



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

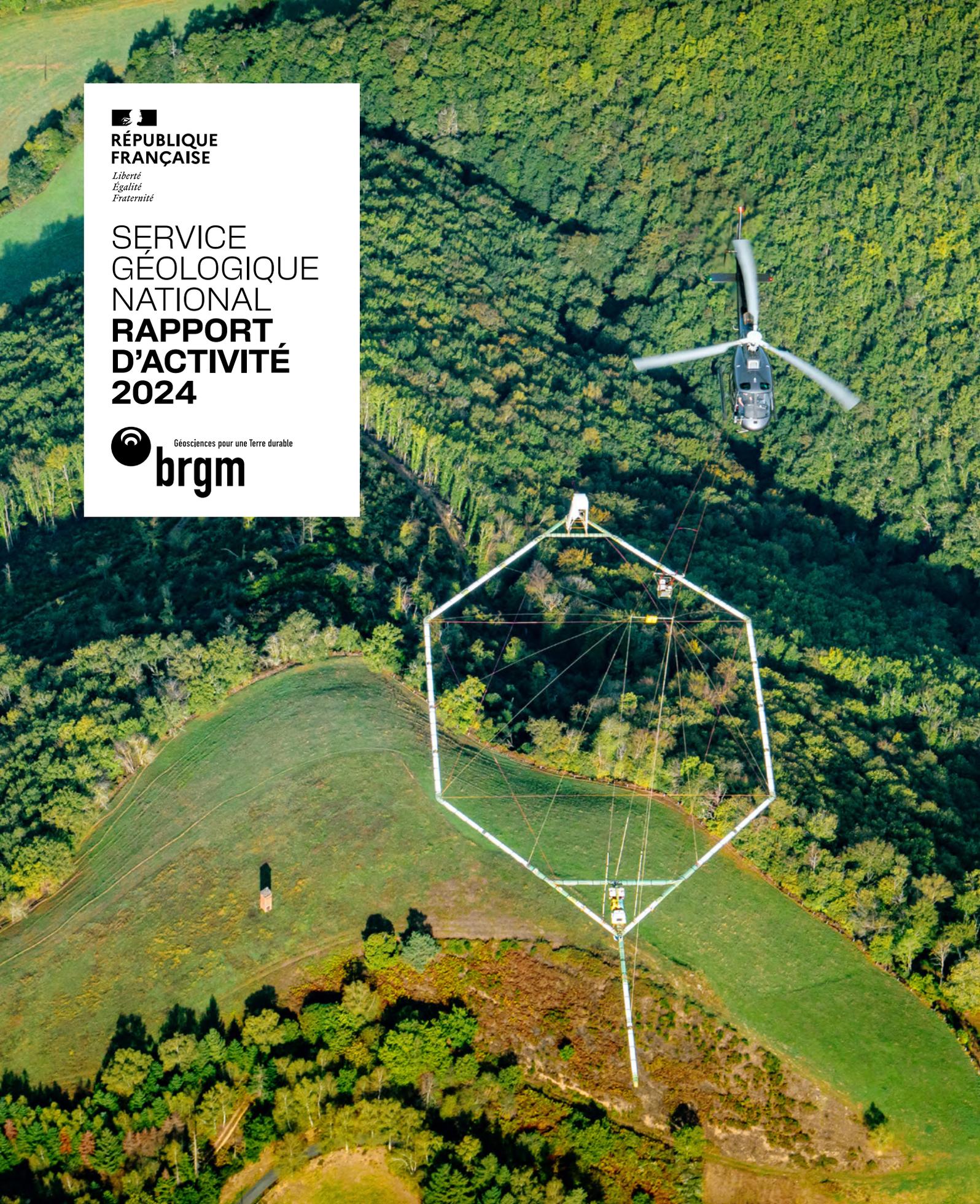
*Liberté
Égalité
Fraternité*

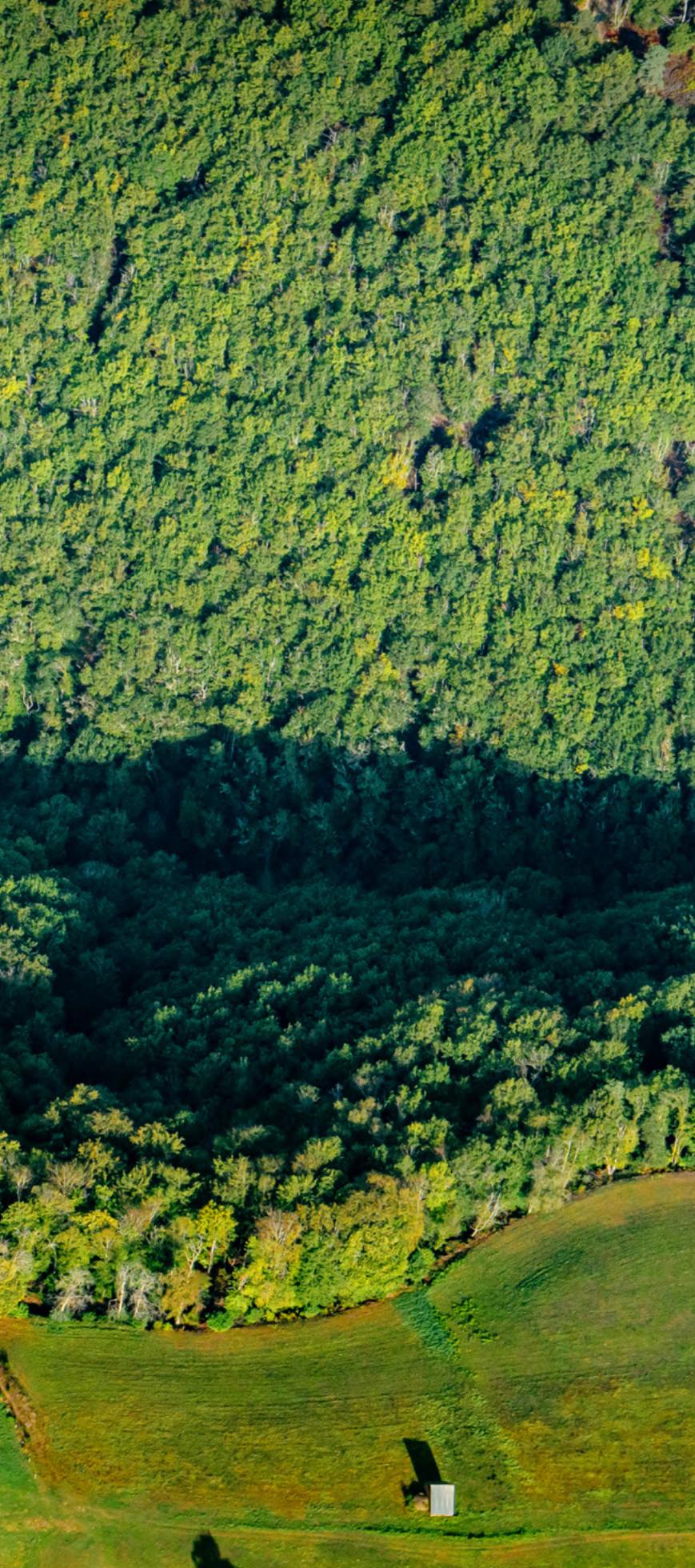
SERVICE
GÉOLOGIQUE
NATIONAL
**RAPPORT
D'ACTIVITÉ
2024**



Géosciences pour une Terre durable

brgm





EN COUVERTURE
Campagne d'acquisition
aéroportée de données
géophysiques sur le Massif
central. La même technique
est employée sur les cinq
chantiers territoriaux
de l'actualisation de
l'Inventaire national des
ressources minérales,
confiée au BRGM.
© ALEXANDRE MAGNAN

Service géologique national, le BRGM est l'établissement public français expert du sol et du sous-sol. Ses travaux contribuent à l'aménagement durable des territoires, en intégrant l'ensemble des risques associés, et à un usage optimal des ressources et des propriétés du sous-sol. Partenaire de nombreux acteurs publics et privés, le BRGM conjugue recherche scientifique, appui aux politiques publiques et coopération internationale.

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



STRATÉGIE

- 02 ---- Message de la Présidente
- 04 ---- Temps forts 2024
- 10 ---- Éclairages

ENJEUX

- 16 ---- **Géologie et modélisation du sous-sol** 
- 24 ---- **Eau souterraine et préservation de la ressource** 
- 32 ---- **Risques liés au sol et au sous-sol** 
- 44 ---- **Ressources minérales et approvisionnement responsable** 
- 52 ---- **Énergie du sous-sol et décarbonation** 
- 60 ---- **Numérique pour les géosciences** 

ÉTABLISSEMENT

- 68 ---- Responsabilité sociétale de l'entreprise
- 72 ---- Gouvernance
- 78 ---- Comptes 2024
- 82 ---- Groupe BRGM



Catherine Lagneau
Présidente-Directrice générale

2024 a été une année remarquable. Une année d'efforts et de réussites. Que de beaux succès! Ce rapport d'activité vous le montrera amplement. De la gestion des ressources en eau à l'exploration des ressources minérales, du retrait-gonflement des argiles aux avancées sur les PFAS, des travaux de l'après-mine à l'élévation du niveau marin, du stockage de CO₂ à la géothermie, des prémices de la plateforme numérique intégrative à l'intelligence artificielle, nous avons su nous mobiliser partout où nous étions attendus. L'action face au changement climatique continue à être l'orientation principale qui anime nos projets scientifiques. Nous devons aller plus loin, être à la fois exemplaires dans nos pratiques, plus présents dans la stratégie nationale d'adaptation au changement climatique et plus généralement en appui aux politiques publiques de transition écologique. L'activité du BRGM est forte, signe d'une indubitable réussite collective : 25 % de croissance en deux ans, avec des sollicitations croissantes et une visibilité grandissante. C'est donc un effort significatif qui a été produit par tout l'établissement.



« Notre capacité à incarner pleinement le rôle d'un grand service géologique national est majeure. C'est elle qui garantira la confiance durable que l'on place en nous »

Les enjeux du sous-sol sont aujourd'hui au cœur des préoccupations environnementales, énergétiques et de souveraineté. Pour y faire face, nous avons porté une nouvelle organisation, plus alignée sur notre stratégie scientifique, plus simple, plus efficace, plus lisible. La création de nouvelles directions et de filiales en quasi-régie répond à cette croissance et à des attentes hors normes. Enfin, la simplification des procédures qui accompagne notre nouvelle organisation, la déconcentration des décisions et la mise en place d'outils numériques plus efficaces nous mettront sur le chemin de l'agilité nécessaire pour faire face aux évolutions.

2024 a vu aussi la naissance d'un nouvel objet dans le paysage de la stratégie nationale de la recherche : les agences de programme. Nous avons participé activement au travail de réflexion et d'animation des trois agences de programme portées respectivement par le CEA (énergies décarbonées), le CNRS (climat et biodiversité) et l'INRAE (agriculture et alimentation durable). Nous avons été force de proposition sur le lancement de nouveaux programmes complémentaires aux PEPR actuels et continuons à être impliqués dans les travaux de ces agences.

Placée sous le signe de la science, l'année 2024 a vu la révision de notre stratégie scientifique, qui expose notre vision à dix ans. J'ai souhaité que nous réfléchissions à l'incarnation dans notre organisation de cette stratégie, avec des directions et des programmes alignés. Notre impact sera plus fort grâce à une meilleure cohérence entre nos actions de recherche et d'appui aux politiques publiques ; grâce

Mesures de suivi
du trait de côte
à La Teste-de-Buch,
en Gironde.
© OBSERVATOIRE DE LA CÔTE
AQUITAINE / COM' BY AVM



au renforcement de notre influence à l'international, notamment par notre implication dans la diplomatie des ressources minérales et un rôle accru aux côtés de l'Agence française de développement ; grâce à une stratégie numérique ambitieuse et le déploiement des usages de l'intelligence artificielle ; grâce, enfin, à la poursuite de nos actions de formation, de médiation scientifique et d'ouverture à la société, un impératif permanent.

La reconnaissance de l'action du BRGM passe aussi par la reconnaissance salariale. Un effort exceptionnel a eu lieu en 2024.

Que nous réserve 2025 ? Nos ressources sont, pour l'essentiel, publiques. Nous devons donc redoubler d'efforts pour diminuer nos coûts, rationaliser nos achats, développer les financements provenant des entreprises, afin de préserver l'équilibre budgétaire de l'établissement mais aussi de poursuivre la reconnaissance de notre travail à sa juste valeur. Plus généralement, nous travaillerons en 2025 à mieux définir notre rôle en appui aux politiques publiques, nos priorités et l'impact de notre action sur les territoires. Cet alignement nourrira un dialogue plus clair avec les pouvoirs publics, les acteurs régionaux et nous permettra de mieux prioriser nos actions dans une recherche d'équilibre entre nos missions.

L'enjeu de 2025 est de continuer à produire, à croître, à mener les projets engagés. Notre nouvelle organisation doit apporter plus d'ambition,

plus d'efficacité, plus de collectif. La confiance se construit, elle doit être notre fondement à tous les niveaux. Cette confiance, il nous faut la maintenir et la développer avec nos parties prenantes : les décideurs publics, nos partenaires, les citoyens. Il nous faut continuer à expliquer l'utilité de nos travaux et poursuivre une recherche appliquée qui guide la décision publique et éclaire nos sociétés en proie aux certitudes faciles.

De ce terreau doit naître notre œuvre collective – rendre visible l'invisible – en proposant un modèle 3D du sous-sol national, qui sera demain notre marque de fabrique et notre outil de dialogue avec la société et les parties prenantes, mis à jour en permanence avec le meilleur des connaissances ; et en réussissant l'Inventaire national des ressources minérales, qui nous amène à revisiter les fondamentaux du BRGM sur l'exploration et les ressources minérales.

Nous devons réussir. C'est l'ensemble du BRGM qui sera évalué sur sa capacité à répondre à une attente nationale cruciale, celle de la connaissance du sous-sol, dans un contexte où les enjeux de souveraineté reviennent sur le devant de la scène. Notre capacité à incarner pleinement le rôle d'un grand service géologique national est majeure. C'est elle qui garantira la confiance durable que l'on place en nous.

Continuons à écrire l'histoire d'un BRGM renouvelé, audacieux et exemplaire, d'un BRGM qui fasse envie et dont le pays soit fier. ■

Temps forts 2024

31 janvier et 1^{er} février Le BRGM présent au 25^e Carrefour de l'eau

Rendez-vous majeur pour l'ensemble des acteurs privés et publics concernés, le BRGM a participé au Carrefour des gestions locales de l'eau 2024, à Rennes. Disposant d'un stand pour présenter ses travaux et services sur les thématiques liées aux eaux souterraines, l'établissement a également animé une conférence aux côtés de ses partenaires. Les interventions ont mis en avant les recherches en matière d'outils d'aide à la décision et de solutions techniques pour améliorer la gestion des ressources en eau et sécuriser les usages.



9 février Nouvel élan pour le partenariat avec l'Andra

L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) et le BRGM ont signé, pour cinq ans, un nouvel accord de partenariat axé notamment sur la transformation numérique de la connaissance. Cette collaboration vise à poursuivre le développement des moyens de représentation de l'évolution des milieux géologiques en interface avec des activités industrielles (simulation numérique de haute performance) dans le but d'évaluer et de prédire le comportement de ces systèmes globaux sur de grandes échelles de temps et d'espace. L'objectif est également de déployer des jumeaux numériques de systèmes souterrains complexes, à des fins de surveillance des ouvrages et de leur environnement géologique et d'interprétation des données issues d'expérimentations ou de démonstrateurs. Deux autres volets consistent à affiner les connaissances géologiques, hydrogéologiques et géochimiques nécessaires à la réalisation du projet de stockage géologique des déchets radioactifs Cigéo.

5 au 8 février Minéraux stratégiques : le BRGM accompagne l'Angola et la Zambie

En marge de la conférence internationale de l'investissement minier en Afrique (Investing in African Mining Indaba), en Afrique du Sud, le BRGM a noué avec l'Angola et la Zambie deux accords de collaboration autour des minéraux de la transition énergétique. Le premier consiste à apporter un appui à l'Institut géologique d'Angola (IGEO) pour l'exploration et la valorisation de ces ressources minérales, la formation des experts angolais, la création d'un système d'information et la prévention des risques naturels. Le second vise à développer l'attractivité minière de la Zambie en améliorant, grâce notamment au renforcement des compétences du service géologique national, l'acquisition, la gestion et la promotion des données géologiques, l'exploration des ressources minérales mais aussi l'évaluation des activités minières des sociétés intervenant dans le pays.

4 mars

Promouvoir des activités minières durables en Ouzbékistan

Eaux souterraines, ressources minérales, cartographie géologique, géothermie, stockage de CO₂, risques d'inondation et sismique : l'accord signé entre le BRGM et le ministère ouzbek de l'Industrie minière et de la Géologie, en marge du salon PDAC au Canada, couvre une diversité de thématiques. Il pose le cadre d'une coopération scientifique et technique qui vise à développer les capacités de formation, les échanges d'expérience mutuels et les activités de recherche bilatérales. Le BRGM contribuera notamment, en Ouzbékistan, à la mise en place d'une organisation nationale d'études géologiques et d'une infrastructure numérique pour les informations sur les ressources et les risques du sous-sol.



© BRGM

19 mars

Une offre de formation de plus en plus diversifiée

Le BRGM a lancé en 2024 un nouveau format pour sensibiliser aux enjeux et impacts du changement climatique, en proposant un parcours de six webinaires gratuits et interactifs, animés par ses experts scientifiques : eau, décarbonation, géothermie, ressources minérales, mouvements de terrain, risques littoraux. Cette diversification, qui se poursuivra en 2025 avec des modules en *e-learning*, renforce l'attractivité de l'offre de formation : environ 1 200 stagiaires ont été accueillis en 2024, générant un chiffre d'affaires en progression de 17 % par rapport à 2023.



© BRGM

13 et 14 mars

Focus sur les Alpes et bassins périphériques

Piloté par le BRGM, le Référentiel géologique de la France (RGF) prolonge la carte géologique de la France pour fournir une information en 3D, numérique, homogène et cohérente sur l'ensemble du territoire national. Chaque année, les journées RGF permettent aux acteurs d'un ou plusieurs chantiers ainsi qu'aux étudiants en thèse de présenter l'avancée de leurs travaux et discuter de la collecte et de la bancarisation des données ainsi que des verrous scientifiques rencontrés. En 2024, ce temps d'échanges, organisé à Orléans, portait sur les Alpes et les bassins périphériques.



© BRGM

4 et 5 avril

Tout savoir sur les mouvements de terrain liés au karst

Le BRGM et le Cerema ont animé, à Orléans, un séminaire sur les mouvements de terrain d'origine karstique, afin d'aider les acteurs de l'aménagement et de la construction à gérer ce risque. Une soixantaine de participants ont été sensibilisés aux phénomènes liés au karst (origines, processus, conséquences, prévention), avant de découvrir la méthode d'évaluation de cet aléa naturel détaillée par les deux organisateurs dans le guide *Aléa mouvements de terrain d'origine karstique* édité en 2023 avec le soutien de la direction générale de la Prévention des risques (DGPR) du ministère de la Transition écologique. Le lendemain, une visite du chantier du pont de Jargeau, dans le Loiret, a permis de compléter ces présentations techniques.



4 juin

AMORSE pour une gestion quantitative de la ressource en eau

Liés par un partenariat jusqu'en 2028, le BRGM et l'Agence de l'eau Artois-Picardie ont lancé un projet de R&D à l'échelle de ce grand bassin hydrographique, pour favoriser une gestion quantitative et durable de la ressource en eau dans un contexte de changement climatique. AMORSE consiste, pour l'établissement, à affiner ses modèles numériques hydrogéologiques puis à les articuler et les décliner au niveau des sous-bassins, afin d'évaluer les volumes d'eau souterraine disponibles. Cette modélisation permettra de tester plusieurs scénarios d'évolution de la ressource en eau, dans le but de déterminer les volumes maximaux pouvant être prélevés par sous-bassin et par usage.

20 juin

Première pierre des nouveaux laboratoires du BRGM

À l'automne 2025, les laboratoires d'analyses du BRGM, ainsi que les activités tertiaires et logistiques associées, emménageront dans un même bâtiment, construit sur le site scientifique d'Orléans. Privilégiant l'efficacité et la convivialité, ce nouvel ensemble de 4 700 m² est réalisé suivant une démarche environnementale vertueuse : conception bioclimatique, référentiel HQE (Haute Qualité environnementale), label E+C- (Énergie positive et Réduction carbone), chauffage par géothermie... Le « BatLab » offrira les meilleures conditions de travail et de vie tout en favorisant, par sa proximité avec les plateformes technologiques, la continuité entre recherche et expérimentation. Évolutif, il pourra également s'adapter aux changements à venir.



3 juillet

Un partenariat scientifique et industriel autour du lithium géothermal

Après plusieurs collaborations, le BRGM a formalisé un partenariat de recherche appliquée à un développement industriel avec Lithium de France, premier opérateur français indépendant de chaleur et de lithium géothermaux. Cet accord permet d'accélérer la réalisation d'études sur la ressource géothermale dans le Fossé rhénan, en Alsace du Nord, afin de mieux comprendre les mécanismes d'enrichissement naturel du lithium dans les réservoirs géologiques et de déterminer les facteurs influençant sa pérennité. L'objectif est d'optimiser les méthodes de prospection et de définir les conditions d'une gestion durable de cette matière minérale d'origine géothermale, permettant de sécuriser son approvisionnement et de préserver son environnement.



© BRGM

11 juillet

Une coopération renforcée avec Météo-France

Météo-France et le BRGM ont choisi d'accentuer leur partenariat autour des enjeux climatiques en signant un accord-cadre de cinq ans, qui porte sur trois domaines prioritaires : la gestion de la ressource en eau, dans l'objectif d'une meilleure prévision et d'une plus grande anticipation à court, moyen et long terme ; le risque de submersion marine, afin d'apprécier plus finement les scénarios d'exposition du littoral ; la sécheresse des sols et le retrait-gonflement des argiles, pour mieux comprendre ces phénomènes. Ce partenariat pourra donner lieu à des travaux communs pour le compte des pouvoirs publics, des projets de recherche, l'encadrement conjoint de thèses, la participation à des appels à projet français ou européens, des échanges de personnel ou encore le partage de données, d'équipements ou d'instruments scientifiques.

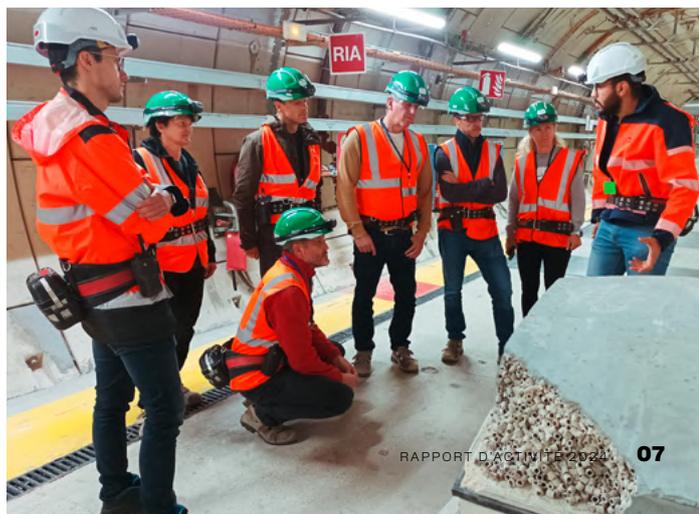
8 juillet

Quel avenir pour la géothermie en Centre-Val de Loire ?

Le BRGM, le conseil régional et la préfecture du Centre-Val de Loire avaient convié plus de 130 acteurs sur le site scientifique de l'établissement, à Orléans, pour échanger sur les enjeux de la géothermie dans la région et alimenter une future feuille de route régionale. Articulée autour de témoignages, d'ateliers et de tables rondes, cette journée a permis d'interroger la stratégie actuelle et d'identifier les freins et les leviers d'action pour développer, dans le cadre de la transition énergétique, le recours à cette source d'énergie renouvelable. La géothermie est encore peu exploitée en Centre-Val de Loire, malgré un important potentiel, quelle que soit la technologie, pour la production de chaleur et, dans certains cas, de froid.

10 au 12 septembre Les délégués nationaux d'EuroGeoSurveys réunis à Orléans

C'est le BRGM qui a accueilli en 2024, à Orléans, le forum annuel des délégués d'EuroGeoSurveys, l'association des services géologiques européens qu'il présidait alors depuis 2023. Cette rencontre a été l'occasion pour la trentaine de représentants présents d'avancer collectivement sur un agenda stratégique de recherche et d'innovation, partagé par l'ensemble des membres de l'organisation. Le forum s'est achevé sur la visite à Bure, dans le département de la Meuse, du site du projet Cigéo porté par l'Andra.



