandes de formation à la carte, avec un taux de réussite élevé.

### Une visibilité sur le net en progression

Enfin, le site internet [formation.brgm.fr](http://formation.brgm.fr) mis en ligne fin 2019 a vu sa fréquentation progresser, grâce notamment à l'amélioration de son référencement. Présentant l'intégralité de l'offre de formation du BRGM et facilitant les recherches, il s'avère d'autant plus utile que l'envoi du catalogue papier a perdu de son intérêt dans le contexte de l'épidémie de Covid-19. Consultable sur le site internet, ce recueil devrait toutefois s'enrichir prochainement d'une version anglaise qui sera disponible à la fois en ligne et sur papier. ●



Les formations sont rentrées dans une dynamique de digital learning nettement plus forte.

© BRGM

263 000

**euros de chiffre d'affaires en 2020**, dont 39 % avec les formations sur mesure.

56

**sessions organisées**, dont 18 en distanciel.

550  
**stagiaires.**24  
**formations intra-entreprise** sur mesure réalisées.

## BRGM CAMPUS

Moins de terrain,  
plus de numérique en 2020

Johann Tuduri - Responsable de BRGM Campus

Marie-Christine Dictor - Responsable du programme doctoral

**Les enseignements délivrés dans le cadre de BRGM Campus ont dû s'adapter, dans leur forme et leurs contenus, à la crise sanitaire pour permettre aux étudiants de poursuivre leur parcours malgré les restrictions. L'accent a été mis notamment sur le numérique, en cohérence avec la stratégie scientifique de l'établissement qui vise à accompagner la transition digitale des géosciences.**

Tout au long de l'année 2020, les équipes de BRGM Campus se sont efforcées de maintenir les apprentissages en géosciences. Dès le premier confinement, les enseignements ont été assurés à distance grâce aux outils de visioconférence. « Ce format en distanciel a montré ses avantages mais aussi ses limites, précise Johann Tuduri, responsable de BRGM Campus. Si nous réfléchissons sérieusement à intégrer cette pédagogie dans nos futures maquettes, la formation en distanciel ne remplacera jamais à 100 % le présentiel. Nous devons trouver le bon équilibre, selon les enseignements, pour garantir les meilleures conditions d'apprentissage à nos étudiants. » La formation des géologues s'effectue également sur site. Or les écoles de terrain ont dû être annulées, en particulier à l'étranger. Elles ont été remplacées notamment par des enseignements autour du numérique : « Nous avons renforcé les compétences des étudiants en traitement des données, géostatistique et modélisation numérique », détaille Johann Tuduri. Cette réorientation confirme le positionnement de BRGM Campus : accompagner la transition digitale des géosciences en proposant des cursus autour de la donnée

**Le trésor des Abysses. Mission d'encadrement doctoral sur les fonds océaniques de la nappe de Plata (Alpes Suisses).**

© BRGM - J. Tuduri



218

étudiants  
en 2019-2020.

52

ingénieurs du BRGM  
impliqués dans  
les formations  
initiales délivrées  
en 2019-2020.

747

heures de cours  
délivrées aux niveaux  
licence et master.

93

thèses  
encadrées  
en 2020.

et de l'environnement. Un projet de master Géodata a ainsi été lancé en 2019-2020 avec l'Université d'Orléans, pour une ouverture prévue à la rentrée 2022. Il viendra s'ajouter aux formations diplômantes auxquelles le BRGM contribue déjà sur ses thématiques scientifiques, en partenariat avec une dizaine d'établissements d'enseignement supérieur en France métropolitaine et Outre-mer.

## De plus en plus de thèses Cifre

Entraînant la fermeture des laboratoires et la suspension des déplacements sur le terrain, la crise liée au Covid-19 a également perturbé le déroulement des thèses, rallongeant leur durée. Un nouvel appel à projets a néanmoins été lancé à l'été 2020 et marqué notamment par des sujets sur l'intelligence artificielle, pour améliorer le traitement des données et la précision des modèles, et la gestion des impacts miniers et industriels sur le sous-sol. Ces dernières thèses seront les premières à bénéficier, pour leur volet expérimental, de la plateforme Prime.

Enfin, avec 6 propositions sur les 40 reçues, le BRGM monte en puissance dans l'encadrement de thèses faisant l'objet d'une convention industrielle de formation par la recherche (Cifre). « Ce dispositif permet de répondre directement aux besoins du monde socio-économique et facilite l'insertion professionnelle des doctorants », souligne Marie-Christine Dictor, responsable du programme doctoral. ●



# Comité de direction

**Michèle Rousseau**

Présidente  
Directrice générale



**Christophe Poinssot**

Directeur général délégué  
Directeur scientifique



## DIRECTIONS DE PROGRAMME



CONNAISSANCE  
DES SYSTÈMES  
GÉOLOGIQUES  
**Pierre Nehlig**  
Directeur de programme



IMAGERIE ET  
MODÉLISATION  
DU SOUS-SOL  
**Philippe Calcagno**  
Directeur de programme



RISQUES NATURELS  
ET RÉSILIENCE  
DES TERRITOIRES  
**Gilles Grandjean**  
Directeur de programme



GESTION DES  
IMPACTS MINIERES  
ET INDUSTRIELS SUR  
LE SOL ET LE SOUS-SOL  
**Dominique Guyonnet**  
Directeur de programme



DONNÉES, SERVICES  
ET INFRASTRUCTURES  
NUMÉRIQUES  
**Matthew Harrison**  
Directeur de programme



EAUX SOUTERRAINES  
ET CHANGEMENT  
GLOBAL  
**Dominique Darmendrail**  
Directrice de programme



RESSOURCES  
MINÉRALES  
ET ÉCONOMIE  
CIRCULAIRE  
**Patrick d'Hughes**  
Directeur de programme



TRANSITION  
ÉNERGÉTIQUE ET  
ESPACE SOUTERRAIN  
**Sylvie Gentier**  
Directrice de programme

**Didier Camut**  
Secrétaire général



**Philippe Freyssinet**  
Directeur de la recherche,  
de la programmation  
scientifique et de  
la communication



**Isabelle Plaid**  
Directrice des  
ressources  
humaines



**Catherine Bonin**  
Directrice de l'innovation  
et des activités  
commerciales et  
internationales



12 membres  
du comité  
de direction  
du BRGM au  
30 juin 2021.

**Philippe Gombert**  
Directeur eau,  
environnement,  
procédés et  
analyses



**Karim Ben Slimane**  
Directeur risques  
et prévention



**Christophe Didier**  
Directeur des  
géoressources



**Jean-Marc Mompelat**  
Directeur des actions  
territoriales



**Natacha Girold**  
Directrice  
financière



**Jean-Marc Trouillard**  
Directeur des  
infrastructures  
et services  
numériques





# Conseil d'administration et comités

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

MAI 2021

Présidente du Conseil d'administration

**Michèle Rousseau**

Commissaire du Gouvernement

**Émilie Bernardin-Skalen**

### EN QUALITÉ DE REPRÉSENTANTS DU MINISTRE CHARGÉ :

#### DE LA RECHERCHE

**Didier Marquer**, Chargé de mission Sciences de la terre, Géoressources et Géotechnologies - Direction générale pour la Recherche et l'Innovation**Suppléante : Lise Fechner**, Adjointe au chef du service de la Stratégie, de la Recherche et de l'Innovation (DGRI/SSRI) (ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation)

#### DE L'ENVIRONNEMENT

**Philippe Merle**, Chef du service des Risques technologiques**Suppléant : Jean-Luc Perrin**, Sous-directeur des Risques chroniques et du Pilotage (ministère de la Transition écologique)

#### DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

**Sébastien Bidaud**, Sous-directeur des secteurs stratégiques, Direction de la Diplomatie économique**Suppléante : Vanessa Salas-Pouget**, Cheffe du pôle Énergie, sous-direction des secteurs stratégiques, Direction de la Diplomatie économique (ministère de l'Europe et des Affaires étrangères)

#### DE LA COOPÉRATION

**Dominique Waag**, Sous-directrice de l'Enseignement supérieur et de la Recherche**Suppléant : Baptiste Bondu**, Chef du pôle Pilotage des opérateurs et Stratégies sectorielles (ministère de l'Europe et des Affaires étrangères)

#### DE L'ÉCONOMIE

**Michel Schmitt**, Ingénieur général des mines, Conseil général de l'Économie**Suppléante : Isabelle Wallard**, Ingénieur général des mines, Conseil général de l'Économie (ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance)

#### DU BUDGET

**Alicia Saoudi**, Cheffe du Bureau de l'énergie, des participations, de l'industrie et de l'innovation, Bureau 3BEPH - Direction du Budget**Suppléante : Alexie Lalanne-Pelerin**, Adjointe au chef du bureau l'Énergie, des Participations, de l'Industrie et de l'Innovation, Direction du Budget (ministère chargé des Comptes publics)

#### DES MINES

**Guglielmina Toro**, Adjointe à la sous-directrice de la Protection et de la gestion des ressources en eau et minérales et des écosystèmes aquatiques, Direction de l'Eau et de la Biodiversité**Suppléant : Jean-François Gaillaud**, Chef de bureau, Direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature, Direction de l'Eau et de la Biodiversité (ministère de la Transition écologique)

### EN QUALITÉ DE PERSONNALITÉS CHOISIES EN RAISON DE LEURS COMPÉTENCES :

**Anne Besnier**, Vice-Présidente déléguée à l'Enseignement supérieur et à la Recherche - Conseil régional du Centre-Val de Loire**Sylvie Joussaume**, Directrice de Recherche au CNRS - Laboratoire de Sciences du climat et de l'Environnement - UMR 1572**Marc Chaussidon**, Directeur - Institut de physique du globe de Paris**Pierre-Alain Gautier**, Directeur Corporate Affairs & Partenariats - Groupe ERAMET

### EN QUALITÉ DE REPRÉSENTANTS DU PERSONNEL DU BRGM :

**Marie-Christine Dictor** (CFDT), **Nicolas Frissant** (CFDT), **Daniel Raucoules** (CFDT),**Denis Thiéblemont** (CGT), **Émilie Vanhoudheusden** (CFE/CGC),**Pierre Vassal** (CFE/CGC)

### MISSION DE CONTRÔLE ÉCONOMIQUE ET FINANCIER :

**Bruno Rossi**, **Jean-Pascal Codine**

## COMITÉ SCIENTIFIQUE

JUIN 2021

Président

**Vincent Lagneau**

Directeur du centre des Géosciences de l'École des Mines (Paris, France)

**Stéphane Bourg**

Chargé de mission coopération européenne et internationale au CEA ISEC (Marcoule, France)

**Bertrand Braunschweig**

Directeur de la mission Inria de coordination du programme national de recherche en intelligence artificielle

**Philippe Charvis**

Directeur délégué à la science à l'IRD (Marseille, France)

**Agnès Ducharme**

Directrice de Recherche au CNRS au METIS Université Panthéon Sorbonne (Paris, France)

**Lara Duro**

Directrice générale du groupe Amphos 21 (Espagne)