© BRGM

30 septembre Géorisques fête ses 10 ans

Avec chaque jour plus de 18 000 consultations en moyenne, 90 000 pages visitées et 10 000 rapports de risque générés, Georisques.gouv.fr est devenu, pour les professionnels comme les particuliers, la référence en matière d'information localisée sur les risques naturels et technologiques en France. Créé en 2014 par le ministère de la Transition écologique et le BRGM, qui est en l'opérateur technique, ce portail centralise les informations de plus de 30 bases de données et les rend accessibles gratuitement. Il permet également, en demandant un rapport « Connaître les risques près de chez moi », de disposer d'une synthèse simplifiée des différents risques présents à une adresse donnée.



23 octobre Le BRGM présent à la Réunion depuis 50 ans

Implanté depuis 1974 à la Réunion, le BRGM a considérablement approfondi la connaissance de la géologie régionale et couvert chaque commune par une cartographie des aléas naturels. L'établissement a célébré ce 50^e anniversaire en soulignant son intention de continuer à s'inscrire dans les grands enjeux de l'époque et de l'île, en partenariat avec l'ensemble des acteurs locaux de la recherche et du service public. Il a d'ores et déjà renforcé sa coopération avec le conseil régional en signant un accord-cadre d'une durée de quatre ans, qui fixe les grands objectifs de leurs futurs travaux : ceux-ci seront tournés vers les besoins des populations locales et le développement d'une économie assurant les souverainetés sanitaire, alimentaire et énergétique de l'île.



4 novembre Coup d'envoi des activités de la nouvelle filiale du BRGM

Le BRGM s'est doté d'une nouvelle filiale spécialisée dans l'acquisition de données en lien avec l'exploration minérale. Offrant agilité et réactivité, BRGM Explore organise des campagnes de terrain, assure le suivi des prestataires ainsi que les relations avec les parties prenantes locales, contrôle la qualité des données recueillies et valide les interprétations préliminaires. Elle travaille également sur les éléments déjà disponibles à travers la collecte, la reconstitution et la mise en forme des données historiques, la préparation et l'analyse géochimique des échantillons anciens. Sa première mission : contribuer à l'actualisation, par le BRGM, de l'Inventaire des ressources minérales du sous-sol français.



13 novembre Les 15 ans de la charte d'ouverture à la société

L'Anses, le BRGM, l'Ifremer, l'Ineris, Inrae, l'IRSN, Santé publique France et l'université Gustave-Eiffel se sont engagés à s'ouvrir à la société en signant une charte dédiée, élaborée en 2009. À l'occasion des quinze ans de ce texte, ces huit établissements publics de recherche, d'expertise et d'évaluation des risques sanitaires et environnementaux se sont réunis au siège de l'IRSN, à Fontenay-aux-Roses dans les Hauts-de-Seine, pour témoigner de l'impact positif de cette démarche sur leurs activités. Ils ont également réaffirmé leur engagement en faveur d'un processus ouvert et pluraliste au service de la décision publique.



© IRSN



16 décembre Le BRGM soutient Terra Innova

Après plusieurs années de collaboration, le BRGM, via sa filiale d'investissement BRGM Invest, est entré au capital de Terra Innova à hauteur de 21 %, dans le cadre d'une levée de fonds. Cette entreprise est spécialisée dans la valorisation des terres excavées issues de chantiers de construction, qu'elle utilise pour réaménager des zones vulnérables face aux impacts du changement climatique. Le BRGM accompagnera son développement et le déploiement de son modèle innovant à travers la structuration d'un réseau national de sites d'aménagement paysager à partir de terres régénérées.

26 novembre Une nouvelle boutique en ligne

Le BRGM propose un choix unique en France de cartes, d'ouvrages et de supports de vulgarisation dans le domaine des sciences de la Terre. Plus pratique et plus complète, sa nouvelle boutique en ligne facilite les recherches parmi 3 000 références destinées à des publics variés : enseignants, étudiants, professionnels, chercheurs ou simples amateurs. Un moteur cartographique aide notamment à identifier la ou les cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 correspondant à un secteur ciblé en France métropolitaine. L'offre se décline également en guides géologiques, livres jeunesse, beaux ouvrages, revues scientifiques et techniques, ainsi qu'en posters, puzzles et autres jeux.



WDB®

Stratégie scientifique

Des ambitions actualisées, fortes et cohérentes

Le BRGM a révisé sa stratégie scientifique en 2024. Les orientations à dix ans et les priorités de l'établissement ont été ajustées aux évolutions au regard des grands enjeux socio-économiques, de la transition écologique et de la nécessité de s'adapter au changement climatique.



CHRISTOPHE POINSSOT
Directeur général délégué



PHILIPPE FREYSSINET
Directeur scientifique

En seulement cinq ans, le contexte économique, géopolitique mais aussi climatique a considérablement changé. Certaines évolutions influencent directement l'activité du BRGM, comme la nécessité de sécuriser les approvisionnements en matières minérales et le besoin d'accélérer la transition énergétique, l'atténuation et l'adaptation au changement climatique. Les effets de celui-ci se font en outre de plus en plus ressentir et amplifient certains risques naturels (glissement de terrain, effondrement de cavités, chute de blocs, érosion, retrait-gonflement des argiles), tandis que les tensions sur la disponibilité et la qualité des eaux souterraines s'intensifient.

Ces tendances de fond ont incité le BRGM à revisiter sa précédente stratégie scientifique, adoptée en 2018. La version actualisée améliore notamment l'articulation entre l'effort de recherche, l'appui aux politiques publiques et la démarche d'innovation. Abordant certaines questions sociétales liées au sous-sol, elle nécessite également un renforcement en sciences humaines et sociales. Enfin, elle intègre les nouvelles technologies qui impactent les champs de recherche et d'expertise de l'établissement, comme l'intelligence artificielle et les avancées en matière d'observation.

Fixant les orientations à dix ans – révisables tous les cinq ans –, cette stratégie se décline en six programmes scientifiques.

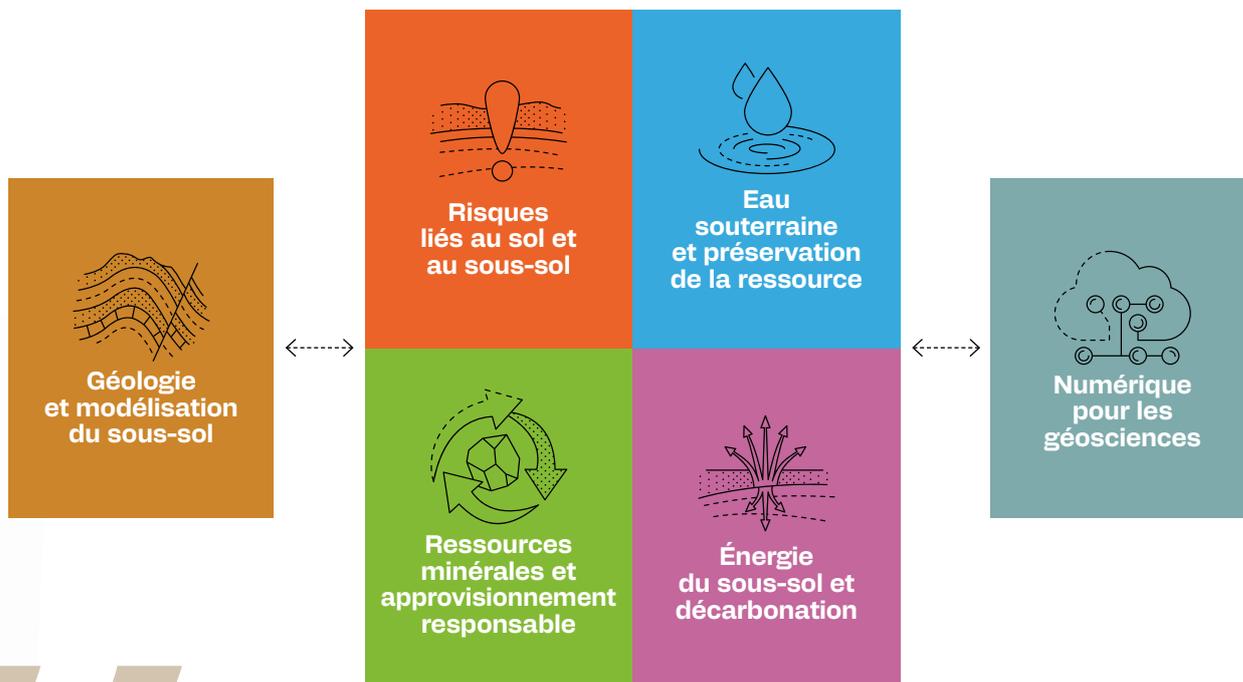


Connaître et modéliser la géologie des territoires

Toute utilisation raisonnée du sous-sol, de ses ressources et toute prévention efficace des risques associés nécessitent d'acquérir et agréger de manière cohérente l'ensemble des connaissances disponibles, pour les restituer de manière compréhensible et actualisée aux différents publics et échelles. Ce programme vise notamment à élaborer un modèle en 3D du sous-sol national, qui permette de décrire les différentes entités avec leur géométrie et leur structure mais aussi leurs propriétés géophysiques, géochimiques, géotechniques et les ressources présentes.

Transformer les géosciences par le numérique

Le sous-sol occupant une place de plus en plus centrale dans les enjeux sociétaux, les géosciences doivent gagner en capacité de production et d'intégration de connaissances mais aussi de prédiction, afin de mieux éclairer les décisions politiques et mieux informer la société. Ce programme soutient le développement du numérique par et pour notre science, en



« La version actualisée de la stratégie scientifique améliore l'articulation entre l'effort de recherche, l'appui aux politiques publiques et la démarche d'innovation »

confortant une R&D adaptée et en facilitant la transformation numérique des pratiques scientifiques. Il promeut également une géoscience ouverte et reproductible.

Préserver la ressource en eau souterraine

La disponibilité et la qualité des eaux souterraines sont fortement impactées par le changement climatique, la demande croissante pour les différents usages et les activités humaines à l'origine de pollutions. Ce programme vise à améliorer la compréhension du fonctionnement des aquifères et à développer des outils d'aide à la gestion des eaux souterraines, notamment pour faire face à des conditions extrêmes, ainsi que des modalités techniques et de gouvernance favorisant une gestion prévisionnelle intégrée de ces ressources.

Maîtriser les risques du sol et du sous-sol

Le BRGM s'intéresse aux risques liés aux aléas naturels et aux pollutions causées par l'activité humaine ainsi qu'à la combinaison des deux. Il souhaite, avec ce programme, accroître

son potentiel d'intégration autour de l'évaluation prédictive, l'atténuation et l'anticipation des risques liés au sol et au sous-sol à différentes échelles de temps et de territoire, par une meilleure appréhension des phénomènes jusqu'à leurs impacts sociétaux. Ce programme vise également à développer des approches d'adaptation ou de remédiation face à ces risques.

Permettre un approvisionnement responsable en ressources minérales

Le BRGM contribue aux ambitions française et européenne de réindustrialisation et de sécurisation des besoins en matières minérales à travers ce programme. Celui-ci vise à renforcer la dimension responsable des approvisionnements, par une évaluation accrue de la performance environnementale et sociale des filières extractives, et le développement de nouveaux procédés de valorisation des matières primaires et secondaires. L'actualisation de l'Inventaire national des ressources minérales lui donne en outre l'opportunité d'améliorer les méthodes d'exploration du sous-sol. L'établissement poursuit par ailleurs sa mission d'intelligence économique dans le cadre de l'Observatoire français des ressources minérales pour les filières industrielles (Ofremi).

Utiliser le sous-sol pour la transition énergétique et la décarbonation

Le sous-sol est aujourd'hui considéré comme un contributeur pour un mix énergétique décarboné. Avec ce programme, le BRGM souhaite favoriser un usage durable de l'espace souterrain, ce qui passe par une meilleure connaissance de son potentiel en matière de production d'énergie et de stockages, l'optimisation de l'intégration des systèmes énergétiques et l'évaluation des impacts de ces nouveaux usages. ■

Structuration interne

Une organisation au service de la science

La révision de sa stratégie scientifique a conduit le BRGM à adapter son organisation interne. Mieux alignée sur les enjeux qui l'animent et les ambitions qu'il poursuit, la nouvelle structuration vise à soutenir la croissance de l'activité et simplifier le fonctionnement de l'établissement, avec un maître-mot : l'efficacité.



CATHERINE LAGNEAU
Présidente-Directrice générale



CHRISTOPHE POISSOT
Directeur général délégué

Organisation, Stratégie scientifique, Efficacité : le BRGM a préparé tout au long de l'année 2024, en lien avec les salariés, le plan « OSE » mis en place dès janvier 2025. Cette adaptation de l'organisation s'inscrit dans une double actualité pour l'établissement : la révision de ses ambitions scientifiques (lire en pages 10-11) et la croissance de son activité. Elle vise plus de cohérence, d'agilité et de performance, pour aider l'établissement à mener à bien ses missions et atteindre ses objectifs.

Cela passe avant tout par un parfait alignement de l'organisation interne sur la stratégie scientifique. Six directions opérationnelles ont ainsi été créées autour des six enjeux de l'établissement, chacune portant un programme scientifique : Eau, Risques, Prévention et Sécurité minières, Ressources minérales, Énergie et Décarbonation, ainsi que Connaissance et Géomodélisation du sous-sol, activité « socle » pour toutes les autres. S'y ajoutent la direction des Actions territoriales, qui regroupe les représentations régionales du BRGM en métropole et outre-mer et décline les enjeux localement, et la direction du Numérique, qui fournit les outils, services et infrastructures nécessaires aux équipes opérationnelles.



Un double regard opérationnel et scientifique

La structuration par enjeux permet de déployer l'interdisciplinarité au sein des unités scientifiques et de favoriser une approche holistique des sujets. Celle-ci consiste à les traiter dans leur complexité et leur plétude en intégrant, au-delà des aspects géoscientifiques ou technologiques, les facteurs socio-économiques, humains et environnementaux afin de maximiser l'impact des travaux du BRGM pour la société.



Installation de stations GPS pour le suivi du glissement du Point du jour à Hell-Bourg, au cœur du cirque de Salazie à la Réunion.
© BRGM - M. LEGOËDEC

Le rapprochement entre directeurs opérationnels et de programme renforce par ailleurs le pilotage scientifique, au quotidien et en proximité. Il garantit en permanence, au sein de chaque direction, un double regard opérationnel et scientifique sur ses activités et les décisions qui sont de son ressort, notamment pour le montage des offres et la conduite des projets. La désignation de responsables de sous-programme vise en outre à améliorer la coordination scientifique sur l'ensemble de la chaîne de valeur, depuis la recherche amont en lien avec le monde académique jusqu'au développement de l'innovation et la valorisation auprès des acteurs économiques, en passant par l'expertise au service des pouvoirs publics ou des industriels. Secondant les directeurs de programme, ces responsables optimisent l'interface avec les unités opérationnelles et les chefs de projets.

Enfin, pour maintenir son excellence et sa cohérence disciplinaires, le BRGM mise sur la transversalité à partir de ses disciplines clés et en lien avec le nouveau référentiel de compétences. Des « animateurs scientifiques » sont chargés de faire vivre ces communautés à l'échelle de l'établissement afin de promouvoir, par la mutualisation des avancées, des outils, des données et des retours d'expérience, une culture partagée. Ils contribuent également au développement d'une vision à moyen terme des besoins en compétences scientifiques.

Création d'une nouvelle filiale

Centrée donc sur la science, cette réorganisation améliore l'articulation entre les priorités de l'établissement, ses équipes scientifiques et les moyens techniques associés (capacités analytiques, plateformes technologiques, moyens informatiques).

« La structuration par enjeux permet de déployer l'interdisciplinarité au sein des unités scientifiques et de favoriser une approche holistique des sujets »

Elle rend aussi ses expertises métier plus lisibles et est ainsi de nature à favoriser les partenariats.

Marquée également par la féminisation du comité de direction (lire en pages 72-73), la nouvelle organisation s'accompagne, enfin, d'un allègement des processus décisionnels, dans le but de simplifier le fonctionnement de l'établissement, fluidifier la gestion des projets scientifiques et accroître les capacités de production. Celles-ci sont aussi amplifiées par la création d'une nouvelle filiale en quasi-régie, BRGM Explore, qui prend en charge les opérations d'acquisition de données sur le terrain. Une direction dédiée à la production et à la performance a également été mise en place pour apporter un appui aux quelque 1 500 projets actifs en permanence ! ■

Une stratégie propre au BRGM pour démultiplier ses impacts

Capitaliser sur ses atouts : c'est la ligne directrice de la stratégie Innovation du BRGM, mise en place en 2024. Celle-ci intègre tous les leviers pour décliner en applications concrètes les résultats de ses travaux, de la promotion du patrimoine intellectuel à la valorisation de concepts émergents, en passant par l'ouverture aux écosystèmes d'innovation et la création de nouvelles activités économiques.



VICTOR LIGER
Responsable
Innovation, Valorisation
et Transfert

34
projets d'innovation
en cours au 31 décembre 2024

59
brevets actifs
au 31 décembre 2024

Innover au BRGM, c'est transformer les résultats scientifiques en produits, services ou technologies utiles et générateurs de valeur. Grâce à des partenariats industriels, des licences ou la création de start-up, cette démarche favorise l'expression de l'innovation sous toutes ses formes et renforce la compétitivité économique du tissu industriel.

Elle contribue également à la reconnaissance de l'établissement et ouvre vers des retours sur investissement pour les ressources publiques mobilisées.

Suivant ces objectifs, le BRGM met en œuvre, depuis 2019, un processus de maturation des concepts innovants émergeant de son activité. Ce processus soutient aujourd'hui 43 projets, résultat d'une culture de l'innovation qui s'est fortement développée et de pratiques d'accompagnement

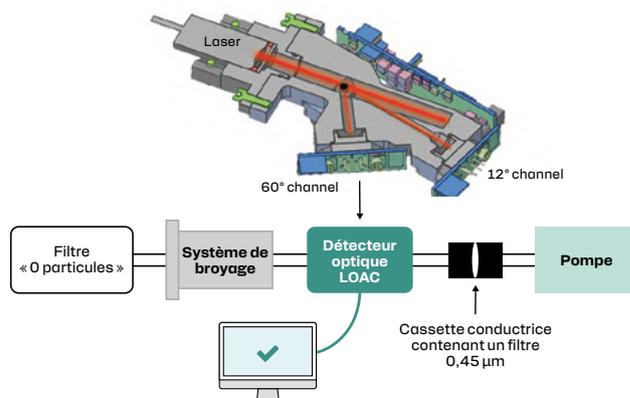
robustes. Souhaitant aller au bout de sa vocation d'application, l'établissement s'est doté en 2024, en lien avec sa stratégie scientifique (lire en pages 10-11), d'une véritable stratégie Innovation qui témoigne de sa volonté d'impact vers le monde économique.

Six axes structurants

Prolongement naturel de ses activités de recherche et d'appui aux politiques publiques, mais aussi du déploiement de ses expertises en France et à l'international, cette stratégie est également marquée par l'ouverture aux innovations venant de l'extérieur. Elle s'articule autour de six axes structurants : Développer une culture interne d'innovation et d'entrepreneuriat ; Protéger et valoriser le patrimoine intellectuel de l'établissement ; Accompagner la montée en maturité des

Lodaim Un détecteur optique d'amiante léger, fiable et rapide

Développé à partir d'un brevet déposé conjointement avec le CNRS, Lodaim permet aujourd'hui de détecter 95 % de l'amiante contenu dans les matériaux manufacturés directement sur site. Ce prototype transportable repose sur l'analyse optique d'un échantillon de matériau que le dispositif a préalablement broyé. Du fait de ses propriétés spécifiques, l'amiante, notamment le chrysotile, est détecté en seulement 30 à 40 minutes. Face à l'engouement des industriels, Lodaim entrera en phase de pré-industrialisation en 2025.



concepts innovants ; Innover avec les acteurs du monde socio-économique ; Participer aux écosystèmes d'innovation ; Faciliter le développement de nouvelles activités économiques.

La mise en œuvre de cette stratégie passe d'abord par le renforcement d'actions bien établies, comme le développement de la culture de l'innovation et des réflexes de protection

intellectuelle ou l'accompagnement de la valorisation de brevets et de concepts innovants à potentiel économique. La vision portée par le BRGM intègre également sa contribution à l'innovation des acteurs du monde économique. Dans l'esprit des instituts Carnot, l'établissement positionne l'innovation au cœur de sa démarche partenariale avec les entreprises et entend densifier les relations avec les acteurs agiles de l'innovation (PME et start-up), en passant notamment par un appel annuel à solutions innovantes. Cette ouverture se traduit aussi par l'intensification de la logique d'innovation ouverte, représentée en premier lieu par l'organisation annuelle de l'événement Tinnov.

L'innovation se retrouve enfin dans la politique de l'établissement orientée vers le développement de nouveaux acteurs économiques, grâce à un processus de soutien aux jeunes entreprises innovantes et, surtout, aux capacités d'intervention capitalistique de BRGM Invest, la filiale d'investissement du groupe (lire ci-contre). ■

Trois start-up en développement

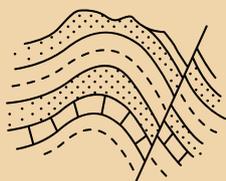
Grâce à la synergie entre son dispositif d'innovation et les capacités d'investissement et de soutien de sa filiale BRGM Invest, le BRGM offre un accompagnement complet aux projets de valorisation, aboutissant à la création d'entreprises innovantes. Trois start-up sont ainsi en cours de lancement. Lyncée développe des solutions avancées en matière de traçabilité, permettant un suivi et une authentification précis des matières critiques tout au long des chaînes de valeur. CaliCO₂, montée avec la start-up studio 4elements, vise à industrialiser un procédé innovant de capture de CO₂. Enfin, une jeune pousse est en voie de création avec les partenaires du projet européen HiQ-LCA. Dédiée à la vérification de l'analyse du cycle de vie (ACV) des batteries, elle répondra aux obligations du règlement européen relatif à ces produits.



« **Le BRGM s'appuie sur le dynamisme de son processus de maturation des concepts émergeant de son activité pour aller plus loin dans sa démarche d'innovation** »

Connaître le sous-sol pour gérer ses ressources et optimiser ses usages

Acquisition GPS
le long d'un profil
d'imagerie électrique
sur la bordure
du glissement
de Saint-Saturnin,
dans le Cantal.
© BRGM - A. PORTAL



Constituant le cœur de la mission du BRGM en tant que service géologique national, l'information géologique répond à un enjeu de souveraineté, notamment pour la gestion des ressources naturelles comme l'eau et les matières minérales. Elle nécessite d'être en mesure de collecter et d'agréger l'ensemble des connaissances disponibles sur le sous-sol et ses propriétés, afin de pouvoir les restituer pour différentes applications en matière d'aménagement du territoire, d'exploitation de l'espace souterrain et de protection des ressources. L'acquisition et la diffusion de ces données et informations géologiques requièrent une chaîne complexe de traitements, depuis l'observation et les mesures sur le terrain jusqu'aux modèles et aux services numériques.





Formation sur le patrimoine géologique au Congo-Brazzaville, assurée par le BRGM dans le cadre du programme PanAfGeo.

© BRGM

PANAFGEO DRESSE SON BILAN

La Zambie a accueilli les 22 et 23 octobre 2024, à Livingstone, la réunion finale de la seconde phase de PanAfGeo. Coordonné par le BRGM, également impliqué aux plans scientifique et opérationnel, ce programme a permis de former, lors de 72 sessions dispensées en anglais, français et portugais entre 2016 et 2024, plus de 1 750 géoscientifiques issus des 54 pays d'Afrique dans différents domaines des géosciences. Fruit d'une coopération entre l'Union africaine et l'Union européenne, PanAfGeo a également contribué à renforcer la collaboration entre les services géologiques européens (EuroGeoSurveys) et africains (OSGA).