**Lluis Fontboté**

Professeur honoraire de Géologie économique à l'université de Genève (Genève, Suisse)

**Émilie Huret**

Adjointe au directeur R&amp;D de l'ANDRA (Chatenay Malabry, France)

**Laurent Jolivet**

Professeur à Sorbonne Université - UPMC (Paris, France)

**Zoubeida Kebaili Bargaoui**

Professeur à l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis. Université Tunis El Manar (Tunis, Tunisie)

**Patrick Landais**

Haut-commissaire à l'énergie atomique et membre du Comité de l'énergie atomique au CEA (Saclay, France)

**Louis Londe**

Directeur technique de Géostock (Paris, France)

**Laurent Montador**

Directeur général adjoint du Groupe CCR (Paris, France)

**Valérie November**

Directrice de recherche au CNRS et affiliée au laboratoire LATTs, École des Ponts, Université Paris-Est (Paris, France)

**Judith Sausse**

Directrice de l'École nationale supérieure de géologie (Nancy, France)

**Hervé Sutty**

Directeur général de Tergys et Président de CapBurdil (Blanquefort, France)

**Tirza Van Daalen**

Directrice du Service géologique des Pays-Bas - TNO (Pays-Bas)

**Olivier Vidal**

Directeur de Recherche CNRS/ISTerre (Grenoble, France)

## COMITÉ INTERNATIONAL

DÉCEMBRE 2020

### Président

**Jean Lamy**, Président du conseil d'administration de l'Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar / Ancien ambassadeur

**Theresa Ponce de Leão**, Présidente du conseil d'administration du Laboratoire national de l'énergie et de la géologie (LNEG), service géologique portugais

**Denis Favier**, Directeur de la Sécurité - Groupe TotalEnergies

**Rémi Pelon**, Senior Mining Specialist - Banque mondiale

**Christian Fusillier**, Directeur Agriculture, développement rural et biodiversité (ARB) - Transition écologique naturelle et gestion des ressources naturelles (NAT) - Agence française de développement (AFD)

**Céline Adrien**, Directrice du secrétariat d'EuroGeoSurveys (EGS)

**Louis Maréchal**, Chef de secteur Minerais et secteur extractif - OCDE

**Vanessa Salas-Pouget**, Cheffe du pôle Énergies - Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères

**Rokhaya Samba Diene**, Directrice de la Prospection et de la Promotion minière du ministère des Mines et de la Géologie du Sénégal, et Présidente de l'Organisation des services géologiques africains (OSGA)

**Professeur Zahar**, Professeur de l'enseignement supérieur à l'École Polytechnique de Tunisie. EPT et directeur du Laboratoire VDEC (Villes durables et environnement construit)

**Jean Launay**, Président du Partenariat français pour l'eau (PFE)

**Didier Marquer**, Chargé de mission pour les géoressources et les géotechnologies à la direction générale de la Recherche et de l'Innovation (MESRI)

## COMITÉ NATIONAL D'ORIENTATION DU SERVICE PUBLIC

JUIN 2021

### AU TITRE DU MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES ET DE LA RELANCE

Par délégation, le Directeur général de l'Aménagement, du Logement et de la Nature

### AU TITRE DU MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Le Directeur de l'Eau et de la Biodiversité  
Le Directeur général de la Prévention des risques  
Le Directeur général des Infrastructures, des Transports et de la Mer  
Le Directeur général de l'Énergie et du Climat  
Le Directeur de la Recherche et de l'Innovation

### AU TITRE DU MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

Le Directeur général pour la Recherche et l'Innovation

### AU TITRE DU MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

Le Directeur général de la Sécurité civile et de la Gestion des crises

### AU TITRE DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION

Le Sous-Directeur de la Performance environnementale et de la Valorisation des territoires

### AU TITRE DU MINISTÈRE DES SOLIDARITÉS ET DE LA SANTÉ

Le Directeur général de la Santé

### AU TITRE DU MINISTÈRE DES OUTRE-MER

La Directrice générale des Outre-mer

### AU TITRE DU MINISTÈRE DE LA CULTURE

Le Directeur général des Patrimoines

### LA PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE DU BRGM

### LA PRÉSIDENTE DU BRGM

## COMITÉ D'ORIENTATION STRATÉGIQUE DE L'INNOVATION

JUIN 2021

### Jean-Yves Berthou (INRIA)

Directeur du Centre de Recherche INRIA-Saclay (Palaiseau, France)

### Paul-Joël Derian (Groupe Avril)

Group VP Innovation and Sustainable Development - GM (Paris, France)

### Annie Geay (Bpifrance)

Directrice des Études (Maisons-Alfort, France)

### Gérard Jacquin (GJ Consulting SAS)

Président (Vitry-sur-Seine, France)

### Laurent Jammes (CNRS)

Directeur des Partenariats Industriels CNRS-INSU (Paris, France)

### Frédéric Jory (SAGEOS)

Directeur général (Orléans, France)

### Philippe Portier (Lyon Business School)

Professeur EM (Écully, France)

### Thierry Salmons (TGS conseil)

Président (Paris, France)

### Hervé Suty (CapBurdi)

Président (Bordeaux, France)

## COMITÉ D'AUDIT

JUIN 2021

### Présidente

### Marie-Madeleine Miallot-Muller

### Jean-Pascal Codine

### Alicia Saoudi

### Jean-Luc Perrin

### Marie-Christine Dictor

### Denis Thieblemont

### Émilie Vanoudheusden

### COMMISSAIRE DU GOUVERNEMENT

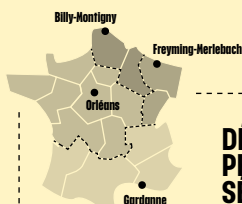
### Émilie Bernardin-Skalen



## Réseau territorial

13 régions  
en métropole

5 délégations  
en métropole



### DÉPARTEMENT PRÉVENTION SÉCURITÉ MINIERE

UTAM (Unité territoriales  
Après-Mine)



**Chef de Département  
Georges Vigneron**  
tél. 02 38 64 48 98  
g.vigneron@brgm.fr



**UTAM Centre Ouest  
Ingrid Girardeau**  
3 avenue Claude Guillemin  
BP 36009  
45060 Orléans Cedex 2  
tél. 02 38 64 35 43  
utamcentreouest@brgm.fr



**UTAM SUD  
Jean-Louis Nedellec**  
Puits Yvon Morandat  
Quartier la Plaine  
13120 Gardanne  
tél. 04 42 65 46 20  
utamsud@brgm.fr



**UTAM NORD  
Fabrice Quirin**  
Rue Louis Blériot  
62420 Billy-Montigny  
tél. 03 21 79 00 60  
utamnord@brgm.fr



**UTAM EST  
Nicolas Koeberlé**  
2 avenue de la Moselle  
57800 Freyming-Merlebach  
tél. 03 87 83 14 01  
utamest@brgm.fr

### DIRECTION DES ACTIONS TERRITORIALES



**Directeur  
Jean-Marc Mompelat**  
Directeur des Actions  
territoriales  
tél. 02 38 64 31 88  
jm.mompelat@brgm.fr



**Directeurs adjoints**  
Régions du Centre  
et du Nord-Est  
**Patrick Charbonnier**  
Directeur adjoint  
tél. 02 38 64 33 26  
p.charbonnier@brgm.fr



Régions  
du Grand Ouest  
**Laurence Chéry**  
Directrice adjointe  
tél. 02 38 64 37 39  
l.chery@brgm.fr



Régions  
du Sud-Est  
**Pierre Pannet**  
Directeur adjoint  
tél. 02 38 64 48 21  
p.pannet@brgm.fr



Régions  
et territoires  
d'Outre-Mer  
**Claudie Carnec**  
Directrice adjointe  
tél. 02 38 64 35 89  
c.carnec@brgm.fr

### AUVERGNE- RHÔNE-ALPES



**Direction régionale**  
Site de Lyon  
**Stéphane Buschaert**  
151 boulevard Stalingrad  
69626 Villeurbanne Cedex  
tél. 04 72 82 11 50  
s.buschaert@brgm.fr



**Délégation régionale**  
Site de Clermont-Ferrand  
**Émilie Vanoudheusden**  
12 avenue des Landais  
63170 Aubière  
tél. 04 73 15 23 00  
e.vanoudheusden@brgm.fr

### BOURGOGNE- FRANCHE-COMTÉ



**Direction régionale**  
Site de Dijon  
**Manuel Parizot**  
Parc technologique  
27 rue Louis de Broglie  
21000 Dijon  
tél. 03 80 72 90 40  
m.parizot@brgm.fr

### BRETAGNE



**Direction régionale**  
Site de Rennes  
**Mélanie Bardeau**  
Rennes Atalante Beaulieu  
2 rue de Jouanet  
35700 Rennes  
tél. 02 99 84 26 70  
m.bardeau@brgm.fr

### CENTRE-VAL DE LOIRE



**Direction régionale**  
Site d'Orléans  
**Alain Saada**  
3 avenue Claude Guillemin  
BP 36009  
45060 Orléans Cedex 2  
tél. 02 38 64 31 92  
a.saada@brgm.fr

### CORSE



**Direction régionale**  
Site de Bastia  
**Anthony Rey**  
Immeuble Agostini  
Zone Industrielle de Furiani  
20600 Bastia  
tél. 04 95 58 04 33  
a.rey@brgm.fr

### GRAND EST



**Direction régionale**  
Site de Nancy  
**Dominique Midot**  
1 rue Jean Zay  
54500 Vandœuvre-lès-Nancy  
tél. 03 83 44 81 49  
d.midot@brgm.fr



**Délégation régionale**  
Site de Strasbourg  
**Damien Salquebre**  
Parc Activités Porte Sud  
Rue Pont du Péage  
Bâtiment H1  
67118 Geispolsheim  
tél. 03 88 77 48 90  
d.salquebre@brgm.fr

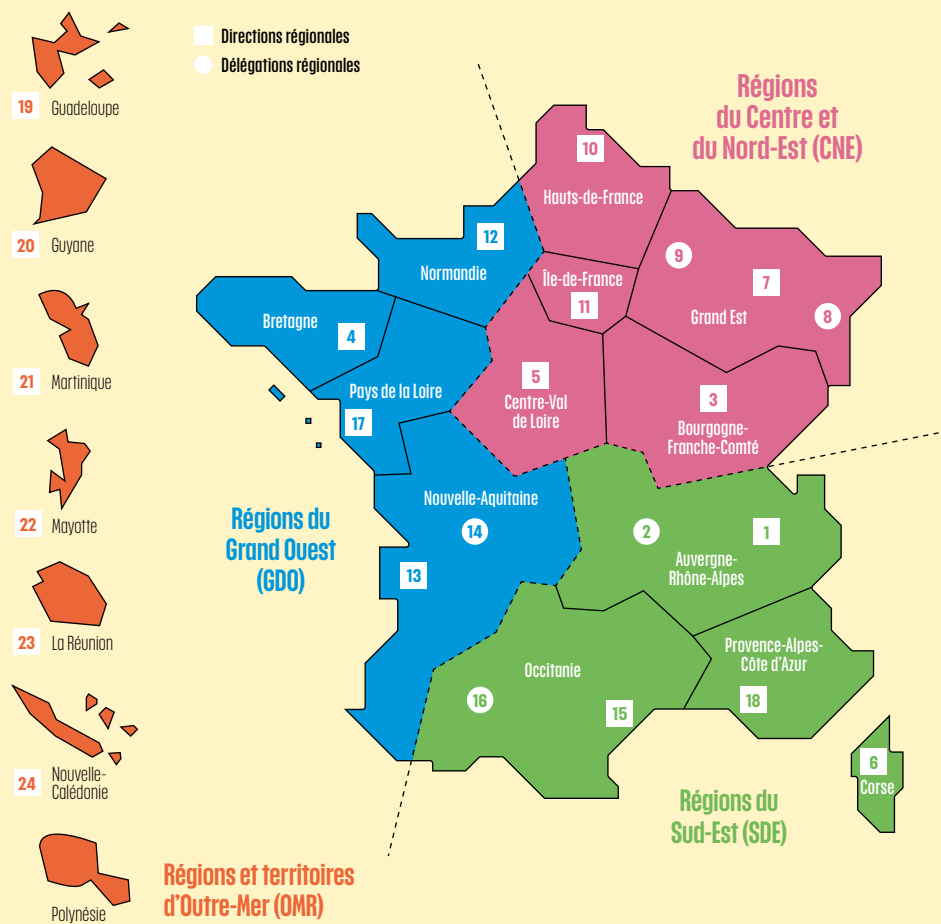


**Délégation régionale**  
Site de Reims  
**Hélène Vinot**  
Pôle technologique  
Henri Farman  
12 rue Clément Ader  
51100 Reims  
tél. 03 26 84 47 70  
h.vinot@brgm.fr

### HAUTS- DE-FRANCE



**Direction régionale**  
Site de Lille  
**Xavier Daupley**  
Arteparc Bâtiment A  
2 rue des Peupliers  
BP 10406  
59810 Lesquin Cedex  
tél. 03 20 19 15 40  
x.daupley@brgm.fr



## OUTRE-MER

### GUADELOUPE

**Direction régionale**  
**Ywenn De La Torre**  
Parc d'activités de Colin  
La Lézarde  
97170 Petit-Bourg  
tél. 05 90 41 35 48  
y.delatorre@brgm.fr

### GUYANE

**Direction régionale**  
**Frédéric Tronel**  
Domaine de Suzini  
Route de Montabo  
B.P. 552  
97333 Cayenne Cedex 2  
tél. 05 94 30 06 24  
f.tronel@brgm.fr

### MARTINIQUE

**Direction régionale**  
**Benoît Vittecoq**  
Villa Bel Azur  
4 lotissement Miramar  
Route Pointe des Nègres  
97200 Fort-de-France  
tél. 05 96 71 17 70  
b.vittecoq@brgm.fr

### MAYOTTE

**Direction régionale**  
**Charlotte Mucig**  
Lotissement "Les trois Vallées" n° 1  
Immeuble "Le Jacaranda" n° 5  
BP 363 Kaveni  
97600 Mamoudzou  
tél. 02 69 61 28 13  
c.mucig@brgm.fr

### LA RÉUNION

**Direction régionale**  
**Kévin Samyn**  
5 rue Sainte-Anne  
CS 51016  
97404 Saint-Denis Cedex  
tél. 02 62 21 22 14  
k.samyn@brgm.fr

## ANTENNES

### NOUVELLE-CALÉDONIE

**Vincent Mardhel**  
DIMENC/SGNC,  
1 ter, rue Édouard Unger  
Vallée du Tir - BP 56  
98845 Nouméa Cedex  
tél. 06 87 27 03 65  
v.mardhel@brgm.fr

### POLYNÉSIE

Activité provisoirement  
suspendue  
**Contact:**  
Claudie Carnec  
c.carnec@brgm.fr

### ÎLE-DE-FRANCE

**Direction régionale**  
Site de Paris  
**Éric Gomez**  
Tour Mirabeau  
39-43 quai André Citroën  
75739 Paris Cedex 15  
tél. 01 40 58 89 17  
e.gomez@brgm.fr

### NORMANDIE

**Direction régionale**  
Site de Rouen  
**Didier Pennequin**  
Parc de la Vatine  
14 route d'Houpeville  
76130 Mont-Saint-Aignan  
tél. 02 35 60 12 00  
d.pennequin@brgm.fr

### NOUVELLE-AQUITAINE

**Direction régionale**  
Site de Bordeaux  
**Nicolas Pedron**  
Parc Technologique Europarc  
24 avenue Léonard de Vinci  
33600 Pessac  
tél. 05 57 26 52 70  
n.pedron@brgm.fr

**Délégation régionale**  
Site de Poitiers  
**Jean-Christophe Audru**  
5 rue de la Goëlette  
86280 Saint-Benoît  
tél. 05 49 38 15 38  
jc.audru@brgm.fr

### OCCITANIE

**Direction régionale**  
Site de Montpellier  
**Ariane Blum**  
1039 rue de Pinville  
34000 Montpellier  
tél. 04 67 15 79 80  
a.blum@brgm.fr

**Délégation régionale**  
Site de Toulouse  
**Anne-Valérie Hau-Barras**  
Parc technologique du Canal  
3 rue Marie Curie  
Bâtiment ARUBA - BP 49  
31527 Ramonville-Saint-Agne  
tél. 05 62 24 14 50  
av.hau-barras@brgm.fr

### PAYS DE LA LOIRE

**Direction régionale**  
Site de Nantes  
**Xavier Rachez**  
1 rue des Saumonières  
BP 92342  
44323 Nantes Cedex 3  
tél. 02 51 86 01 51  
x.rachez@brgm.fr

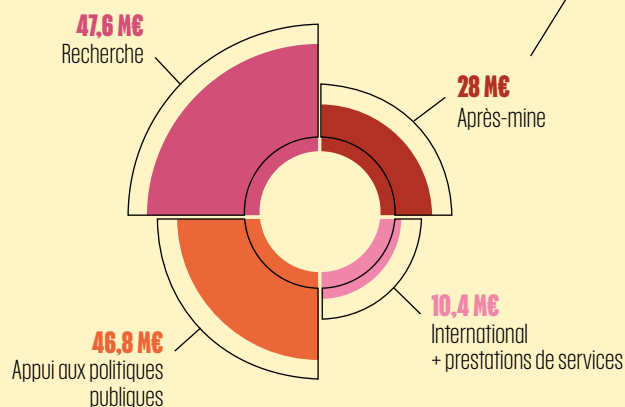
### PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

**Direction régionale**  
Site de Marseille  
**Isabelle Duhamel-Achin**  
117 avenue de Luminy - BP 168  
13276 Marseille Cedex 9  
tél. 04 91 17 74 77  
i.duhamelachin@brgm.fr

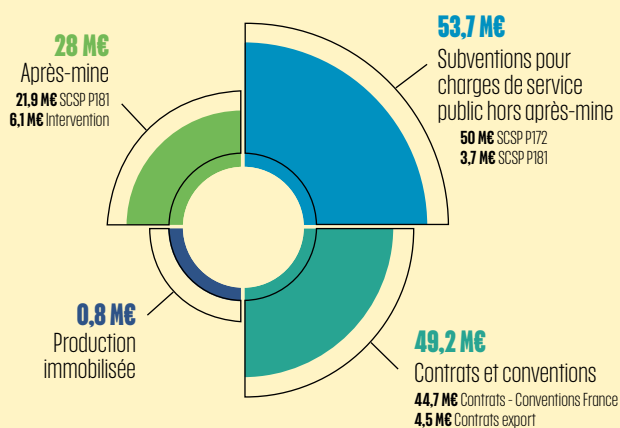


# Comptes 2020, un redressement significatif

## Répartition de la production



## Répartition de l'activité par type de financement



**Le BRGM a su redresser sa situation par rapport à l'année 2019 dans un contexte difficile. La mise en place de mesures de redressement, consécutives au déficit 2019, et les effets de la crise sanitaire constituent deux éléments d'explication majeurs dans l'évolution des résultats.**

Pour rappel, avec cinq autres établissements publics de recherche (IRSTEA, CIRAD, IFREMER, INRAE et IRD), le BRGM est opérateur de l'État au titre du programme 172 de la LOLF. Le BRGM reçoit également des subventions (SCSP) du programme 181, notamment pour ses activités Appui aux politiques publiques et Après-mine.

### Au niveau du groupe BRGM

Le résultat net consolidé revenant au groupe s'établit à +0,3 M€ en 2020 (contre -8,8 M€ en 2019). La contribution des entités à la construction de ce résultat net est la suivante :

- Le BRGM contribue à hauteur de +2,8 M€ au résultat consolidé appartenant au groupe en 2020, ce qui correspond à son résultat net social de -1,6 M€, corrigé des écritures ayant trait à ses filiales (principalement, les dotations aux provisions liées à la dépréciation de la valeur de sa filiale BRGM SA).
- BRGM SA contribue à hauteur de -4,8 M€, dont -4,4 M€ de provision pour dépréciation du portefeuille ERAMET, le solde correspondant principalement aux dépenses de remise en état des anciens sites miniers et de fonctionnement.
- SAGEOS apporte +2 M€ de résultat au groupe en 2020, avec pour événements majeurs la perception d'un complément d'earn out 1\* de 0,6 M€ et de 1,5 M€ de dividendes de la part de la société Géothermie Bouillante.
- CFG, MPT IRIS Inc et IRIS INSTRUMENTS contribuent respectivement à hauteur de +0,1 M€, -0,1 M€ et +0,4 M€.

### Au niveau de BRGM EPIC

Si le résultat net reste négatif (-1,6 M€), en nette réduction par rapport à 2019 (-11,4 M€), le résultat de fonctionnement a été rétabli (+2,1 M€) alors qu'il affichait une perte de -4,2 M€ en 2019. Ce qui a permis, au titre de 2020, le versement d'un intéressement (1,8 M€). Le résultat financier se redresse également, passant de -6,1 M€ en 2019 à -3,7 M€ en 2020.

\* Clause d'indexation de prix sur les bénéfices futurs.