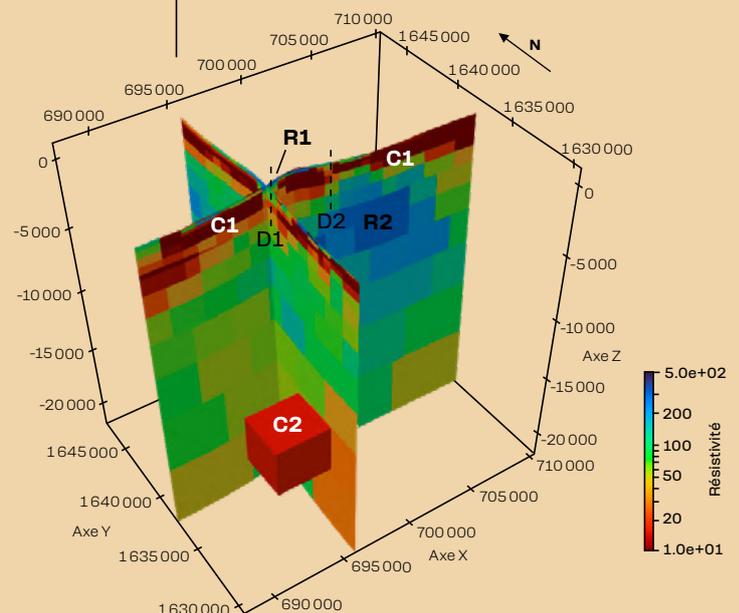
Expérimentation du monitoring du sous-sol via la fibre optique

Utiliser les fibres optiques télécom pour le monitoring du sous-sol en milieu urbain ? Le BRGM cherche à répondre à cette question avec sa plateforme expérimentale DAS (mesures acoustiques distribuées sur fibre optique) installée à Orléans. Ce dispositif innovant, comprenant différentes configurations de câbles optiques déployés en conditions contrôlées le long de l'avenue qui jouxte le site scientifique, permet de mener des observations grâce à l'acquisition, en 2024, d'un appareil de mesures dédié. Les premiers résultats confirment la faisabilité de cette solution pour suivre en temps réel les propriétés géomécaniques du proche sous-sol. Les applications potentielles sont variées : prévention du risque d'effondrement, suivi de la teneur en eau, surveillance des stockages géologiques...

Première imagerie en 3D de la résistivité électrique de la montagne Pelée

Le BRGM a utilisé la méthode magnétotellurique pour produire une imagerie en 3D de la résistivité de la montagne Pelée, au nord de la Martinique, révélant ainsi la structure géo-électrique du sous-sol jusqu'à une profondeur de 22 km. Ce modèle permet de mieux comprendre le système volcanique peléen. Il aide également à définir l'implantation optimale d'un réseau de surveillance magnétotellurique qui sera installé dans la seconde phase de ce projet mené dans le cadre d'une convention avec la préfecture de l'île.

Représentation du modèle 3D de la résistivité de la montagne Pelée, en vue oblique du sud-ouest. © BRGM



Résultat remarquable

Des données prêtes à l'emploi

Le BRGM a réalisé en 2024, quasi simultanément, quatre levés de géophysique aéroportés en métropole et à l'international. Ces opérations d'envergure ont permis d'équiper les zones couvertes en données de grande qualité, utilisables pour toutes sortes d'études sur les ressources du sous-sol en eau, minéraux, matériaux et ses potentialités pour la transition énergétique, ainsi que sur les aléas naturels dans le cadre de l'aménagement du territoire.



GUILLAUME MARTELET
Chercheur
géophysicien



AURÉLIE PEYREFITTE
Ingénieure
géophysicienne



ANNE RAINGEARD
Ingénieure
géophysicienne



PIERRE-ALEXANDRE RENINGER
Chercheur
géophysicien



BERTRAND AUNAY
Hydrogéologue

En 2024, le BRGM a collecté des données géophysiques par voie aéroportée en France métropolitaine pour la troisième année consécutive. « *La multiplicité et la diversité des applications mises en œuvre à la suite des campagnes hélicoptérées conduites en outre-mer dans les années 2010 ont mis en évidence l'intérêt des informations obtenues par le biais de ces opérations pour toutes les questions impliquant le sous-sol* », rappelle Guillaume Martelet. Trois zones, pas ou peu couvertes jusqu'alors, ont été investiguées l'an passé, dans l'ouest du Massif central (programme en cours depuis 2022), les Vosges et les monts du Lyonnais, pour le compte de la direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (DGALN) du ministère de la Transition écologique. Une quatrième campagne a été réalisée sur l'île de Rodrigues dans l'océan Indien, pour le compte de l'Agence française de développement (AFD) et la République de Maurice.

Plus de 90 000 kilomètres ont été parcourus par avion ou hélicoptère, selon le relief – vallonné ou plus marqué – du terrain considéré, pour collecter des données suivant trois

méthodes géophysiques : le magnétisme, l'électromagnétisme et la spectrométrie gamma. « *Les levés aéroportés offrent le meilleur compromis entre couverture, coût et temps*, souligne Pierre-Alexandre Reninger. *Ils permettent, sur une période relativement courte, d'acquérir de grandes quantités de données de haute résolution, de façon continue et homogène sur de grandes étendues, en s'affranchissant des contraintes liées à l'occupation du sol ou à l'accessibilité du terrain.* »

Publiques et disponibles

Les données géophysiques sont ensuite travaillées par le BRGM grâce à des logiciels dédiés, pour pouvoir être utilisables. « *Nous sommes le seul organisme en France à maîtriser l'intégralité de cette chaîne de production de connaissances, depuis la préparation et le pilotage des mesures aériennes jusqu'au contrôle, au traitement et à l'exploitation des données collectées* », avance Aurélie Peyrefitte.

Concernant la France métropolitaine, ces données « prêtes à être interprétées » sont publiques et mises, par le ministère de la Transition écologique via le site data.gouv.fr, à la disposition de tous les acteurs traitant de problématiques en lien

Plus de 90 000 kilomètres ont été parcourus en 2024 dans le cadre des levés de géophysique aéroportés en France métropolitaine, comme ici dans le Massif central.
© ALEXANDRE MAGNAN



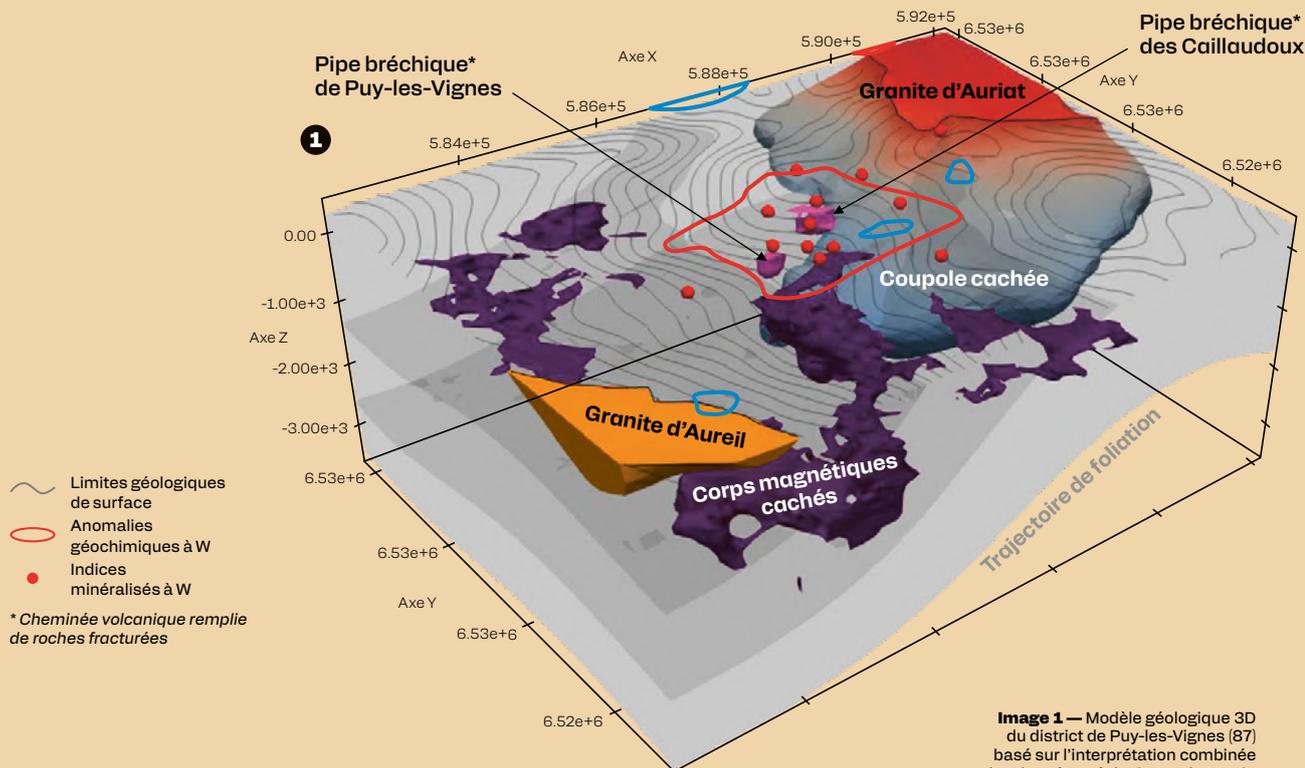


Image 1 — Modèle géologique 3D du district de Puy-les-Vignes (87) basé sur l'interprétation combinée des données géologiques de terrain et de géophysique aéroportée. © BRGM

Image 2 — Les campagnes de géophysique aéroportées fournissent des données dites d'infrastructure, utilisables pour la recherche et toutes les applications des géosciences. © BRGM

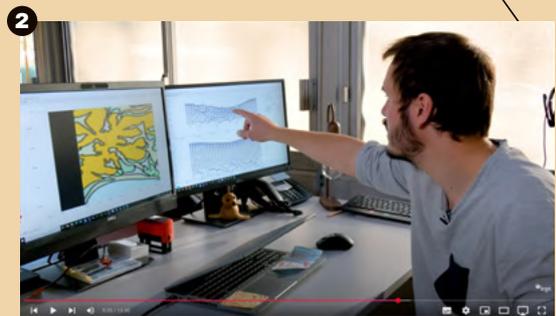
« Le BRGM est le seul organisme en France à maîtriser l'intégralité de cette chaîne de production de connaissances »

 YouTube
 Vidéo complète sur **brgmTV**


avec le sous-sol. À commencer par le BRGM lui-même, pour l'actualisation de l'Inventaire national des ressources minérales, dont il a la charge, et le programme national de recherche (PEPR) « Sous-sol, bien commun », qu'il copilote avec le CNRS. Améliorant la connaissance géologique, elles pourront également servir de support pour aider à la gestion de la ressource en eau, étudier la faisabilité de la géothermie profonde, le phénomène de retrait-gonflement des sols argileux, contribuer à l'évaluation de l'aléa sismique ou des mouvements de terrain ou encore appuyer des travaux d'aménagement d'ouvrages (tunnels, barrages...) ou de stockages géologiques.

Jusqu'à des échelles très locales

« En fournissant une caractérisation multithématique et inédite du sous-sol, de la surface jusqu'à plusieurs kilomètres de profondeur selon le type de mesure, ces données dites d'infrastructure pourront être exploitées, dans les années à venir, dans tous les domaines des géosciences et à tous les niveaux, de la recherche académique aux applications industrielles et jusqu'à des échelles très locales », résume Anne Raingard.



Elles le sont déjà à Rodrigues, dans le cadre d'une étude sur les eaux souterraines. « L'analyse des données géophysiques collectées, qui est complétée par des études au sol, contribue à la modélisation du fonctionnement hydrogéologique de l'île, explique Bertrand Aunay. L'objectif est de caractériser les aquifères et de quantifier le potentiel en eaux souterraines. » Une piste pour diversifier la ressource en eau sur ce territoire, dans le but de couvrir les différents besoins des habitants. ■



BENOÎT HAUVILLE

Directeur général
et cofondateur de 45-8 Energy

« **Pour l'exploration, le BRGM fournit trois briques essentielles : conseiller, acquérir et interpréter, pour en déduire la géologie du sous-sol** »

Dans quel contexte avez-vous fait appel au BRGM ?

BENOÎT HAUVILLE — Notre société, pionnière d'une filière stratégique aux enjeux géologiques et énergétiques, est dédiée à l'exploration et à la production dans le sous-sol d'hélium et d'hydrogène naturel, deux ressources indispensables à certaines industries et pour lesquelles l'Europe est dépendante à 100 % d'approvisionnements étrangers. Nous travaillons dans le cadre de permis exclusifs de recherche (PER) en France, en Allemagne ou dans les Balkans par exemple. Nous avons commencé à collaborer avec le BRGM en 2020 sur le PER Fonts-Bouillants dans la Nièvre, avec un projet de recherche intégrant l'acquisition de données physiques et géologiques qui ont permis la première production d'hélium en Europe de l'Ouest.

Quel était le besoin ?

B. H. — Fonts-Bouillants est une zone de faille identifiée par les géologues, ayant fait l'objet de production d'eau gazeuse mais peu étudiée et non encore explorée pour l'hélium. Nous étions, en quelque sorte, face à un *no man's land* de données, nous partions d'une page blanche.

Nous cherchions, pour nous accompagner dans la caractérisation du sous-sol, un partenaire qui ne soit pas uniquement un fournisseur de données brutes mais avec une vraie expertise dans leur interprétation, afin d'alimenter notre modèle géologique de la zone. Le BRGM est l'un des rares acteurs capables de fournir les trois briques dont nous avons besoin : conseiller, acquérir et interpréter, pour en déduire la géologie du sous-sol. Avec une prestation d'un bout à l'autre et une bonne connaissance du volet réglementaire de l'exploration en France.

En quoi consistait le projet ?

B. H. — Le travail a pris la forme d'un projet de recherche collaborative. Fort de son expertise et de sa connaissance régionale de la géologie, le BRGM a proposé sur mesure une batterie de nouvelles données à acquérir pour répondre à toutes nos questions. Au bout d'un an et demi, nous avons tout le nécessaire pour démarrer l'exploration avec une campagne de forage. Bilan : la découverte de gaz à faible profondeur et une production pilote en septembre 2024. Les résultats ont été présentés lors de congrès scientifiques. Après ce succès, nous avons renouvelé ce travail commun sur un autre PER, Avant-Monts franc-comtois dans le Doubs, toujours pour de l'hélium, avec une série d'acquisitions géophysiques au sol et aéroportées. La campagne de forage va démarrer.

Préserver la ressource en eau souterraine face au changement climatique



Entre changement climatique et pression sociétale de la demande pour les différents usages, la contrainte sur la disponibilité de la ressource en eau souterraine s'accroît fortement. Et ce phénomène risque de s'amplifier dans la perspective – probable – d'un réchauffement de +4°C en France à la fin du siècle, qui aura des impacts significatifs sur le grand cycle de l'eau et le fonctionnement des nappes et pourrait accentuer les conflits d'usages entre secteurs, entre territoires, voire au niveau international. Le BRGM focalise son action sur l'appui aux politiques de gestion durable de la ressource en eau dans les territoires. Il mène des recherches sur les processus de résilience des nappes face au changement climatique et aux pressions anthropiques et étudie notamment l'effet des solutions fondées sur la nature.



Pays de l'Or

Vers la caractérisation de l'aquifère profond sous couverture

Afin de diversifier son approvisionnement en eau potable, Pays de l'Or Agglomération a demandé au BRGM, à la suite d'une précédente étude de faisabilité, d'évaluer le potentiel hydrogéologique des calcaires jurassiques sous couverture sur son territoire. Les deux premières phases ont été livrées en 2024. L'approche a combiné un inventaire des forages atteignant les calcaires jurassiques, une cartographie géophysique et des imageries 2D par sismique réflexion haute résolution et tomographie de résistivité électrique. L'analyse des données a permis de préciser le schéma structural, la nature des formations superficielles et profondes ainsi que les discontinuités qui les affectent. Le BRGM a recommandé des investigations complémentaires pour pouvoir élaborer un modèle géologique et hydrogéologique de cet aquifère.



De nouvelles données ont été acquises sur la commune de Mauguio, dans l'Hérault, par sismique réflexion haute résolution. © BRGM

GoNEXUS : une réflexion prospective sur l'avenir du fleuve Sénégal

Portant sur les interdépendances entre l'eau, l'alimentation, l'énergie et les écosystèmes (« WEFE nexus ») face aux changements globaux et à l'exacerbation des demandes en eau, le projet GoNEXUS (Horizon 2020), incluant le BRGM et l'université de Dakar, s'est intéressé au fleuve Sénégal. La méthodologie combinait des ateliers participatifs avec divers acteurs (gestionnaires de l'eau, administrations, filières agricoles, élus locaux, ONG...) et un modèle hydro-économique. Ce travail a permis d'identifier les enjeux du WEFE nexus, d'explorer plusieurs scénarios d'évolution et de discuter de solutions pour une gestion durable du fleuve.



Exploration avec les acteurs locaux de différents scénarios de gestion de l'eau et d'aménagement du fleuve Sénégal. © BRGM

Optimiser la localisation des solutions de recharge par les eaux pluviales

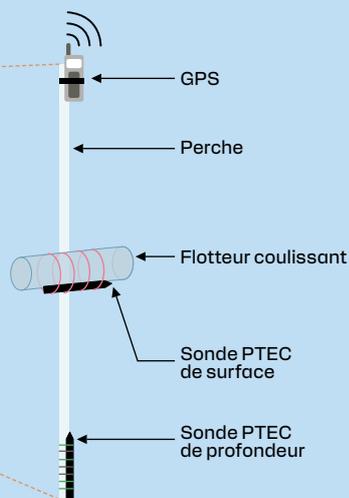
Georges Farina a été distingué par le BRGM pour sa thèse Cifre intitulée « *Economic Valuation of Innovative Rainwater Management Solutions* ». Ses travaux ont produit un outil d'aide à la décision – transférable à d'autres villes – pour réaliser des arbitrages spatiaux complexes pour la planification des solutions fondées sur la nature (SFN) visant la recharge des nappes superficielles sur la métropole de Bordeaux. Des travaux interdisciplinaires qui intègrent l'évaluation hydrogéologique de l'aptitude à la recharge et l'évaluation économique de la demande des citoyens pour les co-bénéfices des SFN (lutte contre les îlots de chaleur urbains) et des coûts du foncier. Cette thèse a donné lieu à trois publications internationales.

Un nouvel équipement pour l'analyse isotopique de l'eau

Le BRGM a renforcé ses capacités d'identification et de caractérisation des ressources en eau en se dotant d'un spectromètre Picarro L2140i à déclin d'anneaux de cavité CRDS (Cavity Ring-Down Spectroscopy). Grâce à cet instrument, il est possible de suivre avec précision l'évolution de la signature isotopique de l'eau, en laboratoire mais aussi sur le terrain, un module CWS (Continus Water Sampler) permettant d'effectuer un échantillonnage et une analyse toutes les secondes directement à partir d'une source. Cet équipement peut être utilisé pour le suivi de la qualité des eaux et du comportement des aquifères.

MIEUX COMPRENDRE LE LIEN ENTRE NAPPES ET RIVIÈRES

Causes principalement par les arrivées d'eau souterraine, les anomalies thermiques en rivière constituent des refuges pour la biodiversité aquatique. Le projet ESTHER étudie les interactions entre nappes et rivières, en s'appuyant sur trois sites du bassin Rhône Méditerranée Corse aux contextes hydrologiques et hydrogéologiques différents : l'Argens (Var), le Drac (Hautes-Alpes) et la Veyle (Ain). Ces travaux, qui ont déjà mis en évidence le rôle des eaux souterraines dans la régulation de la température de l'eau de surface, s'attachent maintenant à caractériser leur impact thermique suivant leurs conditions d'émergence et l'aménagement de la rivière. Les résultats doivent permettre de développer un modèle simulant l'impact du changement climatique sur ces refuges thermiques.



La double mesure de températures, en surface et en profondeur, le long de la rivière Argens (Provence verte) révèle les anomalies thermiques provoquées par les venues d'eau souterraine au fond du cours d'eau. © BRGM

Les eaux souterraines expliquées aux élèves

L'action de médiation scientifique en milieu scolaire sur les eaux souterraines a été renouvelée en 2024 auprès d'élèves de l'élémentaire au lycée, avec leurs enseignants. Conçues et animées par une chercheuse en hydrogéologie du BRGM, les séances, d'une durée d'une heure en classe, s'articulent autour d'expérimentations à l'aide de maquettes hydrogéologiques illustrant le sous-sol, le grand cycle de l'eau, la dynamique de nappe et les impacts des activités humaines. Cette approche – se questionner, manipuler, observer, interpréter – permet également de faire découvrir la démarche scientifique et de promouvoir le métier de chercheur ainsi que la place des femmes dans les sciences.



Les maquettes hydrogéologiques permettent, par la manipulation et l'observation, de mieux comprendre les enjeux liés aux eaux souterraines, comme ici à l'école Jules-Lenormand de Saint-Jean-de-la-Ruelle, dans le Loiret. © BRGM - G. PICOT-COLBEAUX

MétéEAU Nappes s'exporte

Preuve de l'intérêt de MétéEAU Nappes, outil de suivi en temps réel et de prévision du niveau des nappes phréatiques en France, le BRGM, avec le soutien de l'Agence française de développement, a développé un site similaire pour la ville du Cap, en Afrique du Sud. La collaboration incluait également la formation à l'utilisation de ce MétéEAU Nappes local et la caractérisation des contaminants émergents dans les eaux pluviales susceptibles d'avoir un impact sur la qualité des eaux souterraines.

Résultat remarquable

Simuler les possibles futurs de la ressource en eau en France

Comment le réchauffement climatique affectera-t-il les nappes souterraines de la France à l'horizon 2100 ? Le BRGM s'est intéressé à cette question dans le cadre du projet Explore2, en proposant un panel inédit de projections hydrologiques.



JEAN-PIERRE VERGNES
Chercheur hydrogéologue



SANDRA LANINI
Modélisatrice hydrogéologue

Périodes de sécheresse, inondations sévères... Le changement climatique influence sans conteste la météo, de façon différente selon les territoires. L'impact sur les hydrosystèmes est donc complexe à l'échelle de la France. Et prévoir l'évolution de la ressource en eau sur les prochaines décennies est d'autant plus difficile que les modèles climatiques sont nombreux.

Une actualisation possible et pertinente

En 2021, l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae) et l'Office international de l'eau (OiEau) ont lancé le projet Explore2, consistant à projeter l'évolution de la ressource en eau sur l'ensemble du XXI^e siècle en France métropolitaine. Financée par le ministère de la Transition écologique et l'Office français de la biodiversité, cette étude fait suite à Explore 2070, qui avait permis, entre 2010 et 2012, d'établir de premières projections à l'horizon 2050-2070 en métropole et outre-mer. Or depuis dix ans, les modèles climatiques se sont nettement affinés, rendant possible et pertinente une actualisation de l'évolution des hydrosystèmes d'ici à 2100 sur le territoire français, sur la base des derniers scénarios climatiques publiés par le GIEC. Explore2 visait également à accompagner les acteurs

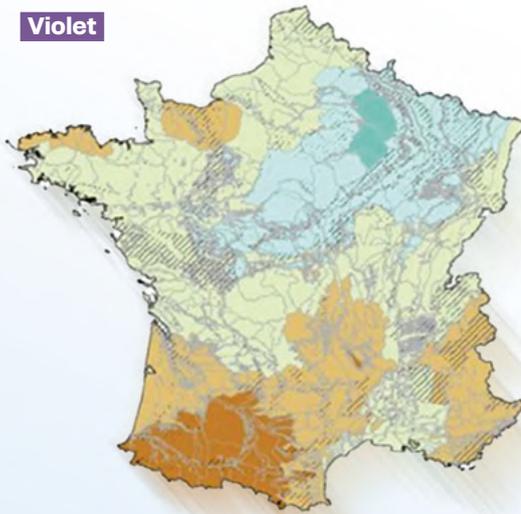
des territoires dans la compréhension et l'utilisation de ces résultats pour adapter leurs stratégies de gestion de la ressource en eau.

Plusieurs acteurs de la recherche française (Météo France, BRGM, ENS-PSL, Sorbonne Université, IRD, CNRS, EDF) se sont donc regroupés au sein d'un consortium scientifique coordonné par l'Inrae. Chacun d'eux s'est intéressé, dans un cadre méthodologique coordonné, à une problématique spécifique : projections climatiques, projections hydrologiques pour les eaux de surface et les eaux souterraines, calcul des incertitudes, scénarios d'évolution des événements hydrologiques extrêmes, diffusion et valorisation des résultats... « *Le BRGM a été sollicité tout particulièrement pour modéliser les aspects souterrains du cycle de l'eau*, indique Jean-Pierre Vergnes. *Cela concerne principalement l'évolution du niveau des nappes, mais aussi la recharge, c'est-à-dire l'eau qui s'infiltre dans le sous-sol pour potentiellement alimenter les aquifères.* »

Trois scénarios d'émissions

Les chercheurs du BRGM se sont appuyés sur plusieurs modèles climatiques régionalisés établis par Météo France, eux-mêmes basés sur trois scénarios d'émissions de gaz à effet de serre fournis par le GIEC (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5), « *à la différence d'Explore 2070, dans lequel un seul scénario était étudié* »,

Violet



Orange



Jaune



Vert



Changements relatifs du cumul annuel de recharge à la fin du siècle (horizon 2070-2099) par rapport à la période 1976-2005, pour les 4 narratifs de l'étude Explore2 :

- Vert : réchauffement marqué et augmentation des précipitations,
- Jaune : changements futurs relativement peu marqués,
- Orange : fort réchauffement et fort assèchement en annuel,
- Violet : fort réchauffement et forts contrastes saisonniers en précipitations.