**138,6**

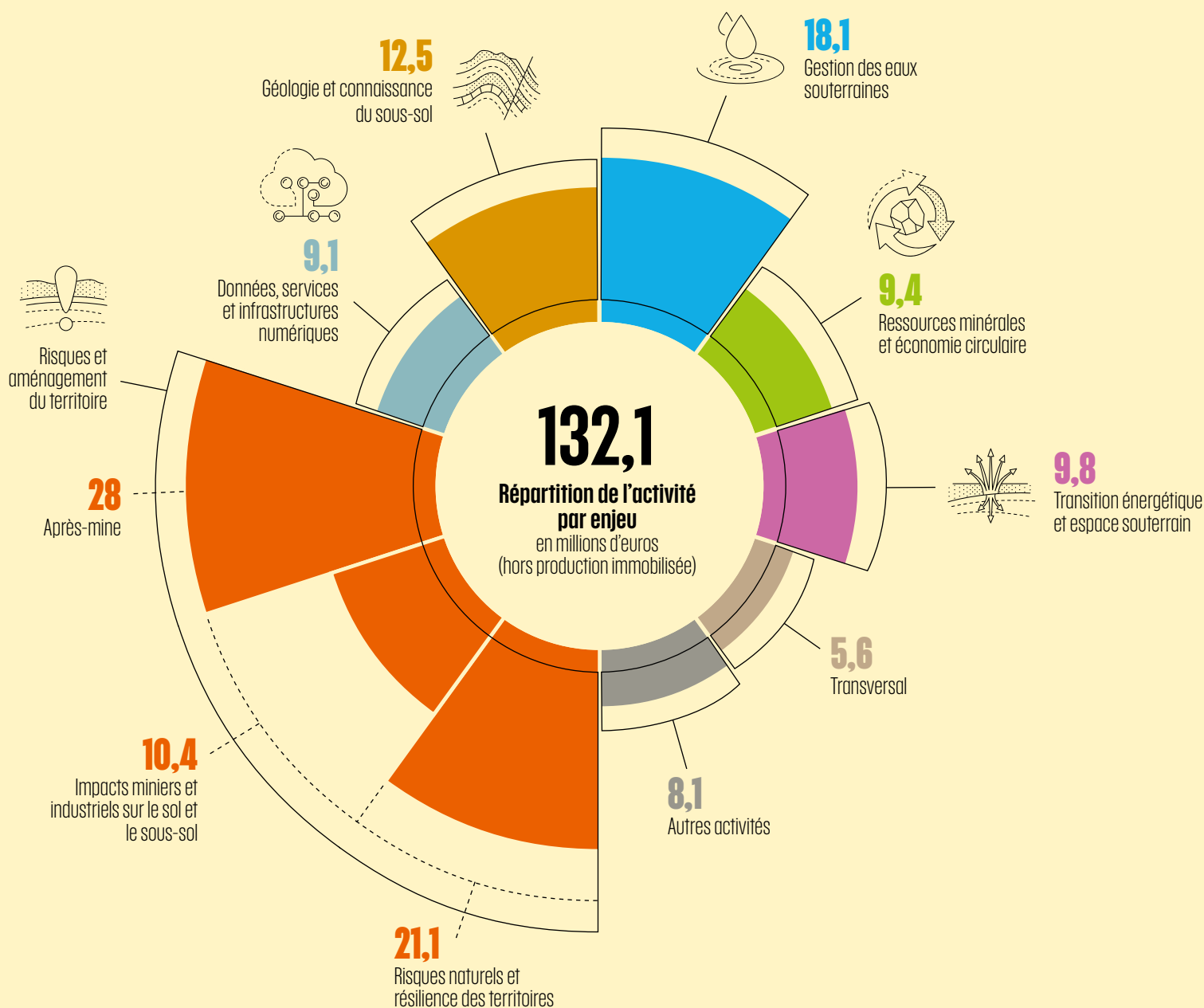
Produits  
d'exploitation 2020  
en millions d'euros

Charges  
d'exploitation 2020  
en millions d'euros

**136,5**

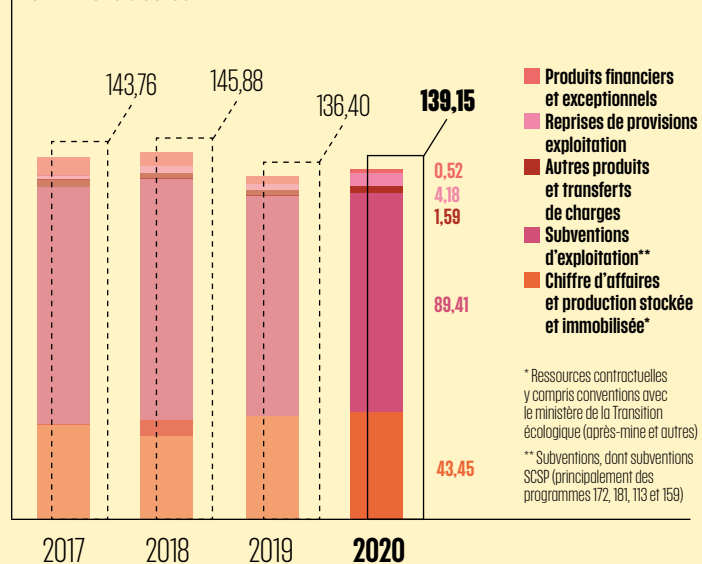
**+2,1 M€**

Résultat d'exploitation  
du BRGM EPIC en 2020.



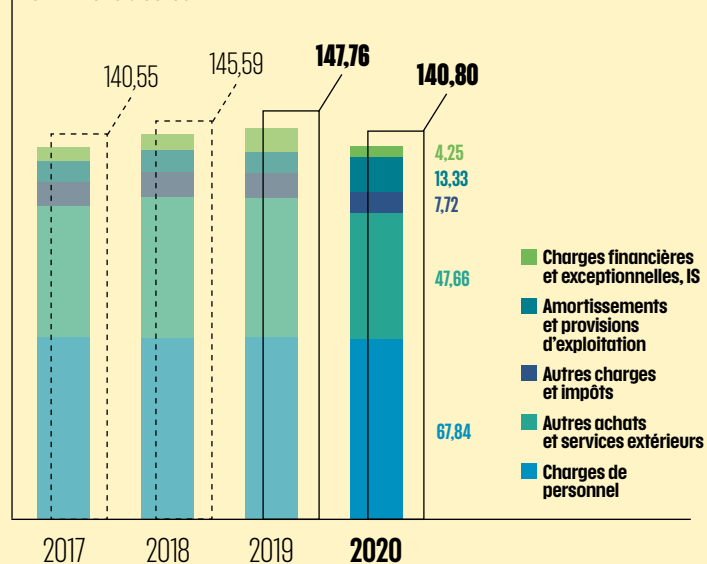
### Évolution des produits totaux 2017-2020

en millions d'euros



### Évolution des charges totales 2017-2020

en millions d'euros







Levé de terrain en pleine savane, pour le projet « Cameroun 2 » au nord-est du Cameroun, dans le secteur de Tcholliré / Rey-Bouba.

© BRGM - J. Bernard

Le total des ressources de fonctionnement de l'année 2020 s'établit à 138,6 M€. Hors reprises sur provisions et transferts de charges, les ressources liées à l'activité courante progressent de 2,5 M€ par rapport à 2019 et s'élèvent à 132,9 M€. Les charges de fonctionnement, d'un total de 136,5 M€ en 2020, s'élèvent à 129,6 M€ après retraitement des dotations aux provisions, en diminution de 5 % par rapport à 2019. Cette baisse se constate aussi bien dans les charges externes globales (-10,2 %), qu'au niveau de la masse salariale (-1,5 %).

L'activité hors après-mine enregistre une progression des subventions pour charges de service public (SCSP) de 1,4 % par rapport à 2019. Le montant des contrats et conventions (49,2 M€) est, quant à lui, en léger retrait de 0,4 % par rapport à 2019 mais l'évolution est très contrastée entre le périmètre France (+ 2,4 M€ par rapport à 2019) et l'activité à l'international (- 2,6 M€ d'évolution) qui a particulièrement pâti des effets de la crise sanitaire.

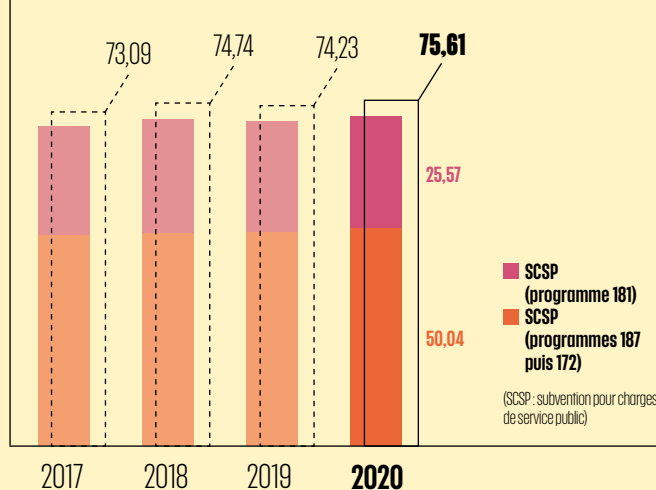
- Sur le périmètre France, la production de 2020 a progressé de 2,4 M€ par rapport à 2019. Les évolutions favorables concernent les contrats sur fonds européens et les conventions passées avec les services de l'État, tandis que la contractualisation avec l'ADEME souffre toujours du contentieux TVA.

- Sur l'international, la production 2020 s'établit à 4,5 M€ contre 7,2 M€ en 2019, avec le poids prépondérant du projet « Cameroun 2 » qui totalise à lui seul 2,4 M€ de production réalisée en 2020.

L'activité après-mine de son côté bénéficie tout à la fois d'une progression de la SCSP qui lui est allouée (+ 0,4 M€) et d'une importante augmentation de sa production sur travaux (+ 2,8 M€ soit + 84 %). ●

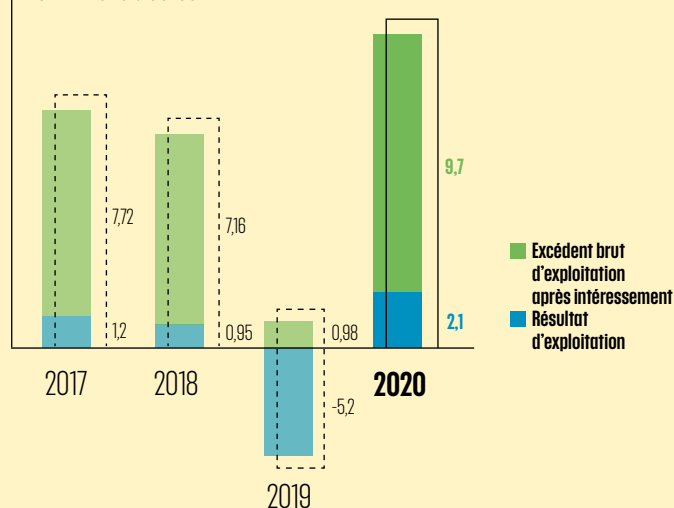
### Évolution des dotations de l'État

en millions d'euros



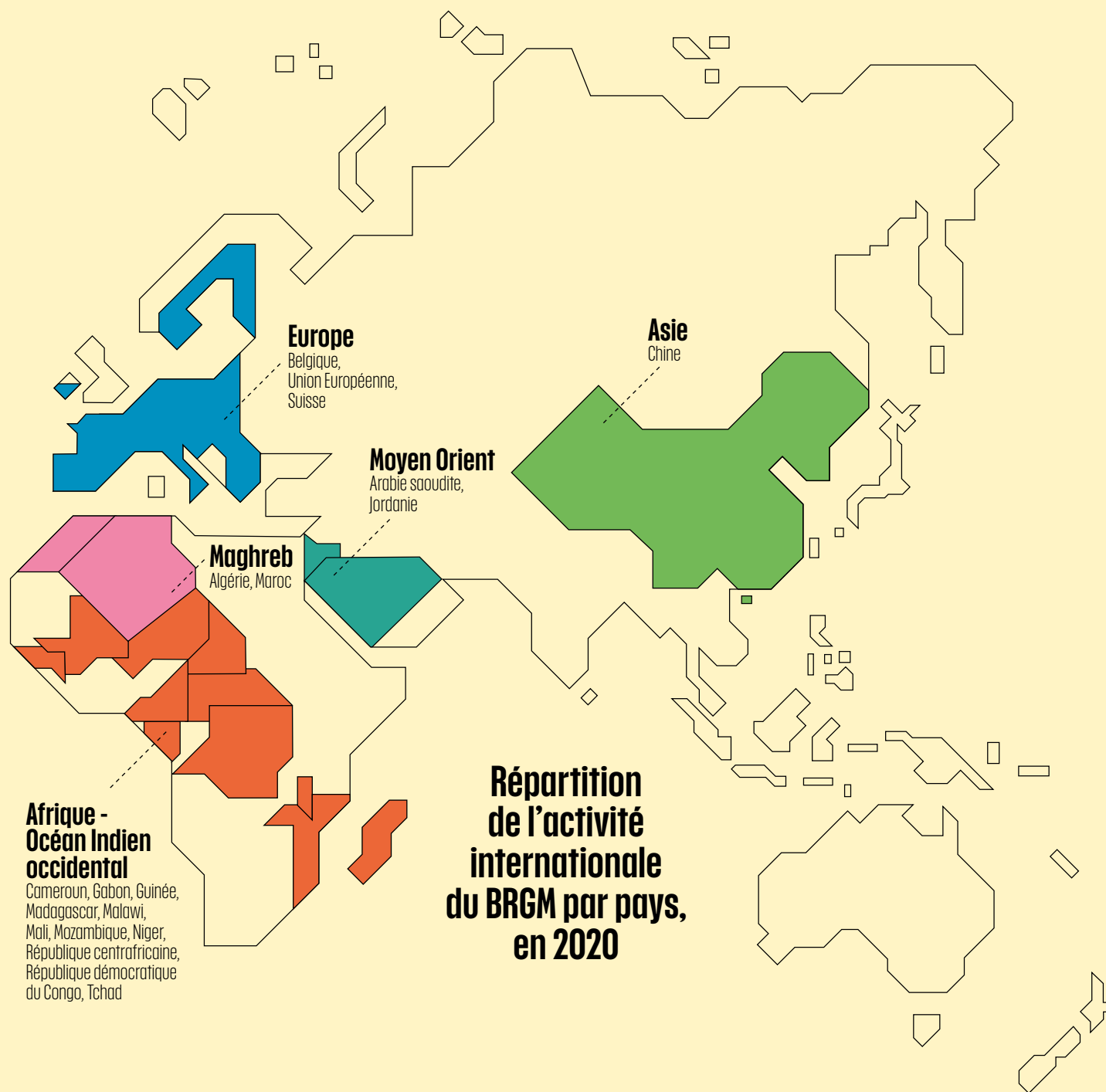
### Évolution du résultat d'exploitation

en millions d'euros



### Amériques - Caraïbes

Jamaïque, Porto Rico, République dominicaine, Sainte-Lucie, Brésil, Trinité et Tobago



### Évolution des ressources contractuelles de recherche scientifique et appui aux politiques publiques en millions d'euros HT

Contrats et conventions + production immobilisée	2018	2019	2020
Union Européenne et Feder	5,821	6,424	7,409
ANR + Carnot	2,444	2,047	2,071
Agences hors ANR	13,868	9,678	9,096
Collectivités	6,486	6,574	6,605
Ministères, Services de l'État	11,298	10,957	12,990
Entreprises	3,328	2,628	2,216
<b>Sous-total contrats et conventions recherche + APP</b>	<b>43,245</b>	<b>38,308</b>	<b>40,387</b>



# Contrat d'objectifs et de performance : une accélération poursuivie sur 2020 malgré la crise sanitaire

Thierry Winter

Directeur adjoint de la Recherche, de la Programmation  
scientifique et de la Communication

**Signé en 2019, le COP, Contrat d'objectifs et de performance pour la période 2018-2022, a été défini pour déployer la nouvelle stratégie scientifique du BRGM. Le contexte sanitaire n'a pas eu véritablement d'impact sur la recherche en elle-même, même si certains secteurs ont été impactés.**

Articulé autour de six grands enjeux scientifiques et socio-économiques pour servir une nouvelle stratégie scientifique, le COP, Contrat d'objectifs et de performance 2018-2022 signé par le BRGM en 2019, comporte 20 objectifs, et 125 actions sont planifiées. 2020 a été une année très particulière. Pour autant, l'exécution s'est poursuivie, l'analyse de l'avancement affiche un bilan quantitatif et qualitatif très satisfaisant. Et à mi-chemin du COP le BRGM affiche une avance sur l'ensemble du Contrat par rapport à ses objectifs.

## 83 % de réalisation des objectifs globaux à mi-parcours

L'année a marqué une accélération du déploiement des actions inscrites dans le COP. La crise sanitaire n'a pas eu d'impact sur la recherche en elle-même, mais a généré quelques retards ponctuels, par exemple à l'international et pour la communication, ou concernant les formations qui se font traditionnellement en présentiel et ont donc été pénalisées.

L'exécution du Contrat d'objectifs et de performance du BRGM monte progressivement en puissance. Et même si l'année elle-même accuse des retards sectoriels, l'avancement atteint 83 % de réalisation de ses objectifs 2020, et un avancement global à 71 % des objectifs à atteindre fin 2022. ●

*« À mi-parcours  
du contrat, le BRGM est en  
avance sur ses objectifs,  
malgré la crise sanitaire. »*



Les spécialistes des risques cavités explorent les cavités souterraines pour y déceler les signes d'instabilité en s'appuyant sur les dernières avancées en matière de numérisation 3D (Haut-Rhin).

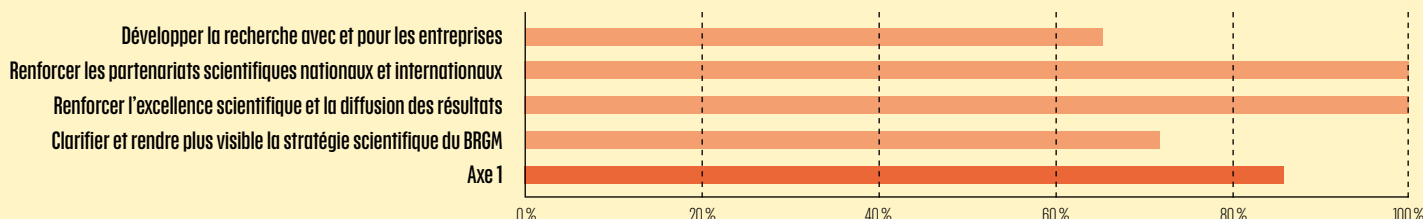
© BRGM - S. Yart

## Axe 1 : Promouvoir une politique de recherche au service de la production de connaissances, de l'expertise et de l'innovation

### Une accélération de la recherche et de la valorisation : un avancement au niveau de 86 % des objectifs à atteindre fin 2020.

L'établissement a fermé pendant le premier confinement, mais l'excellence scientifique et la diffusion des résultats ont été en

constante amélioration, avec, en particulier, un très bon score en matière de publication d'articles (273), et l'on note la poursuite du renforcement des partenariats scientifiques nationaux et internationaux.

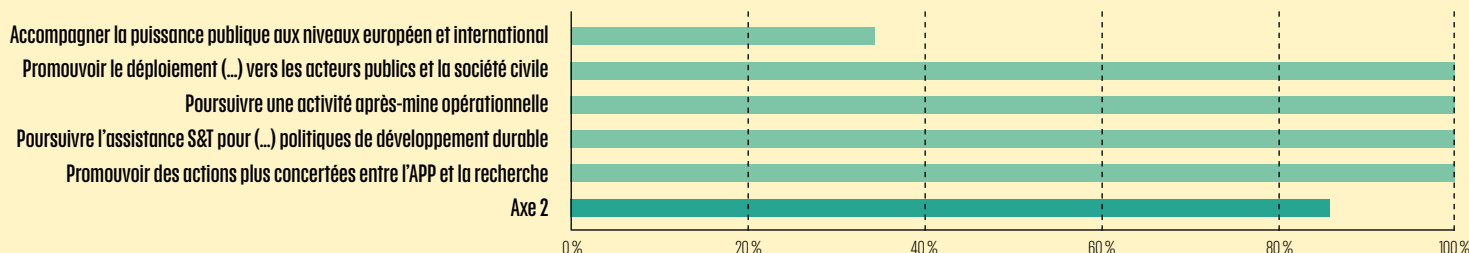


## Axe 2 : Déployer l'expertise du BRGM en appui aux politiques publiques

### Le renforcement de l'expertise collégiale avec d'autres établissements publics. Un avancement au niveau de 88 % des objectifs à atteindre fin 2020.

L'amplification du continuum Recherche-Expertise publique s'est poursuivie. À noter la montée en puissance de la valorisation opérationnelle de la recherche dans

l'activité après-mine (lire l'exemple de Salsigne : « Vallée de l'Orbiel : comment gérer un site pollué touché par un événement climatique majeur » p. 32), et le renforcement de l'expertise publique collégiale menée avec d'autres établissements publics.

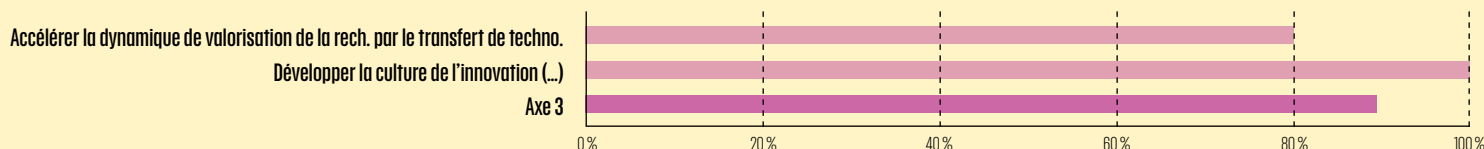


## Axe 3 : Soutenir une politique volontariste de valorisation, d'innovation et de transfert

### La certification ISO 9001 et de nombreux projets en maturation.

L'avancement atteint ici le niveau de 90 % des objectifs à fin 2020, avec une intensification de la politique volontariste du BRGM : la certification ISO 9001 du processus de valorisation et

d'innovation, la formation de 52 agents à la valorisation et l'innovation. À quoi viennent s'ajouter sept projets de maturations en cours, deux transferts d'inventions à des entités externes (Soltracing et Info Geo Drone), deux nouveaux transferts en cours.