© LANINI ET AL., 2024

Entité hydrogéologique non aquifère

-100 %/-75 %

-75 %/-50 %

-50 %/-30 %

-30 %/-10 %

-10 %/+10 %

+10 %/+30 %

+30 %/+50 %

+50 %/+75 %

+75 %/+100 %

> +100 %



Le BRGM suit le niveau des nappes phréatiques à travers le réseau national piézométrique, comme ici à Saint-Antonin-Noble-Val, dans le Tarn-et-Garonne. © BRGM

« Les projections réalisées dans le cadre d'Explore2 sont plus représentatives des incertitudes qui pèsent actuellement sur la modélisation du climat »

ajoute Sandra Lanini. « Les projections réalisées dans le cadre d'Explore2 sont donc plus représentatives des incertitudes qui pèsent actuellement sur la modélisation du climat », souligne Jean-Pierre Vergnes. Pas moins de 70 projections hydro-climatiques ont été produites pour la France métropolitaine, ce qui fait d'Explore2 un projet totalement inédit.

« Nous avons fait le choix d'étudier la médiane et les extrêmes de ces simulations mais aussi certaines trajectoires particulières, qui correspondent à quatre projections climatiques contrastées qui ont toutes la même probabilité de se réaliser », détaille Sandra Lanini. Recharge et état des nappes ont été analysés pour chaque cas à l'horizon 2100. Les incertitudes restent cependant très fortes sur ces résultats, compte tenu de celles que renferment les modèles climatiques eux-mêmes.

Une formation en ligne

« Nous n'avons fait varier que le climat dans nos modélisations, précise en outre Sandra Lanini. Elles ne prennent donc pas en compte l'impact des activités humaines, comme les prélèvements pour la consommation et l'irrigation, sur le niveau des nappes. » Pourtant, ces effets anthropiques sont notables dans certaines régions et surpassent parfois largement l'effet du climat. Ce point pourra toutefois être intégré dans une éventuelle poursuite du projet. Un avenant à Explore2 est envisagé notamment pour traduire ces résultats sous la forme d'indicateurs de l'état de la ressource en eau souterraine pour un réchauffement de + 4 °C. « Il est très probable que de nouvelles modélisations soient effectuées dans le futur en fonction des mises à jour des modèles climatiques », avance Jean-Pierre Vergnes.

En attendant, les données obtenues dans le cadre d'Explore2 sont disponibles sur le site drias-eau.fr. Une formation (Mooc), construite avec les scientifiques du projet, a également été proposée sur la plateforme d'apprentissage en ligne de l'OiEau (e-learning.oieau.fr), afin d'aider les utilisateurs (comités de bassin, agences de l'eau, collectivités, bureaux d'études) à comprendre et exploiter ces projections hydro-climatiques. Lesquelles pourraient ouvrir localement la voie à des études visant à évaluer précisément la vulnérabilité d'un territoire face au changement climatique afin de mieux adapter les politiques de gestion de l'eau. ■



DELPHINE ALBOUY

Cheffe de la mission CASP Projets prioritaires à la direction de l'Eau et de la Biodiversité, direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature, ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche

« Avec des acteurs comme le BRGM, nous redéfinissons de façon holistique et novatrice l'appui à la décision publique »

À quels enjeux faites-vous face aujourd'hui ?

DELPHINE ALBOUY — À la direction de l'Eau et de la Biodiversité, nous devons répondre aux grands défis environnementaux. Pour cela, nous travaillons au carrefour de nombreux enjeux tels que les politiques publiques, la recherche, l'innovation, le climat, les territoires... Il y a alors un changement majeur pour nous : la nécessité de réintroduire dans nos missions le temps long pour mieux nourrir la décision publique.

Ce temps long redéfinit-il l'approche scientifique d'appui aux politiques publiques ?

D. A. — Oui car, dans la commande publique, nous sommes souvent sur un temps court pour répondre dans l'immédiateté à des besoins de prise de décision. Avec le projet Explorez par exemple, nous avons eu l'opportunité de mener une recherche sur le temps long : nous avons démarré en 2021 et les scientifiques du BRGM ont livré l'étude en 2024. D'autre part, nous travaillons sur des projets qui peuvent intégrer de très nombreux acteurs.

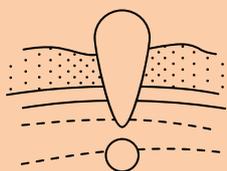
Avec une approche transversale sur des systèmes complexes, multi-acteurs et dans ce temps long, nous redéfinissons, en quelque sorte de façon holistique et selon nous novatrice, l'appui à la décision publique. Cela est parfaitement rendu possible par des acteurs comme le BRGM. Notre partenariat avec l'établissement prend ici tout son sens : une expertise non seulement solide et intégrée, mais aussi et surtout prospective.

Comment cela se traduit-il dans les projets ?

D. A. — Revenons sur l'étude Explorez2, lancée par l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae) et l'Office international de l'eau (OIEau) à partir de cette question : comment le réchauffement climatique affectera-t-il la ressource en eau en France métropolitaine à l'horizon 2100 ? Le BRGM a proposé un panel inédit de projections hydrogéologiques, d'une façon qui répond justement à la préoccupation que j'ai énoncée. Avec une approche systémique qui croise scénarios climatiques, données hydrogéologiques, dans une optique de long terme. En résumé, en modélisant l'évolution du cycle de l'eau dans un contexte climatique en mutation, à l'échelle nationale et infranationale, le BRGM contribue de manière forte au besoin croissant d'anticipation.

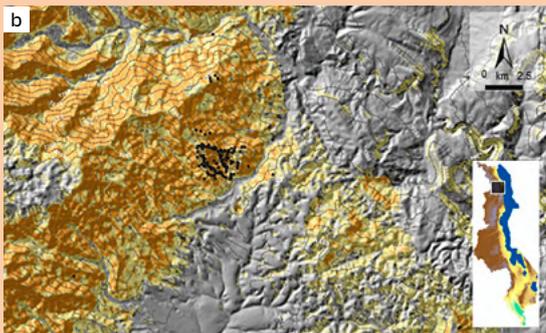
Maîtriser les risques du sol et du sous-sol pour accroître la résilience des territoires

Couvrant 80 % du littoral guyanais, la mangrove côtière évolue et se déplace en fonction des migrations des bancs de vase.
© BRGM - P. VASSAL



Les aléas d'origine climatique, géologique ou liés à l'activité humaine génèrent, sur une large partie du territoire national, des menaces qui peuvent en outre être accrues par la combinaison des risques naturels et anthropiques. Les travaux de recherche et d'appui aux politiques publiques menés par le BRGM portent sur les différents niveaux de la chaîne du risque : prévention, préparation, gestion de crise, adaptation et résilience. La préservation de la santé des sols dégradés par l'érosion ou la pollution constitue également un défi urgent. Le BRGM a ainsi développé une expertise pointue dans le suivi et la gestion des anciens sites miniers ou industriels, ainsi que dans la reconquête des sols et des eaux pollués.





Cartes de l'aléa glissements de terrain pour des périodes de retour de 10 ans (a) et 50 ans (b), pour les événements climatiques de type cyclone intense, comme Idai en 2019.

© BRGM

Les fonds pédogéochimiques au service des sites et sols pollués

Les fonds pédogéochimiques anthropisés (FPGA) sont, pour les aménageurs urbains, des outils d'aide à la décision pour la réalisation d'états des lieux ou de diagnostics de sol et l'identification de sites receveurs compatibles pour valoriser les terres excavées. La base de données des analyses de sols urbains BDSolU permet de bancaiser les résultats obtenus lors de divers projets. Son exploitation a permis, en 2024, de mettre à la disposition du public les premières statistiques et lignes de base de FPGA pour les zones géographiques les plus densément représentées dans la base. BDSolU – qui constitue maintenant l'un des programmes du groupement d'intérêt scientifique GIS Sol – et ces fonds pédogéochimiques résultent du projet initial FGU (Fonds pédogéochimiques Urbains) cofinancé par l'Ademe et le BRGM.

Malawi Une cartographie nationale de l'aléa glissements de terrain

Le BRGM et le service géologique du Malawi ont collaboré sur des cartes de l'aléa glissements de terrain propres au pays. La première étape consistait à améliorer la précision de l'inventaire de ces événements et collecter des informations à leur sujet. Ces données ont permis de conduire des analyses de susceptibilité et de calculer la probabilité de réactivation des glissements de terrain pour six périodes de retour (de 1 à 100 ans) à la suite d'événements météorologiques, aboutissant à des cartes d'aléa pour différents types de phénomènes. Divers scénarios spatio-temporels ont ainsi pu être élaborés à l'échelle nationale.

Crises sismiques : SEISAid en voie d'opérationnalisation

Le BRGM a développé un outil de réponse rapide en cas de séisme, qui couvre actuellement les Antilles françaises et Mayotte : SEISAid fournit en moins de 20 minutes des estimations fiables du nombre de bâtiments endommagés et de blessés à secourir et les restitue dans des communiqués envoyés automatiquement par courrier électronique et SMS. L'établissement a signé en décembre 2024, avec le ministère de l'Intérieur, une convention visant à faire évoluer SEISAid d'un démonstrateur scientifique vers un outil opérationnel, robuste et évolutif.

L'héritage environnemental de la Première Guerre mondiale

Le BRGM a co-encadré une thèse, soutenue en 2024, qui démontre que la brutalisation environnementale accompagnant les guerres modernes continue à marquer durablement les sols et les eaux. Portant sur le front occidental de la Première Guerre mondiale et ses arrières, ce travail de recherche transdisciplinaire propose une analyse des pollutions – toujours actuelles – générées par les faits de guerre mais aussi par le traitement industriel des restes explosifs, conduit à une échelle inédite dans l'entre-deux-guerres.



Échantillonnage de résidus de brûlage de munitions chimiques ex-allemandes sur le site dit « la place à gaz » dans la forêt de Spincourt, dans le département de la Meuse.

© BRGM

Les récifs coralliens, tout comme la végétation de haut de plage, contribuent à réduire les impacts des tempêtes sur les côtes des îles de la Caraïbe.

© BRGM

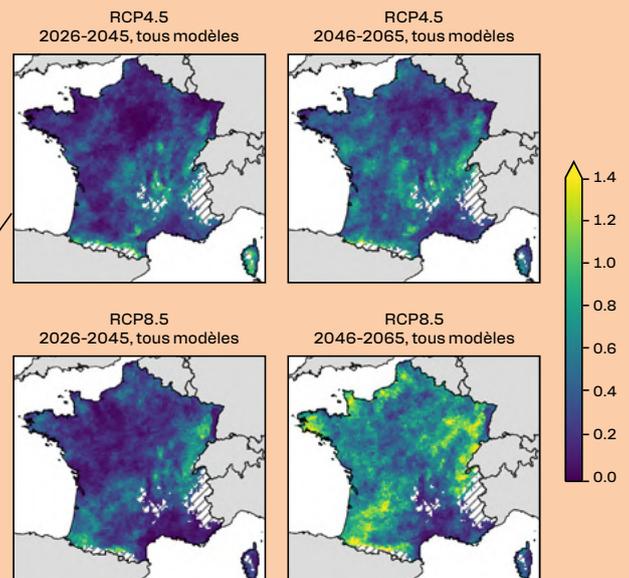


Le rôle d'atténuation des écosystèmes côtiers face aux tempêtes

Thibault Laigre a remporté le prix BRGM de la thèse 2024 pour ses travaux qui démontrent l'efficacité des écosystèmes côtiers dans la réduction des impacts des tempêtes sur les îles de la Caraïbe. Combinant observations de terrain, analyses vidéo et simulations numériques, cette thèse co-dirigée par le BRGM dans le cadre du projet Interreg CaribCoast a fait l'objet de trois publications scientifiques et contribué à l'élaboration d'un guide méthodologique pour une gestion raisonnée du trait de côte. Des suites sont envisagées en Guadeloupe et en Polynésie française.

PRÉDIRE LA SINISTRALITÉ ASSOCIÉE AU RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX

Une thèse soutenue en 2024 et co-encadrée par le BRGM, avec Météo-France et la Caisse centrale de réassurance (CCR), a permis d'améliorer la caractérisation des facteurs d'occurrence du retrait-gonflement des sols argileux (RGA) afin de mieux quantifier statistiquement le nombre global de sinistres. Un indicateur appelé « magnitude annuelle de sécheresse » (YDMI) a été défini pour identifier les conditions susceptibles d'induire du retrait, puis calculé sur la France pour la période passée 2000-2022 et la période future jusqu'à 2065, suivant différents scénarios climatiques. Le YDMI par année et trois critères qualitatifs de susceptibilité des sols au RGA établis par le BRGM (minéralogie, lithologie, propriétés géotechniques) ont enfin été croisés avec des données assurantielles pour entraîner un modèle permettant de prédire le nombre de sinistres à l'échelle nationale.



Quel que soit le scénario climatique retenu, les projections montrent que la fréquence et l'intensité des sécheresses favorisant le retrait-gonflement des sols sont amenées à augmenter.

© BRGM

Risques naturels

La toute première cartographie européenne de la subsidence côtière

Le BRGM a produit, à l'échelle de l'Europe, une carte qui quantifie les mouvements verticaux du sol dans les zones littorales de basse altitude. Ce travail inédit met en évidence dans certains secteurs un affaissement – la subsidence – qui, conjugué à l'élévation du niveau de la mer, accroît les risques côtiers.



RÉMI THIÉBLEMONT
Ingénieur géologue
sur les risques côtiers et
le changement climatique



AURÉLIE MASPATAUD
Ingénieure géologue
sur les risques côtiers et
le changement climatique

L'élévation du niveau de la mer causée par le réchauffement climatique est aujourd'hui bien connue. Les mesures effectuées par satellite sur les trente dernières années la chiffrent globalement à 3,6 millimètres par an. Mais ce n'est pas tout : localement, le sol peut s'enfoncer et amplifier la hausse relative du niveau marin. « *En Europe, la moitié des zones côtières de basse altitude sont impactées par ce qu'on appelle la subsidence* », alerte Rémi Thiéblemont, qui a étudié ce phénomène au niveau européen. Un travail impossible jusqu'à récemment...

Les données EGMS de Copernicus

« *Cartographier les mouvements verticaux du sol à l'échelle suprarégionale a longtemps été empêché par le manque de données et de services adaptés* », explique-t-il. Le service EGMS (European Ground Motion Service) développé par un consortium de chercheurs dans le cadre du programme d'observation de la Terre de l'Union européenne Copernicus a permis, en combinant deux méthodes – l'interférométrie radar (InSAR) et le système de positionnement par satellites (GNSS) – de

débloquer la situation : il fournit une caractérisation des mouvements du sol en Europe de grande qualité et de haute résolution, avec une précision millimétrique ! « *Le BRGM a été le premier organisme à utiliser les données EGMS à cette échelle* », souligne Rémi Thiéblemont qui, pour les besoins de cette étude, s'est intéressé uniquement à celles concernant les côtes. Au total, 41 000 « plaines côtières inondables » ont été prises en compte, incluant les secteurs à enjeux car accueillant des centres urbains ou des infrastructures critiques comme les ports et les aéroports.

Ces données ont fait l'objet de traitements statistiques afin d'offrir une vision d'ensemble spatialisée des mouvements verticaux du sol (élévation, stabilité, affaissement) sur les côtes européennes. Les résultats invitent à considérer pleinement ce phénomène, qui varie d'un pays à l'autre. Parmi les plus touchés : l'Italie, les Pays-Bas mais aussi la France, dont plus de 50 % des zones côtières de basse altitude connaissent une subsidence supérieure, en moyenne, à 1 millimètre par an. Le phénomène est d'autant plus important dans les secteurs qui supportent une population dense ou des infrastructures lourdes, dépassant même par endroits les 5 millimètres par an !

L'étude de la subsidence portait sur 41 000 plaines côtières inondables en Europe, notamment celles qui accueillent des infrastructures et des activités critiques, comme ici le port d'Arès sur le bassin d'Arcachon, en Gironde.
© OBSERVATOIRE DE LA CÔTE DE NOUVELLE-AQUITAINE, AGENCE ODDS



« Ce travail livre, sur la subsidence côtière en Europe, une base solide, précise et homogène car issue d'une seule et même méthode de quantification à cette échelle »

Mutualiser les compétences et les approches

Cofinancé dans le cadre de deux projets européens – CoCliCo, sur l'élévation du niveau de la mer et l'adaptation et GSEU, plus particulièrement le volet sur la vulnérabilité côtière et le changement climatique –, « ce travail livre, sur la subsidence côtière en Europe, une base solide, précise et homogène car issue d'une seule et même méthode de quantification à cette échelle », fait valoir Aurélie Maspataud. Si ces résultats permettent de corriger les modèles existants de projection du niveau de la mer et de calcul des risques côtiers liés à la submersion marine, ils ne permettent pas d'extrapoler jusqu'à de lointains horizons. « Étant basés sur des observations récentes sur une période courte (2016-2021), ils sont comme une photographie à l'instant *t* de la subsidence côtière, poursuit Aurélie Maspataud. Or, pour élaborer des projections, il faut comprendre les causes à l'origine du phénomène et connaître

son évolution passée sur un temps long. » Ces questions ont débouché notamment sur une proposition de thèse en Nouvelle-Aquitaine, encadrée par le BRGM, qui vise à éclairer les mécanismes sous-jacents des mouvements verticaux du sol en croisant les données EGMS avec les données géologiques et hydrogéologiques.

Cette première cartographie de la subsidence côtière en Europe a, cependant, interpellé la communauté scientifique. L'article publié à l'été 2024 dans la revue *Earth's Future* a fait prendre conscience de la nécessité, pour aborder ce sujet, de mutualiser les compétences et les approches : celles des scientifiques spécialisés dans l'impact du changement climatique sur le niveau marin et celles des géologues travaillant sur la subsidence côtière, le tout au niveau européen. L'enjeu, concluent Rémi Thiéblemont et Aurélie Maspataud, est d'importance : « développer la connaissance de ce phénomène pour mieux évaluer les risques associés et éclairer les stratégies de gestion côtière en Europe ». ■

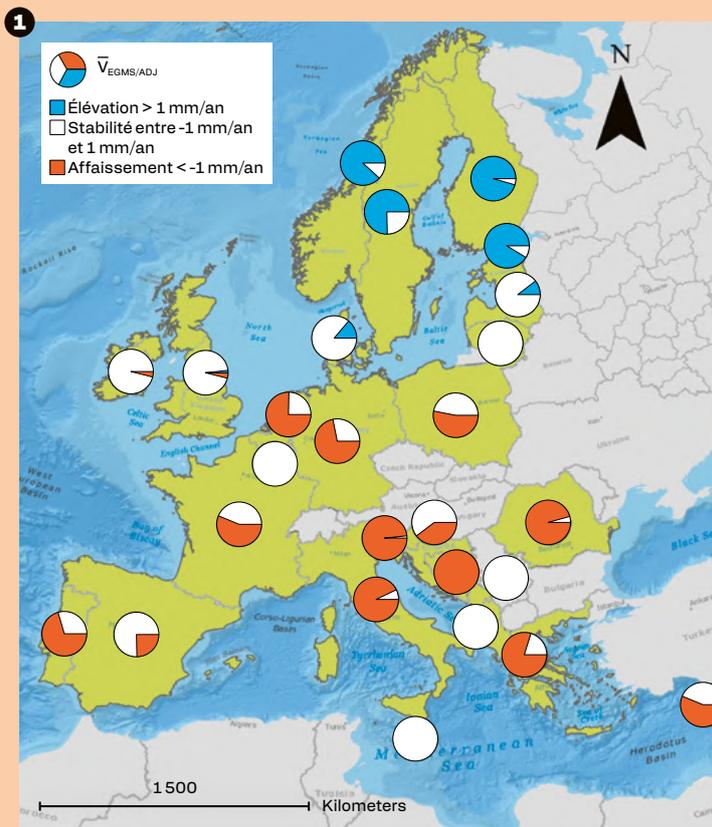


Image 1 — Les diagrammes rouges, blancs et bleus indiquent respectivement la proportion, par pays, de la zone de plaine côtière inondable qui est, en moyenne, en élévation (> 1 mm/an), stable (entre -1 mm/an et 1 mm/an) et en affaissement (< -1 mm/an). © BRGM

Image 2 — Le BRGM a été le premier organisme à utiliser, à cette échelle, le service EGMS de Copernicus, le programme d'observation de la Terre de l'Union européenne. © BRGM



OLIVIER JACOB

Préfet, directeur général des Outre-mer

« **Le BRGM joue un rôle clé dans l'amélioration des connaissances sur les ressources et les risques naturels et fait avancer la recherche scientifique au profit des outre-mer** »

Dans quel contexte la DGOM fait-elle appel au BRGM ?

OLIVIER JACOB — Partenaire de la direction générale des Outre-mer (DGOM) depuis plusieurs années, le BRGM nous apporte son expertise sur les enjeux liés au changement climatique dans ces territoires, notamment la gestion de l'eau et le recul du trait de côte. Le BRGM fournit également un appui pour l'identification des potentialités du sous-sol au service de la transition énergétique, en particulier pour caractériser le potentiel géothermal dans le cadre du plan national pour la géothermie. Il a produit notamment une étude exhaustive de l'état actuel de ce potentiel en Guadeloupe, Martinique, à la Réunion, Mayotte et Saint-Pierre-et-Miquelon. Enfin, le BRGM apporte son expertise en matière de ressources minérales, pour accompagner les transitions écologique et numérique, et participe à l'évaluation des risques naturels, sismiques et volcaniques.

Quels travaux sont menés ?

O. J. — Concernant l'eau par exemple, à la suite de la sécheresse sévère qui a touché l'île de Mayotte en 2023, l'aide scientifique et technique du BRGM a été sollicitée pour

la recherche, l'exploitation, la protection et le suivi quantitatif et qualitatif des eaux souterraines. S'agissant du recul du trait de côte, le BRGM a élaboré en 2022 un recueil de recommandations destinées aux communes, afin de les aider à réaliser des cartes locales d'exposition à ce phénomène. Ont également été menées une évaluation de l'impact économique des risques côtiers liés au changement climatique sur le littoral de Guadeloupe et une étude des potentialités géothermiques dans les zones non interconnectées des îles volcaniques de la Guadeloupe, la Martinique, la Réunion et Mayotte. D'autres travaux sont en cours, autour notamment de la gestion durable des ressources aquifères en Guadeloupe, la révision des cartes d'aléa mouvements de terrain de la Martinique, la cartographie de l'aléa submersion marine sur sept communes à risque d'inondation de Guadeloupe...

Quel bilan tirez-vous de cette collaboration ?

O. J. — Parce qu'il est fortement implanté en outre-mer, le BRGM dispose d'une connaissance fine de ces territoires, en termes de ressources mais aussi quant à leurs risques naturels. Il joue un rôle clé dans l'amélioration des connaissances dans ces domaines et fait avancer la recherche scientifique au profit des outre-mer.

Risques anthropiques

Vers le traitement des « polluants éternels »

Face aux risques qu'ils représentent pour la santé, l'environnement et la biodiversité, les PFAS focalisent de nombreux travaux scientifiques impliquant le BRGM. L'établissement développe non seulement la connaissance sur le comportement de ces molécules mobiles et persistantes mais aussi des solutions de remédiation des eaux et des sols pollués.



JULIE LIONS
Chercheuse
hydrogéochimiste



AMÉLIE CAVELAN
Ingénieure chercheuse
en sites et sols pollués



STEFAN COLOMBANO
Ingénieur chercheur
en sites et sols pollués



MAXIME COCHENEC
Ingénieur chercheur en sites et sols
pollués, responsable de la plateforme
expérimentale PRIME

Ce sont des substances utilisées pour leurs propriétés variées – antiadhésives, imperméabilisantes, résistantes aux fortes chaleurs... – dans de nombreux secteurs industriels (pharmaceutique, phytosanitaire, cosmétique, aéronautique, textile...) et de nombreux produits du quotidien, des poêles aux vêtements en passant par les emballages alimentaires et certaines mousses anti-incendie. Mais ce sont aussi les substances d'origine anthropique les plus persistantes connues à ce jour, en raison de la stabilité chimique et physique de leurs liaisons carbone-fluor. Si le recours aux substances per- et polyfluoroalkylées, ou « PFAS », est de plus en plus encadré, en termes de production, d'utilisation et de surveillance, ces composés synthétiques fabriqués depuis les années 1950 sont déjà présents en quantité dans l'environnement. Et l'on parle de plusieurs milliers de molécules distinctes...

Un état des connaissances internationales

Au BRGM, pas moins de vingt scientifiques travaillent sur ce sujet qui touche à plusieurs domaines. L'établissement est fortement mobilisé sur le plan d'action interministériel



Image 1 — L'installation d'un pilote de 80 m³ sur la plateforme PRIME a permis de décrire l'infiltration dans le sous-sol des PFAS contenus dans des mousses anti-incendie. © BRGM

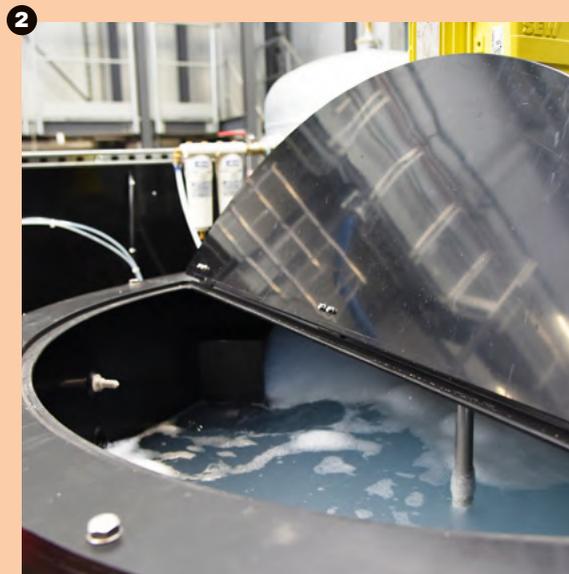
Image 2 — Le BRGM a mis au point un procédé à base de liquides « rhéofluidifiants », qui permet d'extraire les PFAS des sols contaminés. © BRGM

sur les PFAS lancé au printemps 2024, notamment sur le volet des connaissances. « Nous avons dressé un inventaire des différents PFAS susceptibles d'être présents sur les sites utilisant des mousses anti-incendie à travers le monde, dans le but d'identifier les substances qui pourraient faire l'objet d'un suivi en France et de concevoir la méthodologie à mettre en place, énumère Amélie Cavelan. Nous avons également réalisé un état des lieux des méthodes et des résultats des campagnes menées à l'international pour déterminer les valeurs de fond des PFAS dans les sols. Nous avons, enfin, produit une synthèse des pratiques mises en œuvre dans le monde pour rechercher, identifier et quantifier ces molécules dans un environnement considéré. » À ces rapports s'ajoute la création de l'outil en ligne « Info PFAS » qui permettra, à compter de l'été 2025, de visualiser toutes les données publiques collectées dans le cadre de ce plan, et même au-delà. « Ces travaux s'alimentent les uns les autres et enrichissent les connaissances », souligne Julie Lions. ActiviPoll, le site du BRGM qui répertorie et qualifie les

« Les recherches visent à optimiser les techniques de dépollution, qui affichent des performances mais présentent aussi des freins »

corrélations entre les activités économiques et les pollutions pouvant leur être associées, a ainsi pu être complété avec les informations sur les PFAS.

Le BRGM mène également des travaux – pluridisciplinaires – de recherche et développement sur le comportement de ces molécules et leur destruction. Et les avancées sont notables. Initié en 2021 et coordonné par le BRGM, le projet européen PROMISCES permet d'étudier toute la chaîne de traitement des PFAS, qui plus est à grande échelle sur la plateforme expérimentale PRIME, dédiée à la remédiation des sols et des eaux souterraines pollués. « Nous avons installé un 'pilote plurimétrique' de 80 m³ qui nous a permis, grâce à une batterie d'appareils de monitoring, de suivre l'infiltration de mousses anti-incendie dans le sol puis le transfert des PFAS



vers la nappe souterraine, détaille Stefan Colombano. Ces données ont servi à décrire le comportement de ces molécules et à modéliser leur distribution dans le sous-sol. »

Optimisation technico-économique

Le pilote plurimétrique permet ensuite d'expérimenter des techniques de dépollution et d'en évaluer le rendement épuratoire. Deux méthodes sont appliquées pour détruire les PFAS : la réduction et l'oxydation chimiques avancées, qui font intervenir un solvant pour briser les liaisons carbone-fluor, et la sonocavitation, qui utilise des ultrasons dans l'eau pour générer des microbulles dont l'implosion dégrade les molécules. « Ces techniques affichent des performances différentes et complémentaires en termes de vitesse de réaction, de concentration en PFAS pouvant être traitée et de taux de destruction, explique Maxime Cochenec. Mais elles présentent aussi des freins, notamment la quantité d'énergie nécessaire et le coût du traitement. Les recherches visent donc à optimiser ces méthodes de dépollution au plan technico-économique. » Première étape importante : l'extraction des PFAS. Le BRGM a mis au point, à partir de fluides « rhéofluidifiants », un procédé efficace pour en extraire un maximum avec un minimum de liquide. Deuxième étape clé : reconcentrer les PFAS. « C'est notamment sur cette opération préalable à la destruction que porteront nos prochains projets de recherche », annonce Stefan Colombano.

Les résultats de PROMISCES, achevé en avril 2025, nourrissent d'ores et déjà les politiques publiques en lien avec les PFAS. « En plus de la mise en ligne d'un outil d'aide à la décision destiné aux gestionnaires de sites, sols et eaux pollués, indique Julie Lions, nous avons rédigé des policy briefs, des recommandations pour orienter l'action publique et la programmation de la recherche sur ce sujet. » ■

Après-mine

Un réseau disparaît en Moselle

Héritage de l'histoire charbonnière en Lorraine, un ancien réseau de transport de gaz de mine a été démonté ou sécurisé. Un vaste et long chantier qui conjugue défis techniques et enjeux environnementaux.



ALAIN PAULY

Chef de projets travaux à l'unité territoriale Après-mine (Utam) de l'Est

C'est le dernier acte de l'arrêt de l'exploitation du charbon dans le bassin lorrain. Le BRGM a démantelé le réseau de conduites qui, à partir de la fin des années 1960, acheminait le gaz de mine jusqu'à deux chaufferies, une station de cogénération et une centrale électrique allemande. « Ces installations permettaient, plutôt que de le rejeter dans l'atmosphère, de valoriser le grisou, qui est composé majoritairement de méthane et dont le potentiel de réchauffement global est 28 fois supérieur à celui du CO₂ ! », explique Alain Pauly.

Si l'extraction du charbon a cessé en 2004 dans les mines de Lorraine, l'exploitation du gaz de mine s'est poursuivie une dizaine d'années encore, diminuant à mesure que son caractère valorisable se dégradait. Pas moins de 28 kilomètres de conduites – enterrées sur 21 km et aériennes sur 7 km cumulés – se sont finalement retrouvées à l'abandon... et à traiter.

Risque d'effondrement

C'est au BRGM, gestionnaire de ces sites miniers pour le compte de l'État depuis 2008, qu'a été confiée cette mission. « Il a d'abord fallu localiser précisément ce réseau qui s'étire sur cinq communes et dont une partie se situe en forêt ou sur des parcelles privées », souligne Alain Pauly.

Selon leur environnement immédiat, les conduites enterrées ont été

soit bouchées à leurs extrémités, soit comblées par injection de béton. Cette opération visait à solidifier celles dont l'effondrement aurait pu causer des désordres en surface, sur les routes ou les autres réseaux souterrains.

Peinture amiantée

Malgré les mesures prises dès l'arrêt de l'exploitation du gaz afin de rendre inerte un potentiel reliquat de grisou – explosif en mélange avec l'air – des contrôles préalables à la découpe des

conduites ont été effectués. Un diagnostic a également été réalisé pour identifier les sections recouvertes de peinture amiantée. Celles-ci ont fait l'objet, en salle « blanche », d'un traitement par jet d'eau à ultra haute pression pour retirer le revêtement amianté afin de pouvoir valoriser les conduites en acier.

Après neuf mois de travaux, cette opération de grande ampleur s'est achevée en mars 2025. Le démontage d'un dernier tronçon de 170 mètres, fixé sur un pont franchissant des voies de chemin de fer et nécessitant des autorisations d'intervention spéciales, a alors fini de faire disparaître du paysage ces vestiges du passé minier de la région. ■



Mise en sécurité de conduites enterrées par injection de béton.

© BRGM - DPSM

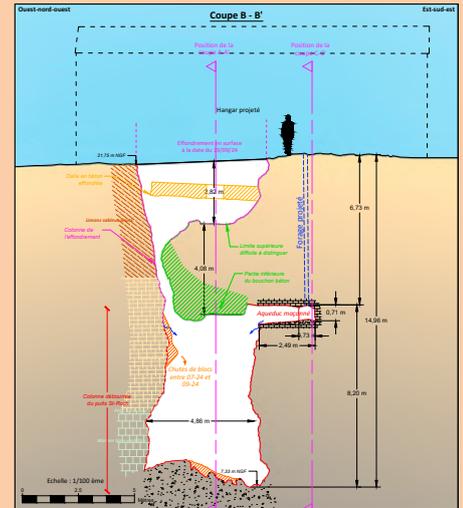
Sécurisation en urgence du puits Saint-Roch à Vieux-Condé

Saisi par la Dreal des Hauts-de-France en juillet 2024, le BRGM est intervenu dans les plus brefs délais à Vieux-Condé, dans le Nord, pour sécuriser le puits Saint-Roch. Après un défrichage massif des abords de l'ouvrage, un scan en 3D a permis de quantifier à 135 m³ le volume de remblais perdus car probablement entraînés par les eaux d'un aqueduc – jusqu'alors inconnu – déversées dans le puits. Un premier comblement a été effectué en novembre avec des billes d'argile expansée.

En complément, du coulis a été injecté en décembre pour stabiliser la dalle en béton. Une opération de renforcement des sols par injection est prévue au premier semestre 2025 pour pérenniser la sécurisation de la tête du puits tout en maintenant en service l'aqueduc, dont le tracé a entretemps été déterminé.

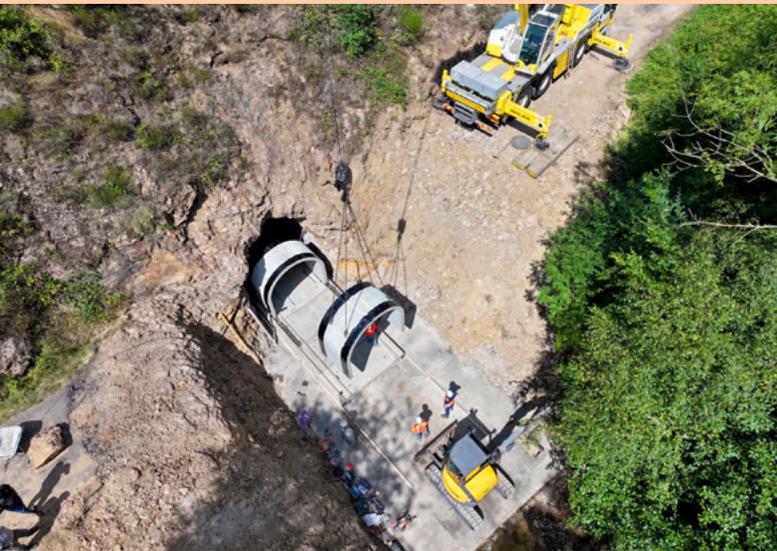
Des techniques de tunnel ont été mises en œuvre pour la réfection d'une galerie passant sous la route départementale RD 9 à Molèdes (15).

© BRGM - DPSM



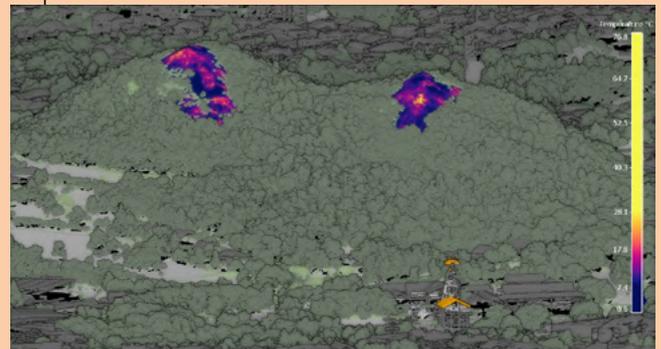
Représentation du puits Saint-Roch à Vieux-Condé (59), illustrant les volumes de matériaux de remblais perdus par débouffrage.

© IGCEAV



Vers une surveillance aéroportée des terrils de la Loire en échauffement

Certains terrils, aux abords d'anciens sites d'extraction du charbon, font l'objet d'une surveillance annuelle par le BRGM en raison d'un phénomène d'échauffement potentiellement dangereux. À Saint-Étienne, dans la Loire, le suivi des terrils de Couriot est opéré depuis 2024, à titre expérimental, par un drone équipé d'une caméra thermique. Ces levés aéroportés fournissent des orthophotographies précises, dont chaque pixel contient une estimation de la température en surface. La répétition de ces mesures année après année permettra de suivre l'évolution des échauffements connus et d'en identifier de nouveaux. Risquées pour les agents, les mesures de température effectuées jusqu'à présent à pied pourraient ainsi être en partie remplacées par des campagnes aéroportées.



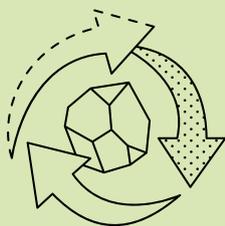
Les orthophotographies thermiques des terrils de Couriot, à Saint-Étienne (42), fournissent une estimation de la température en surface.

© BRGM

Travaux de haute volée pour sécuriser des ouvrages miniers à Molèdes

En 2024, le BRGM a finalisé sur la concession de Fournial à Molèdes, dans le Cantal, la sécurisation de six anciens ouvrages miniers (puits, cheminées, galeries), recourant à des solutions adaptées à leur configuration complexe. Ainsi, pour la réfection d'une galerie passant sous une chaussée, un ouvrage de franchissement a été réalisé suivant des techniques de type « tunnel ». Pour intervenir sur un puits inaccessible aux engins par voie terrestre, un hélicoptère a apporté puis retiré le matériel de chantier. Enfin, pour préserver les chauves-souris présentes dans les ouvrages, leurs accès ont été maintenus et les travaux réalisés suivant un planning spécifique.

Soutenir un approvisionnement en ressources minérales sécurisé et responsable



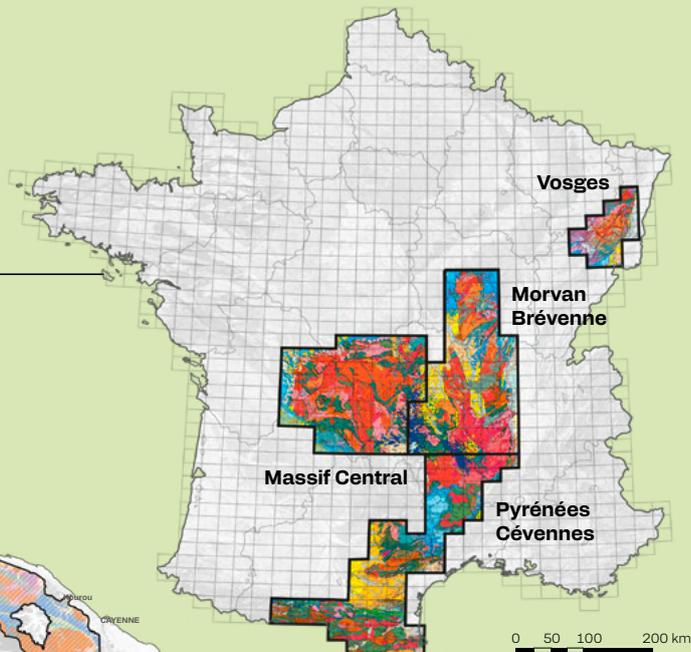
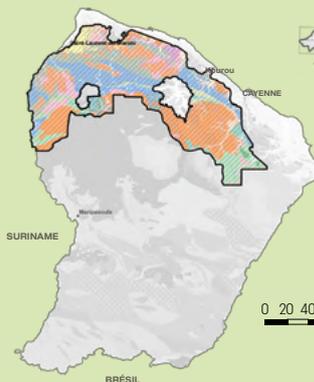
Les crises récentes ont démontré la nécessité de sécuriser les chaînes d'approvisionnement en métaux stratégiques pour la transformation digitale et énergétique, leur disponibilité étant devenue un enjeu majeur à l'échelle de l'Europe pour sa relance industrielle. Le nouveau règlement européen sur les matières premières critiques (European Critical Raw Materials Act), publié en 2023, demande aux États membres d'évaluer leur potentiel de ressources minérales. En France, un inventaire piloté par le BRGM a été lancé en 2024. L'établissement, qui couvre l'intégralité de la chaîne de valeur des matières minérales, met également ses compétences au service de l'analyse de leur cycle de vie et de l'innovation technologique pour améliorer leur traitement et leur recyclage.



Ressources minérales

L'actualisation de l'Inventaire national est lancée

C'est au BRGM qu'a été confiée la mise à jour de l'Inventaire stratégique des ressources minérales du sous-sol français, annoncée par le président de la République en 2023. Cette mission, d'une durée prévisionnelle de cinq ans, consiste à investiguer des territoires susceptibles d'abriter des matières premières minérales d'intérêt. Définies comme prioritaires, cinq zones en métropole et outre-mer font ainsi l'objet de campagnes de collecte de données. Ces travaux visent à mieux connaître notre sous-sol et appuyer la stratégie nationale de sécurisation des approvisionnements en substances minérales stratégiques, dans le but de renforcer la résilience de l'économie tout en soutenant la réindustrialisation.



Cinq zones de France métropolitaine et de Guyane sont investiguées dans le cadre de l'actualisation de l'Inventaire national des ressources minérales.
© BRGM

Rawclic, un projet prospectif autour des transitions énergétique et numérique

Le projet Rawclic (Horizon Europe) a débuté en décembre 2024. Coordonné par le BRGM, il vise à développer les connaissances, notamment des scénarios, sur la demande et l'offre en matières premières induites à différents horizons temporels par les transitions énergétique et numérique dans l'Union européenne, ainsi que sur les impacts environnementaux associés. Réunissant 19 partenaires (académiques, centres de recherche, industriels) de 8 pays, Rawclic a vocation à soutenir la prise de décision industrielle et politique afin de favoriser la résilience des secteurs européens de l'énergie et du numérique et la réduction de l'empreinte environnementale des activités minières et métallurgiques.

Expérimentée sur la plateforme Plat'inn, la biolixiviation utilise des bactéries pour récupérer certains métaux dans les déchets miniers ou les appareils électroniques usagés.
© DIDIER DEPOORTER

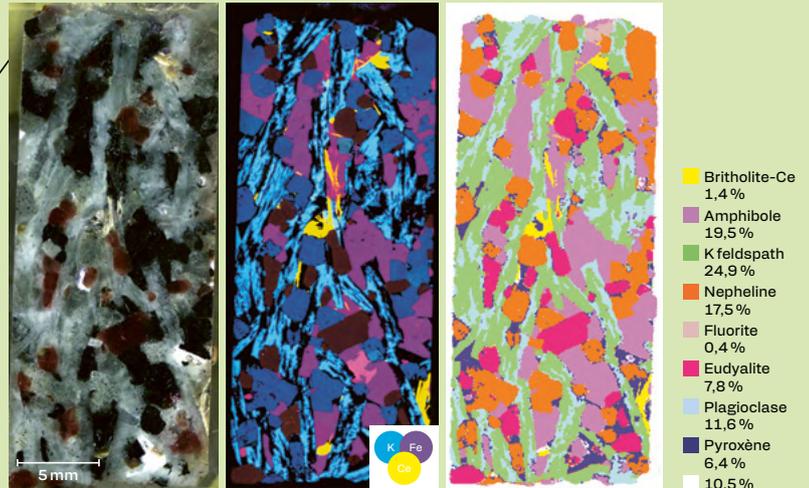
Approfondir toujours plus la biolixiviation

Le BRGM poursuit ses développements en procédés de biolixiviation comme technique de valorisation des métaux et minéraux contenus dans les déchets miniers ou de recyclage des appareils électroniques usagés. À travers les projets européens Cicero et Xtract, l'établissement mène actuellement des travaux qui combinent des approches de génie des procédés et de microbiologie. Il étudie également, au-delà de la biolixiviation classique (oxydative) applicable aux sulfures, le potentiel des procédés biologiques sur les phases oxydées (biolixiviation réductrice applicable au latérite nickélique).



CARTOMICA : UN APPUI À LA MINÉRALOGIE QUANTITATIVE

Le parc analytique du BRGM, associé à celui de la plateforme MACLE-CVL, donne accès à de nombreux équipements complémentaires, issus de constructeurs différents, qui associent l'imagerie à la composition chimique. Ceux-ci permettent de réaliser des cartographies à différentes échelles, du millimètre au décimètre, avec des résolutions allant de la centaine de nanomètres à quelques dizaines de microns, et de caractériser des échantillons de natures diverses et de granularités variées. Le projet Cartomica s'appuie sur ces moyens technologiques pour développer un logiciel capable d'exploiter tous les formats d'image, en proposant des algorithmes pour le traitement analytique. Ce futur outil a vocation à répondre à une diversité de besoins : identification minéralogique, quantification de la granulométrie, détermination des mailles de libération minéralogiques...



La solution logicielle développée par le projet Cartomica transforme des données d'analyse chimique spatialisée en cartographie minéralogique quantitative, comme ici avec la syénite du Groenland.

© BRGM

L'IA au service de la traçabilité des approvisionnements en matières premières

Reposant sur une caractérisation géochimique, cristallographique et minéralogique exhaustive, la traçabilité des matières premières, issues de la mine ou du recyclage, génère de gros volumes de données. Aussi le BRGM a-t-il eu l'idée de recourir à l'intelligence artificielle dans le projet MaDiTraCe. L'utilisation du *machine learning* peut en effet aider à détecter de possibles fraudes sur l'origine déclarée des matières premières critiques aux différentes étapes de leur chaîne d'approvisionnement, à partir des résultats des analyses effectuées sur des prélèvements de matériaux, du minerai jusqu'au produit raffiné. Pour les produits « certifiés », avec une provenance des métaux connue et labellisés responsables, les modèles calibrés développés dans le cadre de MaDiTraCe généreraient une prédiction sous la forme de pourcentages d'appartenance à plusieurs origines.

Un nouveau cycle de collaboration avec LÉO

La collaboration avec le Laboratoire d'économie d'Orléans (LÉO), unité de recherche portée par les universités d'Orléans, de Tours et de Clermont Auvergne, a été relancée à travers le programme national de recherche (PEPR) « Sous-sol, bien commun » et la chaire d'économie de l'environnement et des minéraux cofinancée par l'Agence nationale de la recherche (ANR) et le BRGM. Une nouvelle étude, menée dans le cadre de cette chaire, porte sur les conditions de travail et environnementales dans les sites miniers produisant du cuivre. Elle vise à mettre en lumière une amélioration ou au contraire une dégradation de ces conditions, à partir de l'analyse d'un échantillon mondial de sites.



Le projet MaDiTraCe (Horizon Europe) développe des approches numériques et géochimiques pour les normes environnementales, sociales et de gouvernance applicables aux matières premières critiques. © BRGM

Résultat remarquable

L'Ofremi, fer de lance de l'intelligence minérale

L'Observatoire français des ressources minérales pour les filières industrielles (Ofremi), animé par le BRGM, a publié en 2024 son premier rapport d'activité. Les six établissements partenaires œuvrent pour une même ambition : promouvoir des approvisionnements responsables et anticiper les risques, afin de renforcer la souveraineté de la France et la résilience de ses industries stratégiques.



GAÉTAN LEFEBVRE
Ingénieur géologue
et économiste



MATHIEU LEGUÉRINEL
Ingénieur géologue
et analyste



FRÉDÉRIC LAI
Ingénieur de recherche en
évaluation environnementale



Il met en œuvre, depuis 2023, une feuille de route définie par son comité stratégique, qui associe les pouvoirs publics et les principales filières industrielles. L'Ofremi mobilise pour cela, au sein de ses six établissements partenaires – le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), l'IFP Énergies nouvelles (IFPEN), l'Agence de la transition écologique (Ademe), l'Institut français des relations internationales (Ifri), le Conservatoire national des arts et métiers (Cnam) et le BRGM, qui pilote le dispositif – une force de travail pluridisciplinaire et multithématique : géologie des ressources, technologies pour l'industrie, évolution des marchés, risques géopolitiques, impacts environnementaux. Mais il s'appuie aussi sur l'écosystème français des ressources minérales, qui lui donne accès à une diversité d'expertises et de données pour mener à bien ses missions : veille sur les chaînes de valeur à l'échelle mondiale, estimation des besoins en matières minérales, évaluation de leur criticité, quantification des risques d'approvisionnement, proposition d'actions.