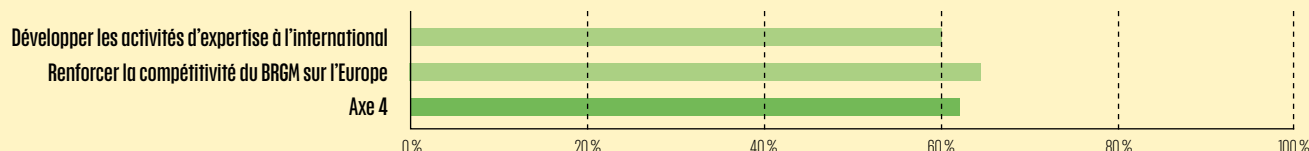




## Axe 4 : Renforcer la stratégie européenne et internationale du BRGM

**Un domaine impacté par le contexte sanitaire et des actions décalées. Un avancement au niveau de 61 % des objectifs à atteindre fin 2020.** Le plan Europe élaboré en 2019 se déploie

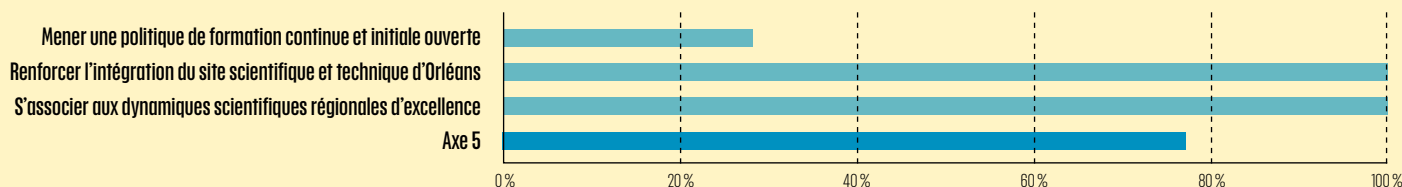
progressivement, mais des activités de coopération institutionnelle et expertise à l'international ont été significativement impactées.



## Axe 5 : Développer une politique de site et de formation alignée sur la stratégie scientifique

**Des retards en lien avec le contexte sanitaire, mais une stratégie de site renforcée. Un avancement au niveau de 76 % des objectifs à atteindre fin 2020.** La stratégie de site se renforce, et la politique du site Centre-Val de Loire s'amplifie, par exemple avec le Projet DATACENTRE ou ARD JUNON (Pôle de recherche visant

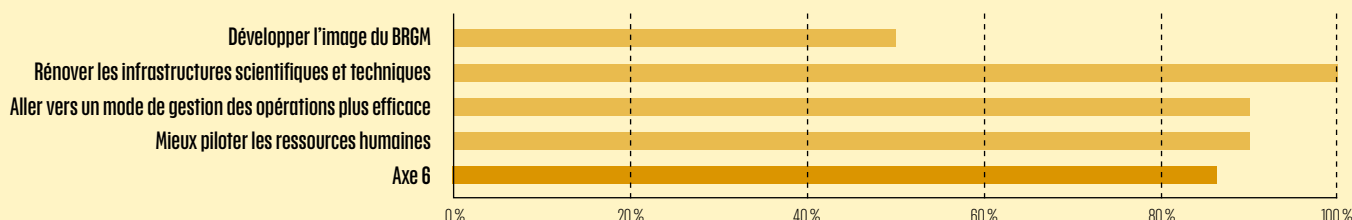
à monter des jumeaux numériques sur l'environnement continental). Mais les actions de formation ont été très pénalisées par la crise sanitaire même si des stagiaires ont été formés en distanciel et 150 stages de master maintenus.



## Axe 6 : Dynamiser la gouvernance et le pilotage

**Gestion agile de la crise sanitaire et des chantiers RH qui ont continué. Un avancement au niveau de 87 % des objectifs à atteindre fin 2020.** La gestion agile de la crise sanitaire a apparemment permis de n'avoir aucune contamination avérée entre des agents BRGM. Le pilotage des ressources humaines a été renforcé

avec une première tranche du SIRH déployée, la labélisation « HR excellence in research » obtenue en 2021 et la déclinaison du plan PACTE 2021 qui se poursuit. À noter un fort impact de la crise sanitaire sur les actions de communication et les interactions avec les décideurs publics et la société.



# Filiales et participations

**Les filiales et participations du groupe sont rassemblées sous trois holdings correspondant à trois branches d'activité.**

La société SAGEOS regroupe des participations détenues dans des filiales opérant dans le domaine de la géothermie avec d'une part, CFG dont elle détient la totalité du capital et d'autre part, GEOTHERMIE BOUILLANTE détenue à 15 % (ORMAT Systems et la Caisse des Dépôts et Consignations détenant respectivement 63,75 % et 21,25 % du capital), dans le domaine des instruments de mesure de la géophysique, de l'hydrogéologie, de l'hydraulique, de la géotechnique et de la mine avec IRIS INSTRUMENTS détenue à

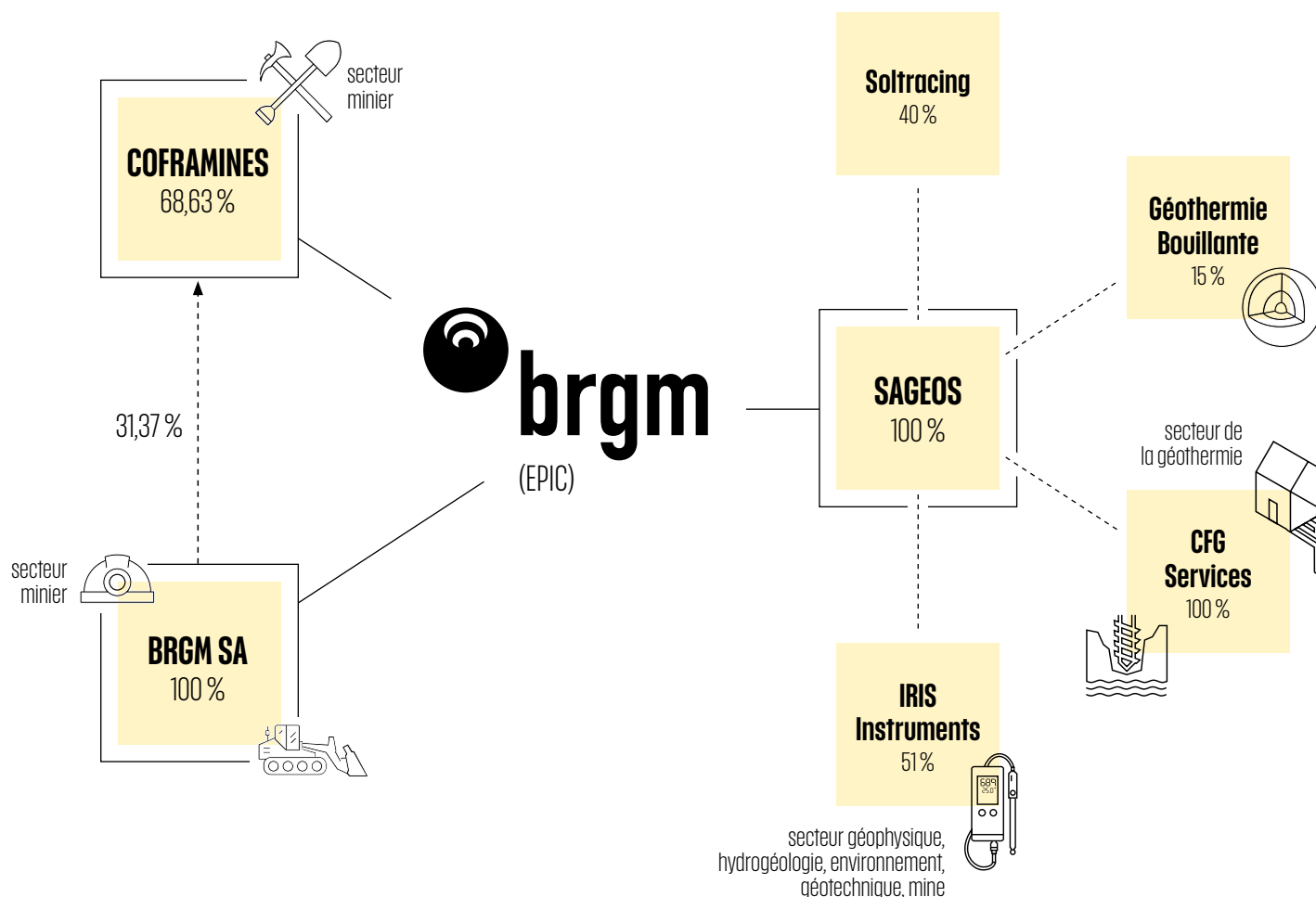
51 % (le groupe japonais OYO en possédant 49 %) et dans la gestion des terres excavées avec SOLTRACING détenue à 40 % (HESUS en possédant 50 %).

COFRAMINES et BRGM SA regroupent les participations résiduelles du groupe BRGM dans le secteur minier (sociétés sans activité ou développement programmé, ou en cours de liquidation) et une participation minoritaire dans ERAMET.

BRGM SA détient une créance sur la Société de participation minière du Sud Calédonien (SPMSC) depuis la cession en février 2005 à cette dernière de la participation du groupe BRGM dans le projet de GORO en Nouvelle-Calédonie. ●

## Organigramme du groupe BRGM

au 31 décembre 2020





# Une activité à un bon niveau malgré la crise sanitaire



**Philippe Papay**  
Président de CFG

**Président :** Philippe Papay  
**Directeur Général :** Éric Lasne  
**Chiffre d'affaires :** 4,193 M€  
**Participation SAGEOS :** 100 %  
**Effectif :** 17 salariés



La Compagnie Française de Géothermie - CFG est une société leader sur son marché, dont le cœur de métier tourne autour de 4 domaines :

- Les études et l'expertise dans le domaine des ressources géothermales ;
  - L'ingénierie et la maîtrise d'œuvre de conception et de réalisation dans tous les domaines d'application de la géothermie (y compris EGS et thermalisme) ;
  - La maintenance et le suivi d'exploitation ;
  - L'expertise et les prestations de services et vente de produits dans les domaines de la corrosion et de la microbiologie industrielle.
- CFG apporte à ses clients les compétences sous-sol nécessaires à la conception, la réalisation et le suivi d'exploitation de tous types de ressources géothermales profondes ou superficielles, quel que soit leur niveau de température. Par extension, CFG produit de l'ingénierie appliquée aux boucles géothermales et au conditionnement des fluides qui y circulent.

Pour assurer ses missions, CFG s'appuie sur deux directions techniques :

- IMO - Ingénierie et maîtrise d'œuvre (caractérisation des ressources, conception, réalisation) et ;
- MSE - Maintenance et suivi d'exploitation (mise en service, suivi d'exploitation et maintenance, réhabilitation).

L'activité IMO, significativement impactée par la crise sanitaire a été en retrait par rapport au budget. Néanmoins, l'activité s'est maintenue à un bon niveau avec des études de faisabilité prometteuses sur des territoires franciliens mais pas uniquement. Cet exercice a en effet été marqué par un regain d'intérêt pour le recours à la géothermie sur des territoires moins connus, en régions Centre-Val de Loire et en Hauts-de-France notamment.