Des recommandations co-construites

Cette mutualisation des compétences et des connaissances a été mise à profit notamment pour une étude sur le cuivre. « Ce métal, déjà utilisé dans tous les secteurs industriels, est

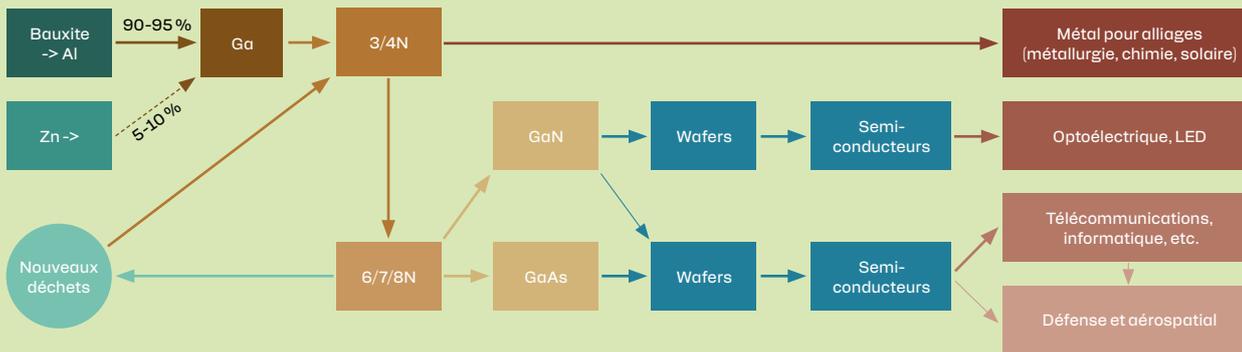
l'objet d'une demande en forte croissance liée à l'électrification de la mobilité, analyse Mathieu Leguérinel, qui porte cette action. La France pourrait être confrontée à un déficit de cuivre pour ses besoins industriels si aucune mesure n'est prise. » Pour réduire la tension entre l'offre et la demande, l'Ofremi livre ainsi des recommandations, co-construites avec l'ensemble des parties prenantes, parmi lesquelles la mise en place d'une stratégie nationale du cuivre et le développement de la production secondaire par l'essor du recyclage sur le territoire français.

Les enjeux environnementaux sont partie intégrante des travaux de l'observatoire sur les chaînes d'approvisionnement. C'est à travers ce prisme, notamment, qu'ont été évaluées les deux principales filières de production de lithium actuellement au niveau mondial, à partir de saumures en Amérique du Sud et de roches dures en Australie et en Chine. « Dans un contexte où des projets d'extraction de lithium émergent sur le sol européen, à partir d'eaux géothermales ou de roches dures, il s'agissait de fournir un benchmark international cohérent, car fruit d'une méthodologie harmonisée, de l'empreinte environnementale de ces différentes filières, explique Frédéric Lai, porteur de l'action. L'objectif est de promouvoir les avantages compétitifs des filières européennes sur le plan environnemental, en termes d'émissions de carbone et de consommation d'eau. »



La demande en cuivre ne cesse de croître, sous l'effet notamment de l'essor des mobilités électriques.
©ADOBE STOCK

1 Cartographie de la chaîne de valeur stratégique du gallium



Des démonstrations concrètes

Si l'Ofremi a mis en place une « ligne directe » pour pouvoir rapidement aider les acteurs publics, industriels et économiques à définir les meilleures réponses possibles en cas de tensions sur une ressource minérale, il s'attache, au-delà, à les sensibiliser à la nécessité de sécuriser les approvisionnements. Et ce, par des démonstrations concrètes : « *Partant d'une cartographie de la chaîne de valeur de la matière minérale considérée – comme nous l'avons fait pour le gallium, le germanium et le graphite – nous identifions la ou les étapes où la vulnérabilité est la plus forte, puis nous simulons des situations réelles en appliquant un 'stress', une perturbation, sur ce maillon 'faible', décrit Gaétan Lefebvre, coordinateur de l'Ofremi. Nous pouvons en déduire les conséquences et même chiffrer leur valeur monétaire, que nous appelons 'le coût de l'inaction'.* » Les conclusions incitent à anticiper ces crises potentielles en mettant en place des mesures de prévention adaptées...

L'expertise développée par l'Ofremi sur les chaînes de valeur et la criticité des ressources minérales a contribué à le propulser sur le devant de la scène européenne. Aussi le BRGM s'est-il imposé naturellement comme le coordinateur du troisième volet du projet européen SCRREEN lancé en 2024. Mis en œuvre par un consortium de quinze partenaires (services géologiques, instituts de recherche, associations industrielles...), SCRREEN-3 utilise la veille effectuée

« Nous offrons une vision globale des chaînes d'approvisionnement mondiales, avec un éclairage particulier sur les enjeux environnementaux, sociaux et de gouvernance »

par l'observatoire et les données qu'il collecte pour apporter un appui technique à la Commission européenne sur plus de 80 matières premières minérales, dont 34 considérées comme critiques et 17 comme stratégiques, pour les transitions énergétique et digitale mais aussi peut-être, demain, pour la défense. « *Nous offrons une vision globale des chaînes d'approvisionnement mondiales, en portant – c'est la valeur ajoutée de SCRREEN-3 – un éclairage particulier sur les enjeux environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG)* », souligne Gaétan Lefebvre, qui coordonne également ce projet. L'objectif est, là encore, d'orienter vers les filières d'approvisionnement les plus sûres et les plus vertueuses. ■

2 Estimation du déficit en cuivre en 2035 en millions de tonnes

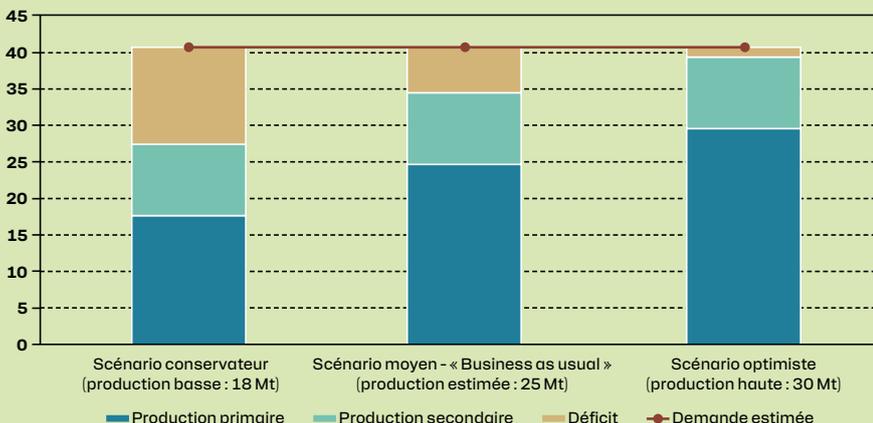


Image 1 — Le gallium entre dans les chaînes de valeur de nombreuses industries. Les cartographier permet d'identifier les vulnérabilités associées, à des fins de sécurisation des approvisionnements. © OFREMI

Image 2 — Selon l'Ofremi, le déficit entre l'offre et la demande mondiales en cuivre avoisinerait les 6 millions de tonnes en 2035 dans un scénario « Business as usual » et descendrait sous les 2,7 millions de tonnes grâce à des leviers de sobriété. © OFREMI



MICHEL JÉBRAK

Professeur émérite à l'université du Québec à Montréal, membre du comité scientifique du BRGM

« Avec les SIG, la data et l'aide du BRGM, l'approche Mineral System améliore la compréhension des contextes géologiques et rationalise l'exploration minérale »

Qu'est-ce que l'approche « Mineral System » ?

MICHEL JÉBRAK — C'est une méthode complète et systématique, utilisée dans l'exploration des minéraux et des hydrocarbures, pour comprendre et évaluer le potentiel en gisements dans une zone donnée. Issue de travaux démarrés en France dans les années 1970, notamment – et déjà – au BRGM pour la caractérisation des types de gisements minéraux, elle est réellement mise en œuvre depuis les années 2000 dans l'exploration minérale, essentiellement en Australie puis dans de nombreux pays nordiques et au Canada. En effet, la montée en puissance des outils informatiques comme les systèmes d'information géographique (SIG) et l'émergence de la data et des grosses bases de données (big data) ont eu deux conséquences dans ce domaine. D'une part, cela facilite l'interdisciplinarité, alors que nous étions plutôt organisés en silos (géologie, géophysique, géochimie...). D'autre part, le traitement massif de données quantitatives, avec l'augmentation de la puissance de calcul, facilite le travail. Il devient alors possible de créer des guides d'exploration pour chaque famille de minéraux. Avec l'arrivée de l'intelligence artificielle et la mise en relation de données de façon non linéaire, nous assistons à une accélération.

Quel est le rôle du BRGM dans ces travaux ?

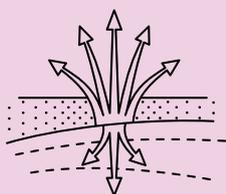
M. J. — L'approche Mineral System permet d'améliorer la compréhension des contextes géologiques et de rationaliser les efforts d'exploration à une échelle nationale. Avec la banque de données du sous-sol, le BRGM dispose d'un fort potentiel dans ce domaine. L'approche Mineral System a notamment été retenue pour établir les cartes de prospectivité de l'Inventaire national des ressources minérales du sous-sol français, dont l'actualisation a été confiée à l'établissement.

Cela peut-il s'appliquer à la mine responsable ?

M. J. — L'approche Mineral System permet d'ajouter, dès le début d'une démarche d'exploration minérale, des « couches » liées à la durabilité et à tous les aspects de la responsabilité sociétale et environnementale (RSE), qui sont essentiels aujourd'hui. Il est devenu indispensable de gérer les impacts et de prendre en compte l'acceptabilité de ces projets. Ce type de démarche dans un pays peuplé place le BRGM en bonne position pour exporter un Mineral System « à la française », s'élargissant à la société.

Utiliser le sous-sol comme contributeur à la transition énergétique et la décarbonation

Bien qu'inférieur à celui de l'Islande (photo), le potentiel géothermique de la France plaide pour le développement de cette énergie renouvelable et décarbonée.
© BRGM - D. BONTÉ



La transition énergétique et la décarbonation intègrent désormais le potentiel du sous-sol comme source d'énergie (géothermies, stockage de chaleur, hydrogène natif) ou vecteur énergétique (hydrogène de synthèse) ainsi que son usage comme lieu de stockages (CO₂, hydrogène, déchets radioactifs). L'espace souterrain peut ainsi jouer un rôle important dans le futur mix énergétique décarboné, en complémentarité avec les autres énergies renouvelables et en réponse aux objectifs visés à l'échelle européenne par le règlement pour une industrie « zéro net » (Net-Zero Industry Act). Le BRGM mobilise ses compétences et sa capacité de recherche et développement pour explorer, étudier et exploiter le potentiel du sous-sol, notamment au niveau des territoires, favorisant ainsi la mise en œuvre de dispositifs économiquement viables, à faible impact environnemental.

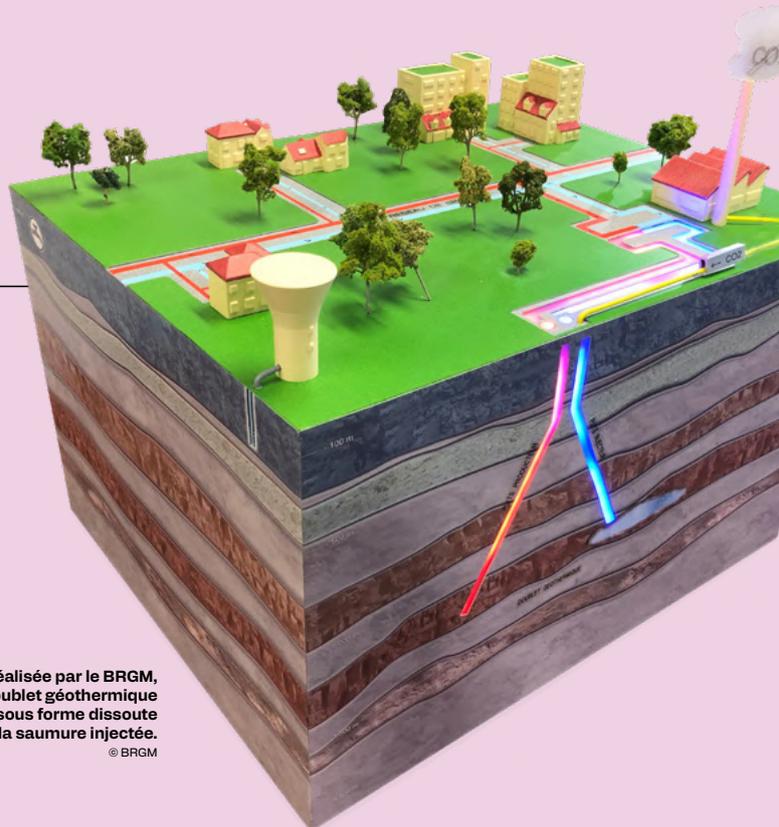


Étude comparative Hybridation entre la géothermie et le captage et stockage de CO₂

Le nombre de concepts hybrides intégrant à la fois la production d'énergie géothermique et le captage et stockage de CO₂, décrits dans la littérature, a considérablement augmenté ces dernières années. Une étude du BRGM, réalisée pour le compte de l'IEAGHG, un programme de R&D sur les gaz à effet de serre de l'Agence internationale de l'énergie, a permis d'en identifier quinze. Ceux-ci sont présentés dans le détail et leurs performances comparées, fournissant ainsi une ressource précieuse aux chercheurs, décideurs politiques et professionnels de l'industrie et de l'énergie. Ce travail a fait l'objet d'un article dans une revue scientifique.

Détaillé dans la revue de concepts réalisée par le BRGM, CO₂-DISSOLVED consiste à exploiter un doublet géothermique en stockant simultanément du CO₂ sous forme dissoute dans la saumure injectée.

© BRGM



Échantillonnage de l'eau d'une source thermique d'Ixtlán de Los Hervores, dans l'état du Michoacán.

© BRGM

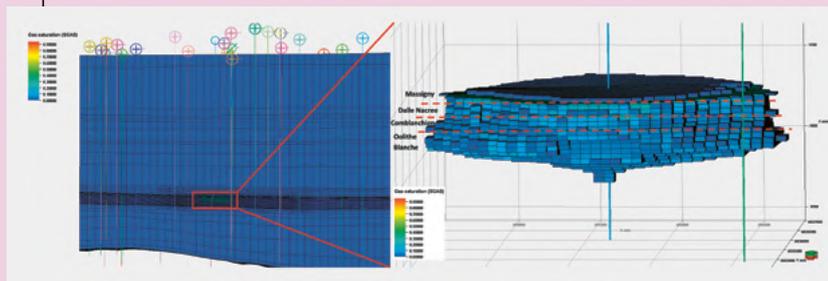


Mexique : quel potentiel en lithium provenant des eaux géothermales ?

Le BRGM accompagne le Mexique dans sa transition énergétique à travers une étude sur le lithium géothermal financée par l'Agence française de développement (AFD). Ce projet est mené en partenariat avec la Comisión Federal de Electricidad, seule entreprise au Mexique exploitant la géothermie pour produire de l'électricité. Les données acquises et celles issues de la littérature ont permis d'élaborer un premier atlas des eaux géothermales les plus riches en lithium et de quantifier cet élément dans les dépôts des saumures des bassins de rétention de la centrale géothermique de Cerro Prieto, l'une des plus importantes au monde.

PilotSTRATEGY pour accélérer le déploiement du stockage de CO₂

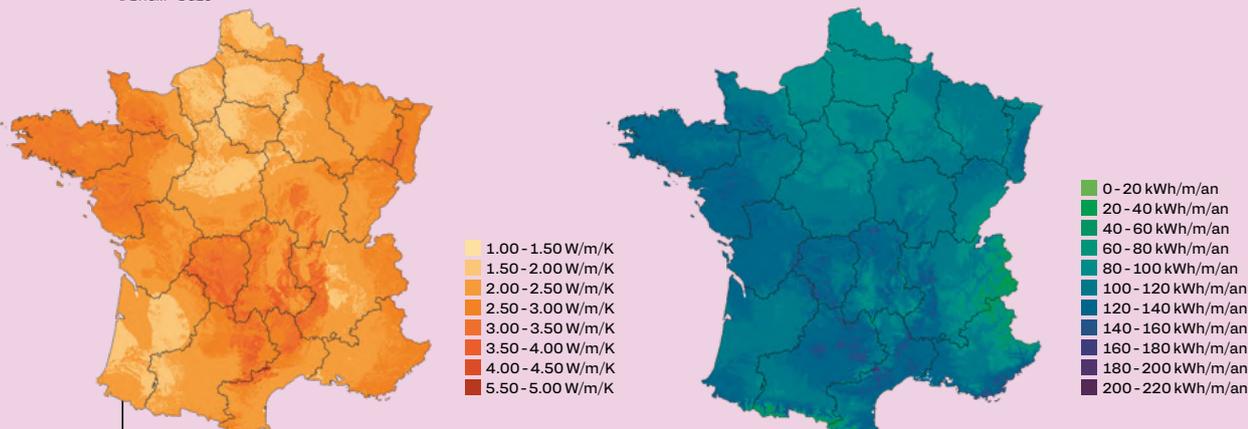
Lancé en 2021, le projet européen PilotSTRATEGY (H2020) vise à étudier en France (Bassin parisien), en Espagne, au Portugal, en Grèce et en Pologne des sites potentiels pour le stockage géologique de CO₂ en aquifère. Menées par un consortium de 16 partenaires de 7 pays coordonnés par le BRGM, les recherches ont permis de caractériser finement les réservoirs, notamment par l'acquisition de nouvelles données géologiques et sismiques, et de simuler, grâce à des modèles numériques, leur comportement vis-à-vis de l'injection de CO₂. La phase actuelle consiste à conduire des études de faisabilité et monter des dossiers d'avant-projet pour la mise en œuvre de pilotes de stockage de CO₂ dans les régions prometteuses. PilotSTRATEGY développe en outre une approche sociétale en intégrant, sur chaque territoire, une concertation avec les parties prenantes.



Dans le Bassin parisien, le projet PilotSTRATEGY a permis de simuler l'étendue du panache de CO₂ dans l'aquifère du Dogger après dix ans d'injection. © BRGM

À gauche : carte de la conductivité thermique des terrains sur 100 mètres d'épaisseur.
À droite : carte de l'énergie extractible par mètre de sondes de 100 mètres de profondeur.

© BRGM - DGE



Géothermie : caractérisation du potentiel national pour les sondes verticales

Dans le cadre du plan national pour le déploiement de la géothermie, le BRGM a établi, sur le territoire métropolitain, une cartographie de la favorabilité du sous-sol pour la mise en œuvre de sondes verticales. Objectif : aider les conseillers France Rénov' et les collectivités à évaluer, en première approche, la pertinence de la solution. L'établissement a élaboré une méthodologie permettant d'évaluer, à partir des données disponibles, les valeurs des paramètres clés du sous-sol pour le dimensionnement des sondes géothermiques. Pour chaque profondeur (50 m, 100 m, 150 m, 200 m) ont ainsi été produites des cartes de la conductivité thermique du sous-sol, de sa température et de l'énergie extractible rapportée à la longueur de la sonde (chauffage seul). Elles sont en ligne sur geothermies.fr.

CO₂GEONET ET LE BRGM AU FORUM INDUSTRIAL CARBON MANAGEMENT

La France a accueilli à Pau, les 10 et 11 octobre 2024, le 4^e forum Industrial Carbon Management (ICM) dédié à la capture, au stockage et à la valorisation du carbone. Le BRGM et CO₂GeoNet, réseau scientifique européen sur le stockage géologique du CO₂, y ont organisé un atelier visant à évaluer comment la recherche et l'innovation peuvent contribuer à accélérer le déploiement de cette technologie, à l'échelle européenne comme localement. Une soixantaine de participants ont pu interagir avec les experts et faire part de leurs idées. Les recommandations issues de ces échanges ont été remises à la Commission européenne.

Exploration des ressources géothermiques profondes

Deux campagnes de sismique réflexion ont été menées en 2024 en Île-de-France et sur le bassin de l'Arc, entre Aix-en-Provence et Fos-sur-Mer, dans le cadre des programmes Géoscan pour l'exploration des ressources géothermiques profondes de ces territoires, portés par l'Ademe, le BRGM et les collectivités concernées. Des camions vibreurs ont ainsi sillonné les routes de nuit et une barge source a navigué sur l'étang de Berre de jour. En complément, le bassin de l'Arc a fait l'objet de campagnes de géologie de terrain. Les données collectées sont analysées et interprétées avec d'autres données géoscientifiques, afin d'améliorer la connaissance des aquifères jusqu'à près de 3 000 mètres de profondeur et ainsi définir les zones favorables à la géothermie profonde.



La campagne de sismique réflexion sur le bassin de l'Arc a été conduite entre le 21 octobre et le 20 novembre 2024, sur les routes ainsi que sur l'étang de Berre. © S3 ROBERT-FAMY

Résultat remarquable

Une première avancée pour le stockage géologique de CO₂ en France

Le BRGM a coordonné une étude nationale sur les capacités potentielles de stockage de carbone dans le sous-sol français. EVASTOCO₂ a ainsi mis en évidence, sur le territoire métropolitain, les importantes ressources souterraines susceptibles d'être utilisées pour la décarbonation de l'industrie.



ANDRÉ BURNOL
Chercheur
hydrogéochimiste



THOMAS LE GUÉNAN
Chercheur sur les risques
des exploitations du sous-sol



AURÉLIEN BORDENAVE
Géologue
sédimentologiste

Réduire les émissions de gaz à effet de serre et notamment de dioxyde de carbone (CO₂) – principale cause du changement climatique selon les derniers rapports du GIEC – est aujourd'hui un enjeu majeur. Dans ce contexte, la capture et le stockage de CO₂ dans le sous-sol comptent parmi les stratégies concourant à la neutralité carbone à l'horizon 2050. La Commission européenne, dans son règlement pour une industrie « zéro net » (Net-Zero Industry Act), les considère même comme un important levier de décarbonation et prévoit le développement, d'ici à 2030, d'une capacité annuelle d'injection d'au moins 50 millions de tonnes de CO₂ à l'échelle de l'Union européenne. Chaque pays a donc été invité à estimer ses capacités de stockage géologique sur son territoire...

Deux types de réservoirs géologiques

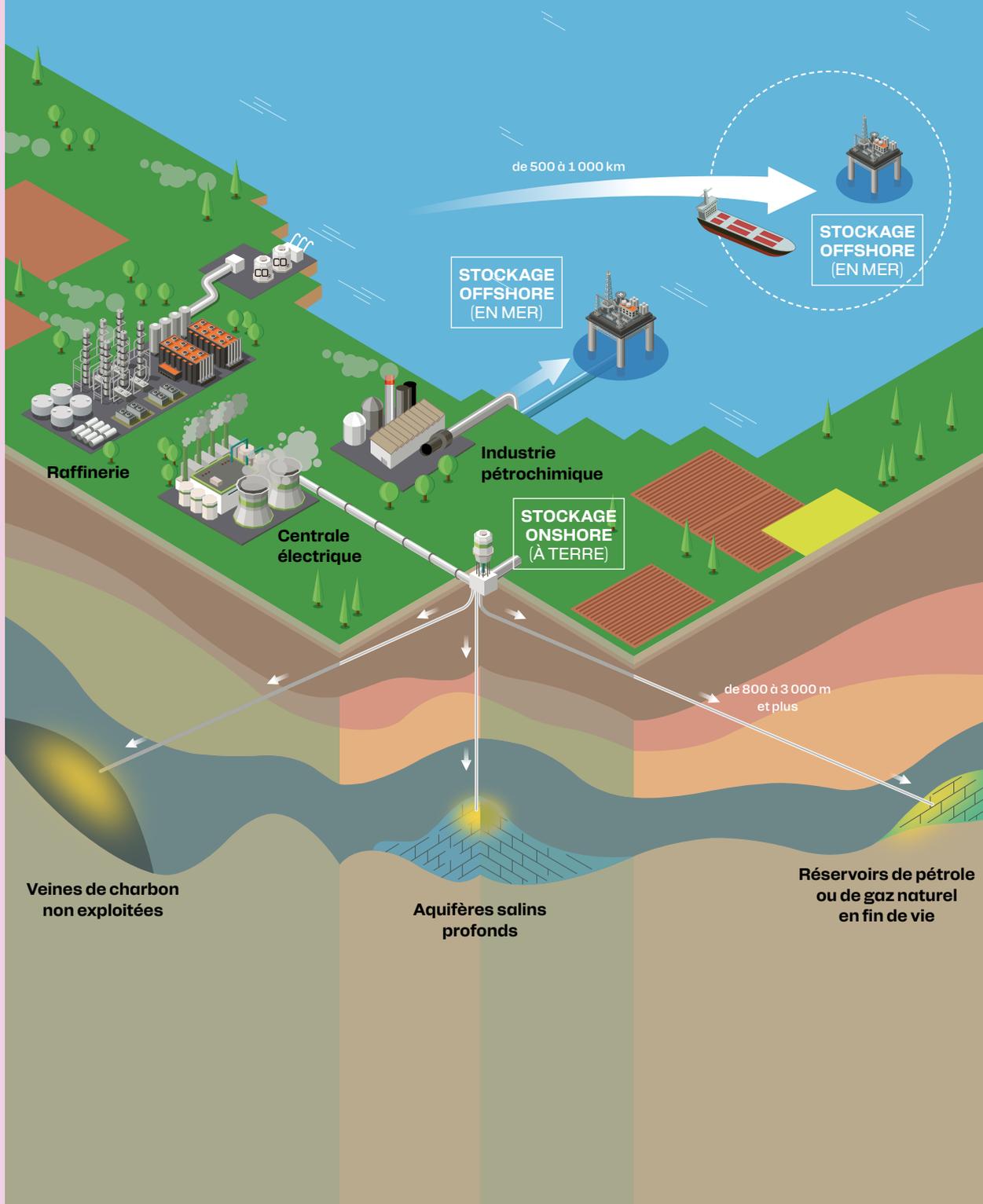
C'était l'objet de l'étude EVASTOCO₂ commanditée par la direction générale de l'Énergie et du Climat (DGEC) du ministère de la Transition écologique, cofinancée par l'Ademe et coordonnée par le BRGM. Autour de l'établissement, plusieurs acteurs spécialisés dans la connaissance et l'exploitation du sous-sol (Akkodis, Avenia, CVA, Geostock, IFPEN, Teréga, TotalEnergies, Université de Lorraine) ont contribué à la réalisation d'un

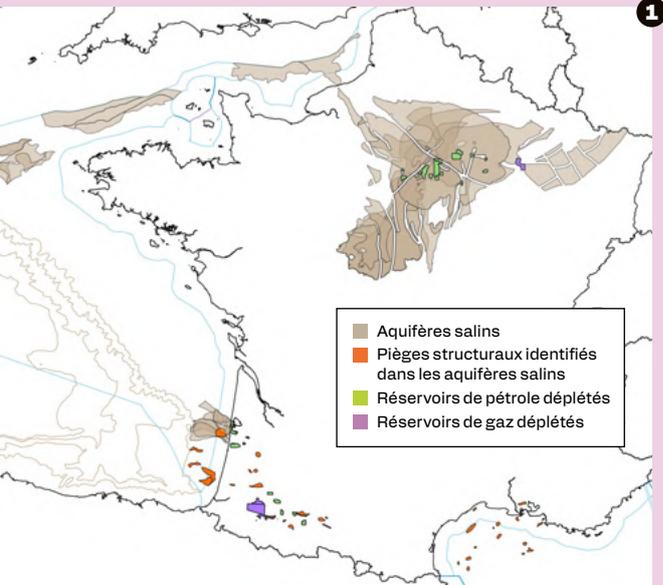
inventaire des capacités de stockage géologique de CO₂ en France métropolitaine, à terre et en mer. Car si des essais de capture et de séquestration du carbone y sont menés depuis une quinzaine d'années, cette technologie n'y est pas encore développée au niveau industriel, contrairement à d'autres pays. « *L'idée, actuellement, est de capturer le CO₂ en sortie de combustion pour le transporter vers des sites de stockage géologique principalement en Europe du Nord*, indique Thomas Le Guénan. *Or ce transport représente un coût important pour les émetteurs industriels.* » Développer l'injection localement s'inscrit donc dans une stratégie de souveraineté économique et d'autonomie de la filière au niveau national.