Équipement du doublet de Champs-sur-Marne (Client : Géomarne).  
© CFG

Le second semestre a par ailleurs été dynamique avec des opérations de réhabilitation notables à Meaux et en tant qu'ensemblier pour Aéroports de Paris à Orly et à Chelles.

On notera également, une participation active de CFG aux dépôts de demandes de permis exclusifs de recherches dans les zones insulaires dans l'Arc Caraïbe en particulier.

Le projet de nouveau forage de Jonzac est par ailleurs entré dans sa phase de réalisation marquant une reprise de position de CFG sur le marché du thermalisme. L'activité d'expertise en microbiologie pour le compte de l'ANDRA s'est poursuivie avec une intensité cependant en retrait par rapport aux prévisions. L'activité MSE également impactée par la crise sanitaire a cependant atteint son objectif budgétaire. Les opérations de maintenance brièvement interrompues par la crise sanitaire se sont ensuite déroulées à un rythme soutenu avec des opérations de maintenance reprogrammées et des interventions sur pannes en France et en Suisse.

Les travaux de maintenance ont conduit à la mise en évidence de désordres soit liés aux équipements de production soit aux ouvrages eux-mêmes. La remise en état des installations a généré de la vente d'équipements et de la maîtrise d'œuvre de réhabilitation. La production de kits Labège a été en retrait en raison notamment du ralentissement très significatif des activités pétrolières et parapétrolières.

La crise sanitaire liée au Covid-19 aura eu un impact négatif significatif sur l'activité de CFG au titre du premier semestre. Les mesures mises en œuvre ont permis d'amoindrir les conséquences financières sans compenser totalement le faible niveau de production des mois de mars à mai.

Au titre de la Recherche et du Développement, des projets en partenariat se sont poursuivis en 2020 sur des sujets techniques variés comme la mise au point de pompes immergées haute température ou la recherche de solutions innovantes de couplage entre géothermie et réinjection de CO<sub>2</sub>. Un effort particulier de Recherche et Développement a porté sur la conception et la réalisation de puits profonds avec colonne de production en matériau composite. L'opération de référence menée en 2015 sur les doublets de Chevilly-Larue et de L'Hay-Les-Roses a permis de valider les atouts significatifs de cette technologie en termes de gains de productivité et de fiabilité. ●

**Présidente :** Catherine Truffert  
**Chiffre d'affaires :** 5,4 M€  
**Participation SAGEOS :** 51 %  
**Participation OYO :** 49 %  
**Effectif :** 27 salariés



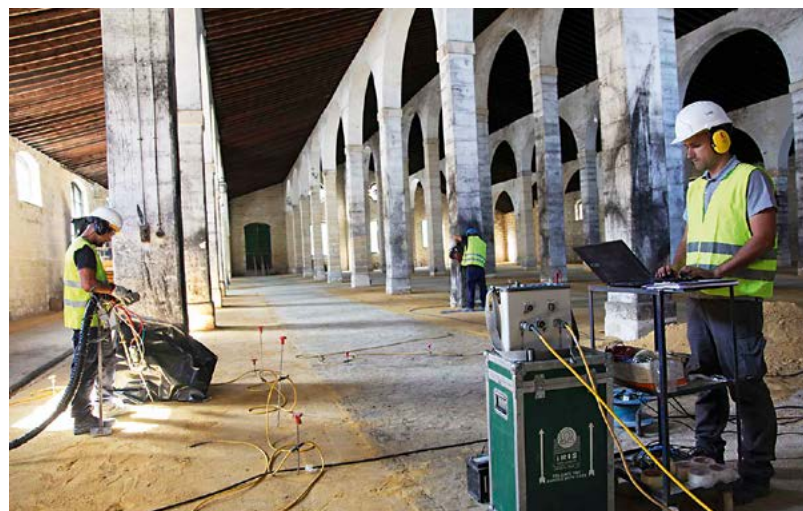
La société IRIS Instruments a su s'adapter à la crise sanitaire par le recours au télétravail pour une majorité du personnel et par le maintien de l'équipe de production dans ses locaux. Tout au long de l'année, la priorité de l'entreprise fut de répondre aux besoins de ses clients comme à l'accoutumé tout en protégeant ses employés. Les résultats de la société ont été très honorables grâce à une augmentation de ses ventes sur les marchés de l'environnement et de l'eau souterraine. L'activité dans le secteur de l'auscultation en milieu urbain s'est intensifiée dévoilant un engouement des acteurs en géophysique. En revanche, les budgets mondiaux consacrés à l'exploration minérale ont connu un ralentissement brutal de l'ordre de 11 % après un redémarrage significatif les trois années antérieures. Ce marché a été très exposé du fait d'une consommation ralentie en métaux de base et autres ressources minières et de la difficulté des équipes d'exploration à traverser les frontières. Comme bon nombre d'acteurs sur ce marché, qu'ils soient fabricants de matériel ou prestataires de service, IRIS a connu une contraction de ses ventes dans le secteur de l'exploration profonde, au-delà de 300 mètres. Le SYSCAL PRO, résistivimètre compact dédié à l'auscultation des 250 premiers mètres, témoigne quant à lui d'un attrait inégalé depuis son avènement. Il est aujourd'hui reconnu mondialement comme fiable, adapté à tout environnement même les plus hostiles, facile d'utilisation et rapide dans sa prise de mesure.

Malgré les difficultés pour l'acheminement des colis, les ventes d'IRIS ont été diffusées dans plus de cinquante pays différents. Plus que jamais, ses fidèles représentants locaux ont œuvré sur le terrain alors que son équipe commerciale pilotait le réseau à distance depuis la France, sans possibilité de se rendre à des salons spécialisés ou de visiter des partenaires.

Les géophysiciens d'IRIS Instruments ont rapidement adopté des méthodes de communication à distance pour la formation et le support des clients. Faute de ne pouvoir participer à des salons, le marketing digital a été renforcé.

Chaque année, les ventes d'instruments d'IRIS se répartissent en parts égales entre les clients du secteur académique et du secteur

Prospection minière en Guyane française réalisée par la société GexplOre (récepteur ELREC PRO).  
 © IRIS Instruments



Un opérateur de la société Geosec surveille en temps réel l'injection de résine polyuréthane dans le soubassement d'une ancienne « bodegas » en Espagne grâce au résistivimètre SYSCAL PRO.

© IRIS Instruments

privé. Toutefois, l'année 2020 a enregistré une dominance des ventes dans le secteur public illustrant un investissement privé atone dans le monde entier.

Au plan de la recherche et du développement, IRIS Instruments a pu maintenir une activité soutenue qui donnera naissance dans les prochains mois à une offre étoffée en solutions pour accompagner ses clients dans tous les défis auxquels ils s'exposent. ●

*Une année portée  
 par les marchés  
 de l'environnement  
 et de l'exploration  
 de l'eau souterraine*



**Catherine Truffert**  
 Présidente d'IRIS Instruments



# Une médiation scientifique et une diffusion des connaissances renforcées

**Dans le prolongement de ses missions de recherche et d'expertise, le BRGM développe de plus en plus la médiation scientifique et la diffusion des connaissances en direction de la communauté scientifique, des professionnels, des gestionnaires du territoire et du grand public.**

## COMMUNICATION

### Un nouveau site internet BRGM

Le service géologique national a complètement refondu son site pour faire mieux découvrir à tous ses publics les enjeux des sciences de la Terre. Un site repensé dans son architecture de contenus pour valoriser l'ensemble des activités de recherche et d'expertise menées par le BRGM et ses équipes. Plus de 35 000 visiteurs uniques en moyenne chaque mois sur le site. Une newsletter BRGMinfos avec plus de 6 500 abonnés. Le fil Twitter compte plus de 6 800 abonnés et le compte LinkedIn est suivi par plus de 28 500 abonnés.



Page d'accueil du site internet BRGM et Twitter BRGM.



### Médiation scientifique

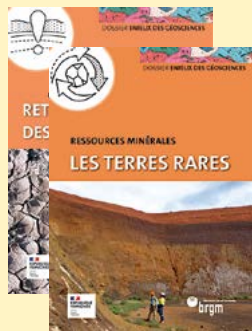
La politique de médiation scientifique, déjà bien en place, poursuit des objectifs de communication à destination du grand public, de transmission des connaissances scientifiques et de valorisation de l'image du BRGM et de ses travaux scientifiques (fête de la science, Pint of science, expositions, conférences, éditions, vidéos, animations...).

Près de quinze articles vulgarisés écrits par les scientifiques BRGM sur des sujets d'actualité sont publiés chaque année et touchent plus de 200 000 lecteurs. [theconversation.com/fr](https://theconversation.com/fr)

Le site web propose aussi un parcours répondant aux questions du grand public sur les géosciences avec des réponses claires et les différentes ressources disponibles (vidéos, podcasts, animations, etc.). [www.brgm.fr/fr/comprendre-sciences-terre](https://www.brgm.fr/fr/comprendre-sciences-terre)

Pour le public scolaire, nous développons en permanence l'espace BRGM présent sur l'Éduthèque avec des ressources nouvelles mises à disposition des enseignants de sciences de la Vie et de la Terre et des élèves. Nous accueillons aussi les scolaires en stage de 3<sup>e</sup> et soutenons les Olympiades des géosciences organisées dans les académies chaque année.

**Revue Géosciences n°25**  
L'anthropocène. Quand l'homme  
imprime sa marque



**Dossier Retrait-gonflement  
et Dossier Terres rares**

**Lettre de la Recherche n°12**  
Transition énergétique,  
comprendre et définir les enjeux  
du sous-sol



## Revue Géosciences

Géosciences, revue de référence dans les sciences de la Terre, se veut être au carrefour de différentes réflexions, de problématiques diverses, de recherches multiples, d'enjeux primordiaux mais parfois contradictoires. Rédigée par des spécialistes reconnus dans leur domaine, Géosciences touche un public bien plus vaste que celui des seuls scientifiques, pour intéresser le monde économique, associatif, les acteurs sociaux et tous ceux qui se mobilisent autour des enjeux du développement durable.

## Dossiers Enjeux des géosciences

D'un contenu scientifique vulgarisé, ces dossiers ont vocation à expliquer certains enjeux sur lesquels se déploie l'expertise et l'offre de services BRGM. Il a aussi pour ambition d'ouvrir sur des questions d'actualité ou d'avenir liées aux géosciences, afin de proposer une vision plus large.

## R\*, La lettre de la Recherche

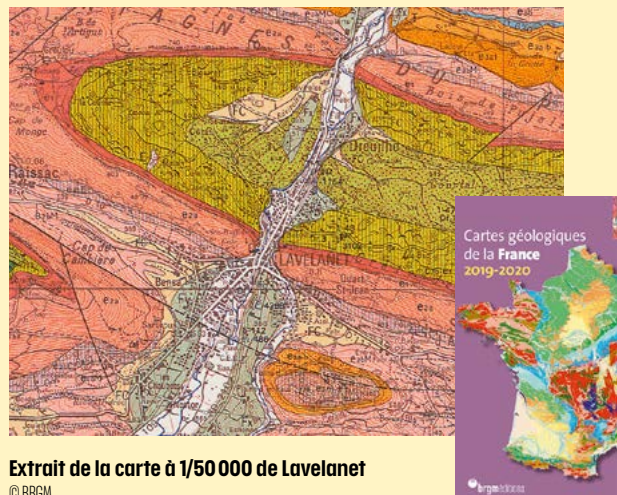
La lettre de la Recherche permet de montrer la capacité du BRGM à poser des questions de société, à y répondre par la levée de verrous scientifiques clés, à produire des résultats concrets. Chaque numéro aborde, au travers d'un dossier, un sujet correspondant à un enjeu de société, transversal par rapport aux activités du BRGM.



## 4 nouveaux guides

**Curiosités géologiques de l'Indre**  
**Curiosités géologiques du Livradois-Forez et de ses bordures**  
**Curiosités géologiques du Loiret 2<sup>e</sup> édition**  
**Curiosités géologiques du Parc national des Calanques**

© Édition BRGM



Extrait de la carte à 1/50 000 de Lavelanet  
© BRGM

## ÉDITIONS

Premier éditeur francophone dans le domaine des sciences de la Terre, les Éditions du BRGM contribuent au développement de la notoriété et à la visibilité de l'établissement après d'un large public national et international. Elles proposent toute une gamme de publications selon trois axes éditoriaux (initiation aux sciences de la Terre, scientifique et technique et médiation scientifique), couvrant l'ensemble des disciplines de l'établissement.

Les cartes géologiques représentent l'essentiel de l'activité des Éditions. Les posters et ouvrages viennent enrichir le catalogue, avec en particulier une collection de guides géologiques qui valorise les travaux de l'inventaire du patrimoine géologique national. Plus de vingt titres ont déjà été produits.

Tous ces ouvrages sont régulièrement produits en partenariat avec des éditeurs privés, des collectivités soucieuses de promouvoir leur patrimoine naturel ou bien d'autres entités publiques comme l'ECPAD (ministère des Armées) pour les deux ouvrages sur la Grande Guerre.

L'année 2020 a été marquée par la réalisation des ouvrages suivants :

## Les nouveaux ouvrages

Curiosités géologiques : Indre, Livradois-Forez, Parc national des Calanques, Loiret 2<sup>e</sup> édition.

## Les cartes géologiques

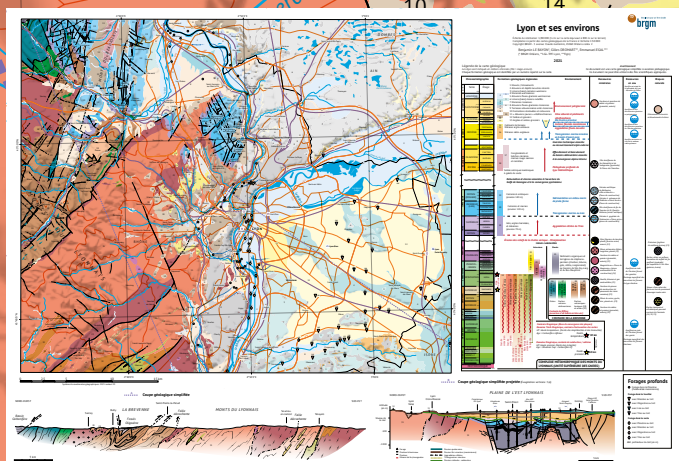
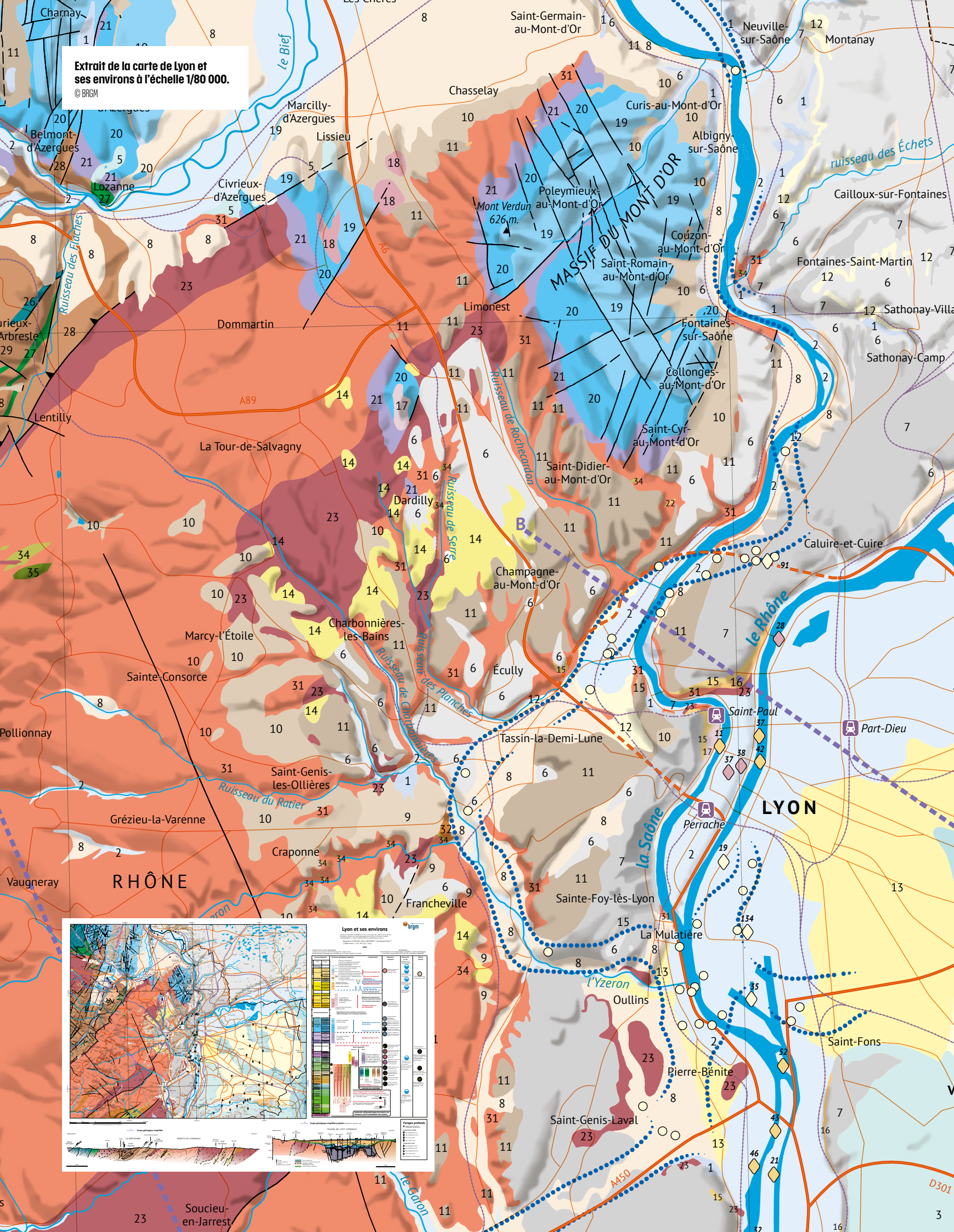
Les cartes géologiques de la France, papier ou numériques, sont des documents d'information indispensables pour les professionnels, les enseignants, les étudiants ou les amateurs. Principal support de diffusion de l'information géologique, elles représentent la synthèse des connaissances et localisent un nombre considérable de données sur le sous-sol. Elles sont incontournables pour l'aménagement du territoire, la connaissance ressources minérales, l'exploration et la protection des eaux souterraines, la prévention des risques naturels et la caractérisation des terroirs.

Parution de la carte de Lyon et de ses environs (cf. page 76).

[editions.brgm.fr](http://editions.brgm.fr)



© BRGM



Retrouvez  
la **version digitale augmentée**  
du rapport d'activité sur  
notre site internet

**www.brgm.fr**



Agissez pour  
le recyclage des  
papiers avec  
le BRGM  
et Ecofolio.



**Service de la Communication,  
de la Médiation scientifique et des Éditions du BRGM**

3 avenue Claude-Guillemain  
BP 36009  
45060 Orléans Cedex 2

**Crédits Photos**

Banque d'images BRGM  
ISBN 978-2-7159-2749-0  
Droits de reproduction, textes et illustrations réservés

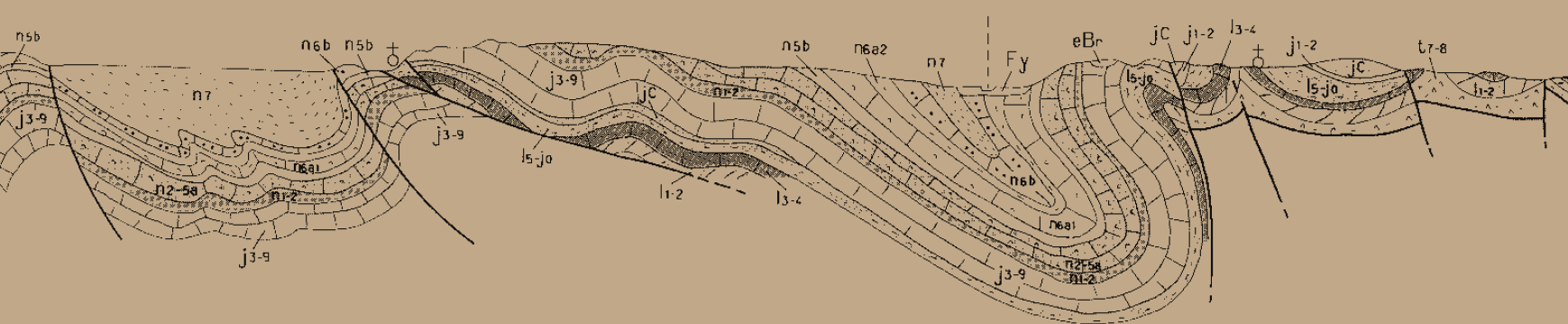
**Conception  
& réalisation graphique**

EFIL / 02 47 47 03 20 / [www.efil.fr](http://www.efil.fr)

**Impression**

Evoluprint (31150 Bruguères), imprimeur labellisé Imprim'vert  
(charte pour la réduction de l'impact environnemental,  
la traçabilité et le traitement des déchets).  
Ce rapport est imprimé sur Condat Matt Périgord, un  
papier éco-conçu fabriqué en France à Condat-sur-Vézère  
(Dordogne). Couverture imprimée sur papier à 80% recyclé.





**Service géologique national,**  
le BRGM est l'établissement public  
de référence dans les applications  
des sciences de la Terre pour  
gérer les ressources et les risques  
du sol et du sous-sol dans une  
perspective de développement  
durable. Partenaire de nombreux  
acteurs publics et privés, son action  
est orientée vers la recherche  
scientifique, l'appui aux politiques  
publiques et la coopération  
internationale.