EVASTOCO₂ ciblait cinq zones dans les grands bassins sédimentaires de l'Hexagone que sont le Bassin parisien, le Bassin lorrain, le Bassin aquitain, le bassin du Sud-Est et le golfe du Lion ainsi que la façade Atlantique (Manche, golfe de Gascogne). Le stockage géologique de CO₂ s'effectue en effet dans des roches sédimentaires poreuses, situées à plus de 900 mètres de profondeur. Mais pour éviter toute remontée et tout échappement de gaz suite à l'injection, ces roches « réservoirs » doivent être surmontées d'une roche « couverture », une couche imperméable. « *Ces conditions sont naturellement présentes dans deux types de site : les anciens gisements d'hydrocarbures – les 'réservoirs déplétés' – et les aquifères salins*

Le CO₂ des émetteurs industriels est capté, comprimé puis transporté par pipeline ou bateau jusqu'au lieu de stockage géologique : aquifère salin profond, ancien gisement d'hydrocarbures ou encore veine de charbon non exploitée.

© AGENCE IDÉ





« Les résultats révèlent que la France métropolitaine dispose de ressources potentielles pour le stockage géologique de CO₂ à la fois importantes et bien réparties »

profonds, dont l'eau est impropre à la consommation, explique Thomas Le Guéan. Ces derniers présentent d'ailleurs un fort intérêt compte tenu de leur potentiel de stockage important et de leur bonne répartition géographique sur l'ensemble du territoire métropolitain. »

Vers des études ciblées localement

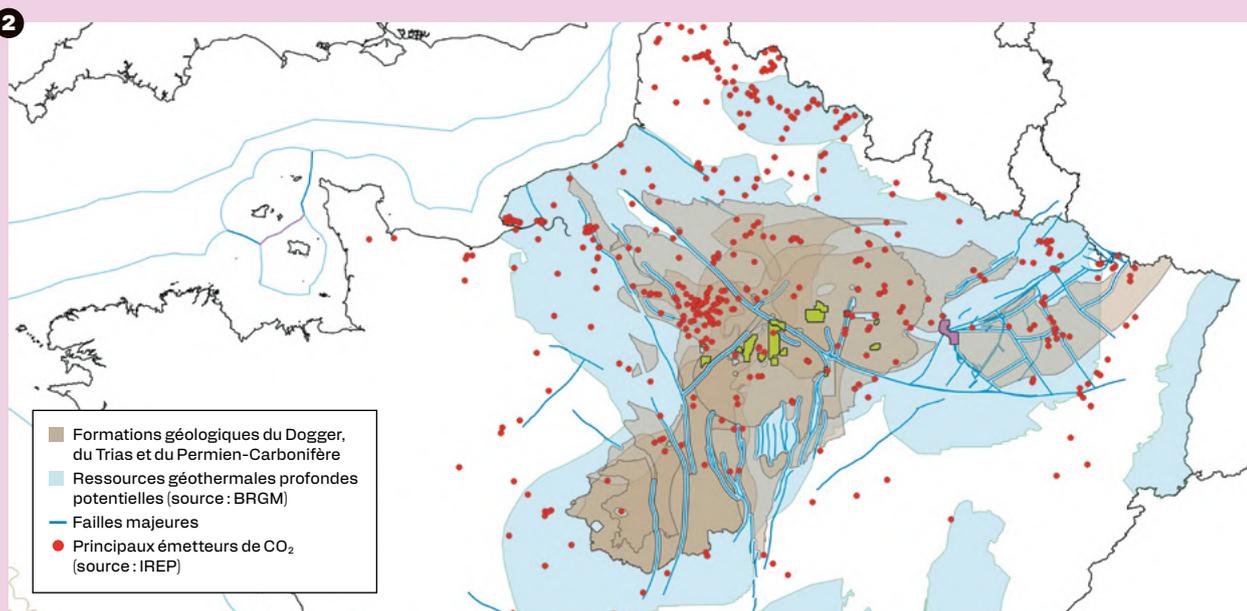
Le potentiel des réservoirs déplétés et des aquifères salins a été analysé « suivant une méthodologie que, face à la diversité des partenaires impliqués, nous avons veillé à unifier, pour l'identification et la caractérisation des ressources ainsi que pour le calcul de l'incertitude associée aux estimations », souligne André Burnol, qui a coordonné l'étude. « Les résultats révèlent que la France métropolitaine dispose d'un important potentiel de stockage géologique, estimé à 700 millions de

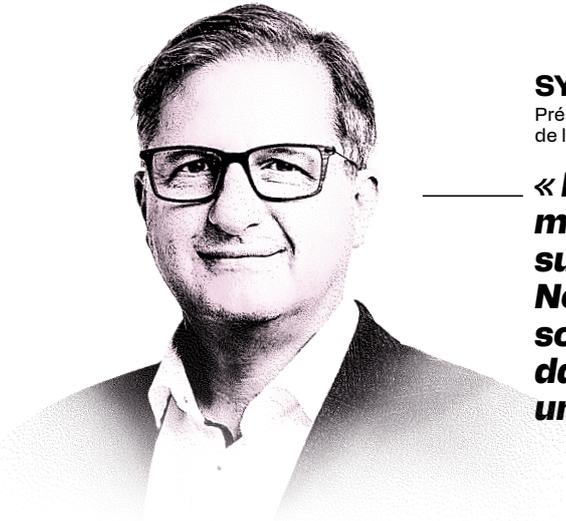
tonnes de CO₂ pour les réservoirs déplétés et 4 000 millions de tonnes pour les aquifères salins profonds, dont 2 300 millions de tonnes à terre et 1 700 millions de tonnes en mer », résume Aurélien Bordenave.

L'étude a livré un atlas national des capacités potentielles de stockage géologique du CO₂, à travers une cartographie détaillée des sites considérés, ainsi qu'un recensement des autres usages actuels ou futurs du sous-sol. « En tant que première estimation, EVASTOCO₂ constitue une avancée significative, fait valoir Thomas Le Guéan. Des études ciblées seront toutefois nécessaires pour affiner les capacités réelles de chaque réservoir et déterminer la faisabilité, aux plans technique, économique et sociétal, d'un projet de stockage géologique de CO₂ à une échelle plus locale. » ■

Image 1 — Les zones potentielles de stockage géologique de CO₂ étudiées dans EVASTOCO₂. Au total, 4 700 millions de tonnes de CO₂ pourraient être stockées dans le sous-sol métropolitain. © BRGM

Image 2 — Zoom sur les zones potentielles de stockage de CO₂ dans le Bassin parisien. © BRGM





SYLVAIN WASERMAN

Président-Directeur général
de l'Agence de la transition écologique (Ademe)

« **Nous avons des enjeux majeurs, en particulier sur la géothermie. Nos relations avec le BRGM sont historiques et prennent, dans ce contexte, une nouvelle dimension** »

Pourquoi avoir signé un accord-cadre avec le BRGM ?

SYLVAIN WASERMAN — En janvier 2024, l'Ademe a signé un accord-cadre de cinq ans avec le BRGM, qui renforce notre collaboration au service d'une gestion durable des ressources du sous-sol. Si nos relations sont historiques, elles prennent ainsi une nouvelle dimension. Nous avons, en effet, un enjeu absolument majeur sur la géothermie ! De toutes les technologies qui existent, notamment pour les réseaux de chaleur des bâtiments, une seule répond véritablement aux enjeux de la transition écologique, à savoir le besoin de chaleur en hiver (l'atténuation, avec moins d'impact carbone) et de rafraîchissement en été (l'adaptation, notamment aux pics de canicule) : la géothermie, de surface ou profonde. Ce partenariat arrive à un moment où, ensemble, nos compétences peuvent donner un coup d'accélérateur à la géothermie et à l'utilisation du sous-sol pour répondre aux enjeux de la transition écologique et renforcer la souveraineté énergétique de la France.

La géothermie se heurte pourtant à des freins...

S. W. — Malgré l'intérêt de cette solution, force est de constater qu'elle ne perce pas au niveau auquel on pourrait s'attendre légitimement. Concernant la géothermie

de surface, deux facteurs sont des freins actuellement : le coût du forage, jusqu'à 200 mètres, mais aussi les a priori des professionnels et des porteurs de projets liés à ces coûts. Nous avons besoin d'un choc de l'offre pour rendre la solution plus abordable. Par ailleurs, la méconnaissance de certaines zones du territoire limite le recours à la géothermie profonde en dehors des zones de développement historique. L'Ademe et le BRGM travaillent à l'amélioration des connaissances au travers de programmes communs, comme Geoscan, pour permettre ensuite un meilleur accompagnement des collectivités par nos directions régionales.

Quelle est la nature de votre collaboration avec le BRGM ?

S. W. — Elle porte aussi sur d'autres axes de travail : le stockage géologique de CO₂, sur lequel il faut être attentif et prudent ; et l'hydrogène « blanc », depuis sa recherche dans le sous-sol jusqu'à l'étude des possibilités d'exploitation, des technologies à déployer et des solutions de stockage souterrain. Sur toutes ces thématiques, nous avons besoin d'acteurs objectifs comme le BRGM pour proposer une lecture scientifique des choses afin que le politique puisse décider. Le travail avec le BRGM prend ainsi toute son importance : il est essentiel de croiser nos regards de scientifiques et d'experts venant d'horizons différents. Nous créons des passerelles et des synergies entre nos équipes, sans dupliquer les compétences...

Développer avec le numérique une géoscience ouverte, reproductible et prédictive

Le BRGM investit dans des technologies et des méthodes numériques performantes pour interpréter les données, structurer les informations et mettre à disposition les connaissances sur le sous-sol, pour toutes les applications des géosciences.

© BRGM



Face aux défis liés au sous-sol, il est essentiel d'accélérer la production de connaissances et de renforcer les prédictions, en améliorant la capacité à bancariser les données existantes et à développer des modèles numériques performants. Intégrer les nouvelles technologies et ressources digitales constitue un levier majeur pour réaliser ces gains scientifiques et transformer les géosciences. L'acquisition, l'hébergement et la mise à disposition de données géo-environnementales sont en outre fondamentales pour toutes les thématiques portées par le BRGM, et même au-delà. C'est pourquoi l'établissement met en œuvre une politique de science ouverte sur l'ensemble de son activité, afin de proposer une information fiable et pérenne sur le sous-sol, son état, ses propriétés et ses ressources.



BDSolU

BDSolU - Base de Données des analyses de Sols Urbains

GÉOTHERMIES

Découvrez les différentes Géothermies
Suivez les actualités et les revues de presse
Consultez l'espace cartographique

Science ouverte
Le BRGM développe et diffuse ses cartes géologiques numériques

eaufrance

Recherches, visualisations et export des données sur les eaux souterraines

- Recherches de données
- Visualiser les données
- Export des données

Rgf

Le Référentiel Géologique de la France une ambition fédératrice pour la communauté des géosciences

GÉORISQUES

Connaitre les risques près de chez moi

Veuillez renseigner votre adresse
Adresse exacte
Ou recherchez sur une carte...
Ou recherchez via une parcelle cadastrale...

Connaitre ses risques en tant que particulier

- M'informer sur un risque
- Me préparer, me protéger
- Être accompagné

minéralinfo

LE PORTAL FRANÇAIS DES RESSOURCES MINÉRALES NON ÉNERGÉTIQUES

Le portail français des ressources minérales

- LES RESSOURCES MINÉRALES EN FRANCE ET LEUR GESTION
- SÉCURITÉ DES APPROVISIONNEMENTS
- APPROVISIONNEMENT RESPONSABLE EN RESSOURCES MINÉRALES
- ÉCONOMIE CIRCULAIRE ET RECYCLAGE
- RECHERCHE INNOVATION ET FORMATION

BRGM-Inria

Le défi « Géologue augmenté »

Dans le cadre de leur partenariat scientifique, le BRGM et Inria collaborent depuis 2024 autour de la notion de « géologue augmenté ». L'objectif est double : développer des dispositifs numériques (outils de saisie, d'interrogation, de visualisation et de modélisation des données) directement accessibles sur le terrain et exploitables en temps réel ; et faciliter, par des solutions numériques comme l'intelligence artificielle, la préparation d'une campagne de terrain et la capitalisation des résultats au retour. Un « défi » commun aux deux établissements a ainsi été établi et sera lancé courant 2025.

Le partenariat avec Inria vise notamment à développer des solutions numériques propres à augmenter les capacités du géologue en intervention.

© BRGM



SAPHIR, le nouveau cluster de calcul du BRGM

Mis en service en 2024, le supercalculateur SAPHIR décuple (x 18) les capacités de calcul du BRGM. Il permet, grâce à son offre de services agile et pertinente, d'accéder facilement, via un portail web, à des ressources de calcul haute performance ainsi qu'à des applications préinstallées permettant de développer des modèles numériques de haute précision, de réaliser des simulations ou encore d'analyser et de visualiser leurs données. SAPHIR met également à disposition des cartes graphiques NVidia H100 pour répondre aux besoins croissants en intelligence artificielle, ainsi que 387 GB de stockage performant pour traiter efficacement des données volumineuses.

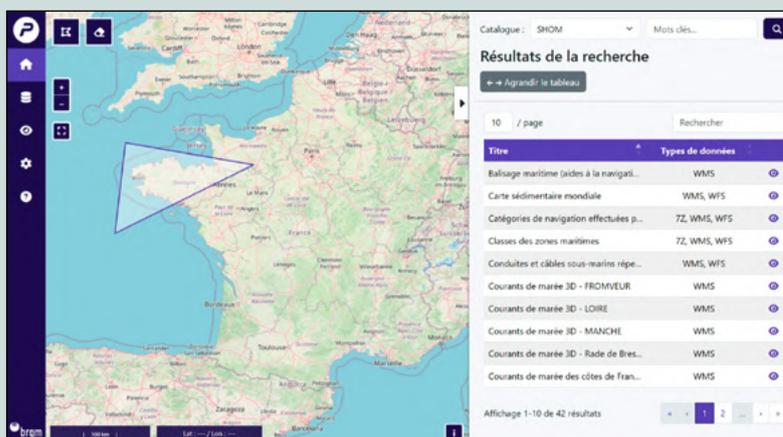


SAPHIR, le supercalculateur du BRGM, est hébergé dans son datacenter.

© BRGM - C. BOUCLEY

L'assimilation de données et la quantification de l'incertitude comme outils d'aide à la décision

Le BRGM a organisé, du 21 au 23 mai 2024 à Orléans, l'atelier international PAUQ (*Practical Data Assimilation and Uncertainty Quantification*) sur l'assimilation de données et la quantification des incertitudes. L'événement a réuni une quarantaine de spécialistes européens, académiques et industriels, dans des domaines variés (géothermie, ingénierie de réservoir, géophysique, hydrogéologie, etc.). Les échanges ont permis, notamment, de définir les plans d'action à engager pour disposer à moyen ou long terme d'outils d'assimilation de données et de quantification des incertitudes aidant à la prise de décision opérationnelle et favorisant une utilisation rationnelle du sous-sol.



Prototype du module d'accès aux données de la plateforme numérique intégrative (PNI) du BRGM.

© BRGM

UNE PLATEFORME NUMÉRIQUE INTÉGRATIVE EN APPUI À LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE

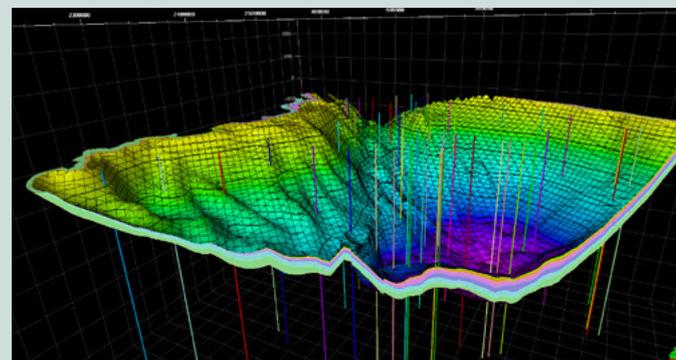
Le BRGM développe sa plateforme numérique intégrative (PNI). L'objectif est d'accompagner la transformation numérique des pratiques scientifiques au sein de l'établissement, par la mise à disposition d'un environnement numérique de travail partagé et adapté. Deux besoins métier ont fait l'objet d'une démonstration sur un prototype de PNI : la création de modèles géologiques en 3D et la production de cartes piézométriques. La plateforme numérique intégrative sera mise en service progressivement à partir de 2025.

Une approche innovante de la modélisation

Très puissants, les outils de modélisation des structures géologiques présentent toutefois une limite : ils ne prennent pas en compte la façon dont les experts interprètent les données. En effet, les géologues modélisateurs utilisent souvent leur savoir et leur expérience de manière implicite. Dans sa thèse soutenue en 2024 et réalisée en collaboration avec le BRGM et l'ISTO, Imadeddine Laouici propose une nouvelle manière d'aborder la modélisation. Son travail, qui met l'accent sur l'interprétation des données, cherche à rendre les connaissances des experts plus visibles et mieux intégrées dans les outils.

Modèle géométrique en 3D du Dogger du bassin de Paris.

© BRGM



PEPR : des plateformes numériques au service de la connaissance

Projet du programme national de recherche (PEPR) « Sous-sol, bien commun » copiloté par le BRGM et le CNRS, Digital Earth vise à fournir les outils nécessaires à une géologie pleinement numérique. Il s'agit de faire émerger un véritable jumeau numérique du sous-sol, au service d'une géologie prédictive, ouverte et collaborative. Multipartenaire, Digital Earth a déjà avancé sur plusieurs fronts structurants : lancement de CURSUS pour le référencement des processus métiers, première orchestration de la modélisation 3D, structuration de l'accès aux données géologiques...

Projet du PEPR « Eau, bien commun » copiloté par le BRGM, le CNRS et Inrae, OneWater Data vise à mettre en place un écosystème de pratiques basées sur les standards internationaux de l'interopérabilité. Celui-ci alimentera une plateforme numérique favorisant le partage, l'accès et la réutilisation des données sur l'eau produites par les projets du PEPR, le monde scientifique et opérationnel. En complément, un comité d'utilisateurs est chargé d'identifier les besoins de la communauté française de l'eau, dans le but d'y apporter une réponse respectant les principes « FAIR » (données faciles à trouver, accessibles, interopérables et réutilisables).

Résultat remarquable

La montée en puissance de l'IA dans les géosciences

Les algorithmes d'IA sont de plus en plus utilisés dans la production scientifique du BRGM. Cette technologie, en développement permanent, permet d'accélérer certaines tâches, notamment les simulations complexes, et d'améliorer les prévisions, avec toutefois des incertitudes à considérer.



MICHAËL CHELLE
Directeur de la Stratégie numérique et du programme scientifique Géonum



NICOLAS GILARDI
Responsable de l'unité Géomodélisation et Science des données



CÉCILE GRACIANNE
Chercheuse en science des données, responsable du sous-programme IA de Géonum



JÉRÉMY ROHMER
Ingénieur chercheur en analyse de données

« Nous utilisons l'intelligence artificielle depuis longtemps, par exemple dans le traitement du signal pour l'évaluation de l'aléa sismique, rappelle Nicolas Gilardi. Ce qui a changé, c'est que nous avons accès aujourd'hui à de nouveaux algorithmes aux performances exceptionnelles ! » Et cela élargit considérablement le champ des possibles... Le BRGM s'appuie par exemple sur les avancées de l'IA en traitement de l'image pour le projet régional CERES, qui vise à cartographier et caractériser, à partir de vues satellitaires, des éléments exposés du Centre-Val de Loire. L'intelligence artificielle facilite également le traitement du langage naturel, comme l'illustre le projet RéSoCIO (ANR) qui cherche à automatiser l'exploitation des données textuelles du réseau social X (ex-Twitter) lors d'une catastrophe naturelle à cinétique rapide, comme les crues éclair et les séismes. L'objectif est d'apporter au plus vite des informations pertinentes et consolidées aux services chargés de gérer la crise.

Cet exemple met en évidence les premiers bénéfices de l'intelligence artificielle : le gain de temps et sa capacité à traiter de gros volumes de données. « Cet outil peut aider les chercheurs dans leur veille sur les nouvelles connaissances produites, ainsi que pour la complétion des bases de données qui servent de support à leurs travaux », indique Cécile Gracianne. L'IA contribue alors à enrichir la connaissance. Grâce également à l'automatisation d'opérations réalisées jusque-là manuellement, comme le pré-traitement des données géophysiques collectées

par levés aéroportés ou de terrain, les experts peuvent se concentrer sur les tâches à forte valeur ajoutée. L'intelligence artificielle rend même certaines opérations envisageables, comme la compilation des données sur les forages que recèle la Banque du sous-sol (BSS) : « L'IA pourrait extraire les informations les plus utiles des centaines de milliers de fiches de la BSS, en traitant peut-être jusqu'à 80 % de ces documents, avec une rapidité d'autant plus grande que nous pourrions lancer simultanément plusieurs requêtes », espère Nicolas Gilardi.

Dépasser les limites

Les chercheurs s'appuient ainsi de plus en plus sur l'IA pour dépasser les limites auxquelles ils se heurtent : le temps de traitement donc, mais aussi la complexité des phénomènes en jeu. C'est le cas par exemple dans le projet régional Junon, qui consiste à créer un jumeau numérique de la plaine de Beauce afin notamment de prévoir l'état futur de la nappe souterraine. Ici, l'intelligence artificielle est utilisée pour prédire des séries temporelles, c'est-à-dire pour estimer l'évolution de variables au cours du temps, en l'occurrence les niveaux piézométriques de la nappe sur une période donnée. Or ces niveaux sont régis par des processus complexes difficiles à modéliser classiquement : la pluie, l'ensoleillement, la géologie, les plantes, etc. L'IA permet de construire automatiquement et rapidement des liens entre les variations des différentes données observées.

Le BRGM accorde une place de plus en plus importante aux approches d'intelligence artificielle et de jumeau numérique, qui transforment les pratiques géoscientifiques.

©BRGM

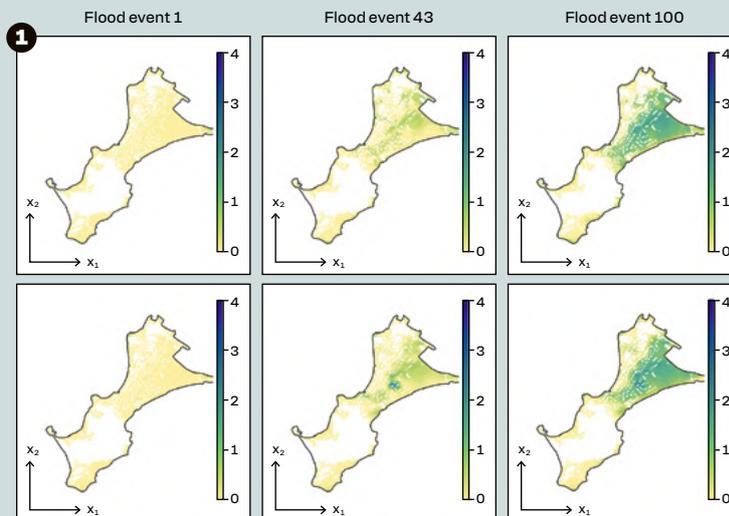


« Le modèle IA de machine learning recourt à la statistique pour établir des corrélations, tandis que le modèle numérique résout les équations physiques décrivant le phénomène »

Comment ? « Le modèle IA de machine learning recourt à la statistique pour établir des corrélations, tandis que le modèle numérique résout les équations physiques décrivant le phénomène : ce sont deux approches différentes, qui peuvent se nourrir mutuellement », explique Jérémie Rohmer. Lequel cite l'exemple des projets SIRENES dans les Hauts-de-France et ORACLES en Nouvelle-Aquitaine, sur l'anticipation et la gestion du risque de submersion marine. Dans ce dernier, l'IA se fonde sur des données issues de simulations numériques pour produire beaucoup plus vite qu'un modèle numérique des cartes d'inondation dans le bassin d'Arcachon.

Comprendre l'IA

L'IA facilite enfin l'interpolation spatiale entre des données, pour fournir des informations sur toute une surface. Là encore de façon très rapide... mais pas sans incertitude. C'est sur cette



question que porte le projet HOUSES (ANR), à partir de l'étude de différents cas : la cartographie de la concentration d'hydrocarbures dans le sol de la ville de Toulouse, la contamination des eaux souterraines par des éléments traces dans le Bassin parisien, l'érosion des dunes en milieu côtier et le suivi de données géophysiques. « Nous effectuons une analyse critique de la chaîne de traitement des données, incluant l'interpolation effectuée par l'IA, afin d'évaluer l'incertitude des prévisions et de leur attribuer une note de confiance », avance Jérémie Rohmer.

Comme AIDA (ANR) qui vise à développer le concept d'« explicabilité actionnable » des modèles d'apprentissage, de plus en plus de projets cherchent à comprendre comment l'intelligence artificielle établit ses corrélations. Un sujet d'autant plus sensible que le BRGM est amené, dans ses missions d'appui aux politiques publiques, à formuler des recommandations qui peuvent avoir un impact sociétal. « Il est essentiel de savoir comment l'IA est parvenue à ses prévisions pour renforcer la validité de nos résultats et l'acceptabilité des solutions proposées », souligne Michaël Chelle. « La nature des données géoscientifiques – hétérogènes, issues de modèles différents, souvent limitées dans l'espace et/ou dans le temps, et à la valeur incertaine car portant sur le sous-sol, par essence inaccessible – entrave la performance de l'IA », reconnaît Cécile Gracianne. Pour autant, « cette technologie complémentaire fait déjà évoluer notre approche et nos pratiques scientifiques », observe Michaël Chelle. ■

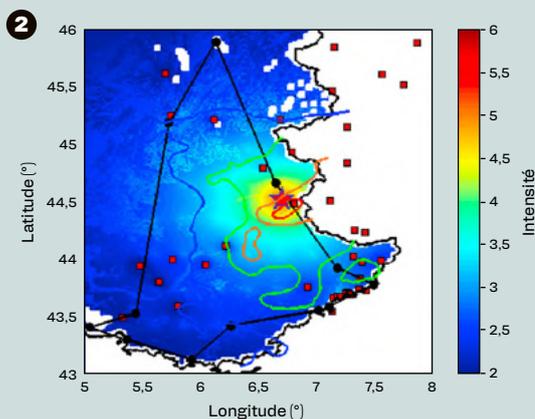


Image 1 — Comparaison des cartes prédictives d'inondation simulées numériquement (haut), pour trois événements, avec les résultats issus de modèles de machine learning (bas), sur le site de Gaves en Bretagne (projet ANR RISCOPE). © BRGM

Image 2 — L'apport complémentaire des données issues des réseaux sociaux et des mesures instrumentales permet de produire une cartographie plus précise du séisme : délimitée en noir, la zone où il a été ressenti, d'après les témoignages recueillis sur Twitter ; en rouge, orange, vert et bleu, les zones d'intensité sismique établies par un modèle physique de propagation. © BRGM



ROMAIN MILLOT

Directeur scientifique de Lithium de France

« **Les données, les services numériques et les capacités de géomodélisation du BRGM sont essentiels pour des projets innovants comme le lithium géothermal** »

Qu'est-ce que le lithium géothermal par rapport aux autres procédés d'extraction ?

ROMAIN MILLOT — C'est un moyen très novateur sur lequel Lithium de France, filiale d'Arverne Group, entreprise à mission, est en position de pionnier. À côté de l'extraction minière classique, sous la forme de roche, et des salines que l'on trouve en Amérique du Sud, où le lithium précipite, le lithium géothermal couple la géothermie profonde, qui alimente les réseaux de chaleur, et l'extraction de lithium de l'eau géothermale. Ce procédé a le mérite d'avoir un impact moindre et de répondre à la demande de relocalisation de la filière lithium pour les batteries (mobilité électrique). C'est un outil de décarbonation et de souveraineté.

Pourquoi avoir noué un partenariat avec le BRGM ?

R. M. — Le principe est le suivant : l'eau géothermale profonde (20 bars à 2,5 km de profondeur), très chaude (180 °C) et très salée, « lessive » des roches riches en lithium et met celui-ci en solution. Nous le récupérons en surface dans l'eau géothermale, dont les calories sont récupérées en parallèle pour alimenter des réseaux de chaleur. Dans ce contexte, il s'agit pour nous de mieux comprendre la ressource en lithium du

sous-sol alsacien – l'un des sites possibles en Europe pour la mise en œuvre de ce procédé – grâce à l'acquisition de données expérimentales pour alimenter des codes numériques de modélisation géochimique. Le BRGM a commencé à travailler sur ce sujet dans les années 2010. Nous nous sommes donc tout naturellement rapprochés, en signant le 3 juillet 2024 un partenariat à la fois scientifique et de recherche appliquée concernant le Fossé rhénan, un système géologique situé en Alsace du Nord. Concrètement, nous exploitons des données du sous-sol mises à disposition par le BRGM, mais nous menons aussi des campagnes communes d'acquisition de nouvelles données. Et, surtout, nous modélisons le cycle d'enrichissement naturel du lithium dans les réservoirs géologiques : les simulations en 3D réalisées avec les outils numériques de premier plan du BRGM nous permettent d'optimiser l'exploration et de mieux évaluer la ressource.

Avez-vous déjà de premiers résultats ?

R. M. — Les données, les services numériques et les capacités de géomodélisation du BRGM sont essentiels pour des projets innovants comme le lithium géothermal. Nous affinons petit à petit, avec ces travaux, notre vision de la circulation en profondeur dans ce que nous appelons des « boucles », à la fois de flux de chaleur et de régénération de la ressource en lithium. Nous sommes très optimistes sur la production future de lithium géothermal.

Ressources humaines

Mieux gérer les compétences d'aujourd'hui pour anticiper les besoins de demain

Le BRGM poursuit la dématérialisation et l'optimisation de ses process RH à travers le développement de BRGM Carrières. Un nouveau module a été incrémenté dans ce portail en ligne, pour faciliter et améliorer la gestion des compétences. Au service notamment des responsables d'unité et des chefs de projet, il doit contribuer à fluidifier le fonctionnement de l'établissement et à anticiper les emplois de demain.

MARIE BELOSSAT
Directrice des Ressources humaines

ANNE GAUTHIER
Directrice adjointe des Ressources humaines

Depuis 2024, les entretiens annuels se font... en ligne, sur le nouveau portail BRGM Carrières, dans un espace dédié. Plusieurs onglets permettent de suivre la progression des objectifs fixés, de formaliser les souhaits de mobilité et – nouveauté pour la campagne 2025 – de renseigner les compétences du salarié. Des compétences professionnelles mais aussi extra-professionnelles et mobilisables au BRGM (maîtrise d'une langue étrangère, aptitude à piloter des drones, pratique de l'escalade, de la spéléologie...), que chacun peut également déclarer à tout moment dans son espace personnel, en précisant le niveau de maîtrise estimé.

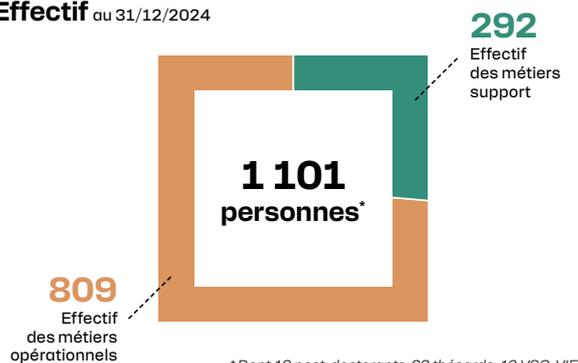
« Cette démarche, explique Anne Gauthier, permet de constituer une base de données au niveau de l'établissement, dans laquelle des requêtes pourront être effectuées, en combinant même plusieurs critères, afin d'identifier les salariés disposant des compétences recherchées. » Celles des métiers scientifiques peuvent d'ores et déjà être renseignées – celles des fonctions support le seront courant 2025. La liste a été établie sur la base du référentiel ERC (European Research Council) dans le cadre de la labellisation HRS4R (Human Resources Strategy for Researchers) de l'établissement.

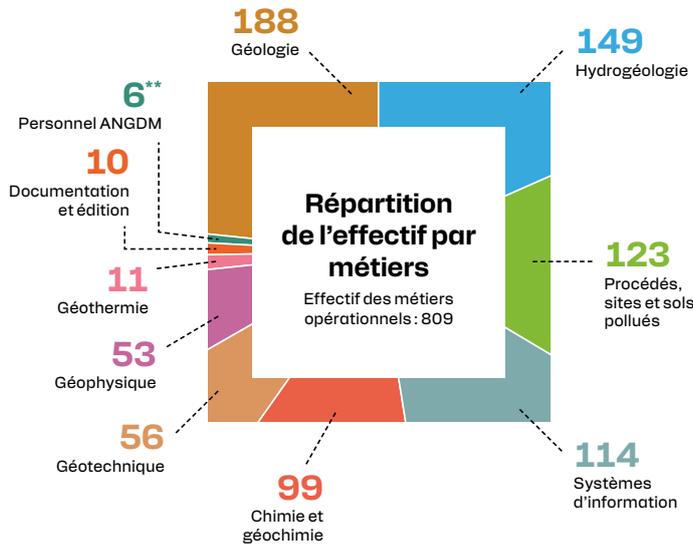
Une vision globale et actualisée

Les premiers utilisateurs visés sont les chefs de projet chargés de mobiliser une équipe. « Ce module, en offrant une vision globale et actualisée à l'échelle de l'établissement, permet d'élargir la recherche de profils et d'identifier des personnes jusque-là peu ou pas sollicitées pour des compétences qu'elles détiennent pourtant, dans le but de leur proposer des missions correspondantes, souligne Anne Gauthier. Ceci devrait contribuer, dans un contexte de croissance de notre activité, à mieux répartir les charges de travail. » Autre avantage : ce panorama des compétences disponibles mettra en lumière, en creux, celles qui manquent ou se raréfient, facilitant ainsi la gestion et surtout l'anticipation des emplois, au service de la stratégie de l'établissement.

BRGM Carrières optimise enfin la gestion des parcours professionnels grâce à un accès simplifié aux souhaits de mobilité des salariés ainsi qu'à leurs demandes de formation, pour lesquelles un module est en cours de développement. Un autre, dédié au comité des carrières, sera également ajouté.

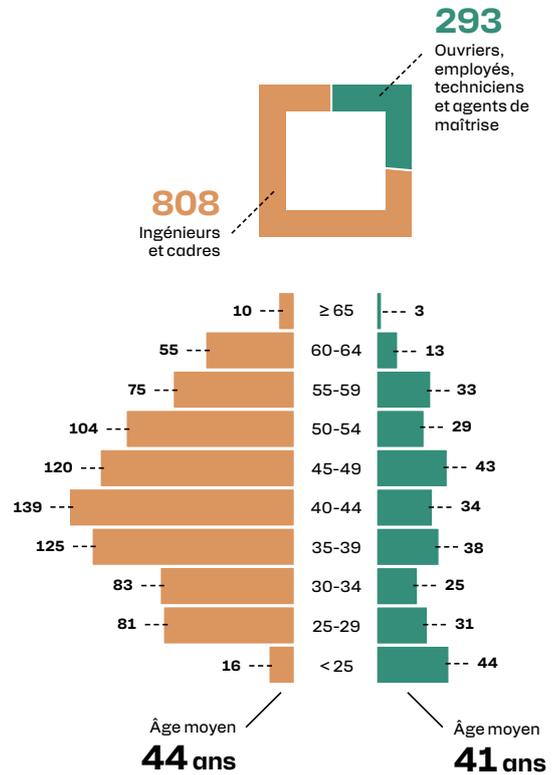
Effectif au 31/12/2024





** Effectif mis à la disposition du BRGM par l'Agence nationale pour la garantie des droits des mineurs (ANGDM) pour l'activité après-mine

Pyramide des âges par classification au 31/12/2024



« **BRGM Carrières est un outil intégré qui a vocation à faire gagner en fluidité, en fiabilité et en traçabilité tous nos process RH, pour une gestion plus transparente et plus efficace, au bénéfice de l'établissement et de ses salariés** »

« Cet outil intégré a vocation à faire gagner en fluidité, en fiabilité et en traçabilité tous nos process RH, pour une gestion plus transparente et plus efficace, au bénéfice de l'établissement et de ses salariés », résume Marie Belossat.

Une qualité de vie appréciée

Cette évolution est de nature à renforcer encore la satisfaction que les collaborateurs éprouvent vis-à-vis de l'établissement. L'édition 2024 du baromètre social fait en effet ressortir — malgré un mouvement social tout au long de l'année, apaisé depuis par une revalorisation salariale rendue possible par la mobilisation de la présidente-directrice générale — des résultats très positifs quant à la qualité de vie et des conditions de travail (QVCT) au BRGM. Les salariés apprécient notamment

77 %

des salariés sont globalement satisfaits de travailler au BRGM (+ 2 points par rapport à 2022)

63 %

des salariés se sentent bien au BRGM (+ 6 points par rapport à 2022)

Source : Baromètre social 2024

l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée (pour 87 % des répondants), l'environnement de travail (76 %) et le vivre-ensemble au travail, même à distance (76 %).

Cette QVCT devrait encore s'améliorer grâce à l'accord négocié avec les instances représentatives du personnel en 2024 et signé début 2025. Il instaure de nouvelles mesures liées à la parentalité, comme l'aménagement des conditions de télétravail pour les jeunes parents, ainsi qu'à la citoyenneté, dont l'élargissement à tout le territoire national des avantages accordés jusque-là aux seuls sapeurs-pompiers volontaires du Loiret (8 jours d'absence rémunérés). ■

Développement durable

Des ambitions affirmées pour 2030

Le BRGM a vu dans la demande du ministère chargé de l'Enseignement supérieur et de la Recherche d'élaborer un schéma directeur Développement durable et Responsabilité sociétale et environnementale (DD & RSE) l'opportunité de structurer et d'amplifier son action en la matière.

PHILIPPE SABOURAULT
Responsable RSE

HERVÉ RIOLLAND
Responsable du service
Audit-Risques-Qualité

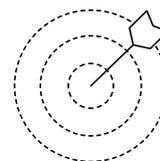
Porter une vision, donner du sens, forger une identité : c'est ainsi que le schéma directeur DD & RSE du BRGM formule sa réponse aux enjeux majeurs que sont la transition écologique et une société équitable. Couvrant la période 2025-2030, ce document dessine un projet global et fédérateur, qui embrasse la totalité des activités de l'établissement – recherche, appui aux politiques publiques, recherche partenariale, expertise, gestion de l'après-mine, activités support – et mobilise l'ensemble de ses collaborateurs.

Des engagements certifiés

L'année 2024 a vu le renouvellement, pour trois ans, des certifications ISO 9001 et ISO 14001 (celle-ci valable uniquement pour le site d'Orléans) du BRGM. Lesquelles visent à garantir le maintien de la qualité des services de l'établissement et la réduction des impacts environnementaux de ses activités. L'audit conduit par l'Afnor a révélé 12 points forts mais aussi 12 pistes de progrès, 3 points sensibles et 2 non-conformités mineures, qui ont donné lieu à un plan d'action. La maîtrise des risques s'opère également à partir des projets. En 2024, 91 % de ceux à forts enjeux (budget supérieur à 250 000 euros) ont fait l'objet d'une analyse amont sur ce sujet. La synthèse trimestrielle de ces études aide à définir les mesures à prendre pour prévenir les principaux risques identifiés. En aval, 181 bilans de projet ont été établis en 2024. Ces retours d'expérience alimentent la démarche d'amélioration continue de l'établissement.

12 cibles

à fin 2030*



+ 30 %

de projets scientifiques relatifs à l'atténuation et l'adaptation au changement climatique et à la préservation de la biodiversité

de documents scientifiques mis à la disposition du public

d'interventions publiques (TV, presse, radio, conférences)

- 18 %

d'eau consommée

+ 12 000 m²

de surfaces propices à la biodiversité

+ 6 000 m²

de surfaces de locaux aménagés pour améliorer leur accessibilité, la qualité de vie et les conditions de travail (QVCT)

- 30 %

d'empreinte carbone

- 6

points de taux d'énergies fossiles dans le mix énergétique

+ 6

plans systémiques d'adaptation des sites au changement climatique

points de taux d'empreinte diversité et inclusion

points de taux de satisfaction sur les 3 indicateurs clés relatifs à la QVCT (baromètre social)

points de taux de satisfaction globale de travailler au BRGM (baromètre social)

* Parrapport à 2024

Pour ses nouveaux laboratoires à Orléans, le BRGM a choisi la géothermie pour le chauffage et le refroidissement, avec un forage réalisé à proximité du bâtiment.
© BRGM



« **La mise en œuvre du schéma directeur DD & RSE implique un profond changement de pratiques** »

La RSE en actions

Parallèlement à l'élaboration de son schéma directeur DD & RSE, l'établissement a poursuivi ses actions dans le cadre de sa responsabilité sociétale et environnementale. Il a, par exemple, lancé aux collaborateurs un défi qui a permis de collecter plus de 680 kg de textiles usagés et leur a fait bénéficier de dons de meubles et de publications par centaines. Le BRGM a également continué de moderniser son parc immobilier (2 bâtiments) et accentué sa démarche de réduction de son empreinte carbone. Calculées en 2024, les émissions générées par son activité en 2023, rapportées au nombre d'équivalents temps plein travaillé (ETPT), s'élèvent à 14,82 tCO₂e/ETPT, contre 15,04 tCO₂e/ETPT en 2022. Si la part liée aux déplacements domicile-travail, grâce à la pleine application de l'accord sur le télétravail et au recours croissant aux mobilités douces, a nettement diminué, ainsi que la consommation d'électricité, les émissions dues aux déplacements professionnels ont augmenté, tout comme la consommation d'énergie pour le chauffage du site d'Orléans. Enfin, le pilotage de la délégation RSE a été redynamisé et un club des ambassadeurs RSE a été créé suite à un appel à volontaires. Travaillant en équipe interdisciplinaire, ces salariés sont chargés de concevoir et mettre en œuvre des actions concourant à renforcer la culture RSE en interne.

Élaboré en 2024, ce schéma directeur s'appuie, d'une part, sur les actions DD & RSE contenues dans les différents plans sectoriels¹ mis en œuvre et, d'autre part, sur les échanges menés avec les parties prenantes, en particulier le comité social et économique, le comité de direction et le club des ambassadeurs RSE (lire encadré ci-contre). Aligné sur les objectifs stratégiques – scientifiques, climatiques, territoriaux, numériques – et de développement de l'établissement ainsi que sur sa nouvelle organisation interne (lire en pages 12-13), il s'articule autour de deux piliers sociétaux : climat, biodiversité, ressources et progrès social. Trois grands leviers favorisent en outre une action transversale et cohérente : une gouvernance ancrée dans la RSE, la déclinaison territoriale des activités et la transition numérique.

Cinq grands engagements

« *Le cap à suivre d'ici à 2030, indique Philippe Sabourault, est balisé par cinq grands engagements : accélérer la transition écologique de la société par notre recherche, notre innovation et notre expertise ; renforcer le dialogue entre la science et la société sur la place du sous-sol dans la transition écologique ; réduire l'impact environnemental de nos activités et nous adapter ; promouvoir l'égalité, la diversité et l'inclusion ;*

affirmer une politique sociale porteuse de sens, favorisant la qualité de vie et les conditions de travail. » Ces engagements se traduisent par 12 objectifs à l'horizon 2030 (lire en page 70), à atteindre au moyen d'actions définies de façon collective et participative, avec un suivi annuel. « *Ce schéma directeur constitue un ambitieux projet de transformation de l'établissement, dont chaque collaborateur est acteur, quel que soit son métier, souligne Philippe Sabourault. Sa mise en œuvre implique un profond changement de pratiques, dans une démarche d'amélioration continue et de long terme.* » ■

[1] Contrat d'objectifs, de moyens et de performance 2023-2027, certification ISO 14001 pour le management environnemental, plan de sobriété énergétique, plan de transformation écologique de l'État pour des services publics écoresponsables, labellisation européenne HRS4R pour la recherche, politique de science ouverte, charte d'ouverture à la société civile...

Comité de direction



Catherine Lagneau
Présidente-Directrice générale



Christophe Poinssot
Directeur général délégué

Directions de programme

CONNAÎTRE ET MODÉLISER
LA GÉOLOGIE DES TERRITOIRES

---- *Directeur/directrice de programme
en cours de recrutement*



TRANSFORMER
LES GÉOSCIENCES
PAR LE NUMÉRIQUE

---- **Michaël Chelle**
Directeur de programme



PERMETTRE UN
APPROVISIONNEMENT
RESPONSABLE
EN RESSOURCES
MINÉRALES

---- **Johann Tuduri**
Directeur de programme



MAÎTRISER
LES RISQUES DU SOL
ET DU SOUS-SOL

---- **Olivier Cerdan**
Directeur de programme



UTILISER
LE SOUS-SOL POUR
LA TRANSITION
ÉNERGÉTIQUE ET
LA DÉCARBONATION

---- **Francis Claret**
Directeur de programme



PRÉSERVER
LA RESSOURCE
EN EAU SOUTERRAINE

---- **Alain Dupuy**
Directeur de programme



Jean-Marc Trouillard
Directeur de cabinet

Philippe Freyssinet
Directeur scientifique

Marie Belossat
Directrice des
Ressources humaines

Catherine Bonin
Directrice de l'Innovation,
du Commercial et de
l'International



Stéphane Roy
Directeur de l'Appui
aux projets, de la Production
et de la Performance

Caroline Ricordel
Directrice de la Connaissance
et de la Géomodélisation
du sous-sol

Ariane Blum
Directrice de l'Eau

Frédéric Glanois
Directeur de l'Énergie et
de la Décarbonation
Délégué à la Stratégie
climatique



Claudie Carnec
Directrice des Risques

Patrick d'Hugues
Directeur des
Ressources minérales

Jean-Louis Nedellec
Directeur de la Prévention
et de la Sécurité minière

Francis Garrido
Directeur des
Actions territoriales

Natacha Girold
Directrice financière



Sandrine Lemal
Directrice des Services
techniques et administratifs

Olivier Pouvesle
Directeur du Numérique

Jean-Marc Mompelat
Directeur de la Stratégie
territoriale et du Service public

Michaël Chelle
Directeur de la
Stratégie numérique

Conseil d'administration et comités

Conseil d'administration

Février 2025

Présidente du conseil d'administration

Catherine Lagneau

Commissaire du Gouvernement

Florence Riou

EN QUALITÉ DE REPRÉSENTANTS DU MINISTRE CHARGÉ :

---- DE LA RECHERCHE

Fatima Laggoun, Directrice de recherche au CNRS, Chargée de mission « Surfaces et Interfaces continentales », Direction générale de la Recherche et de l'Innovation

Suppléante : Muriel Thibaut, Chargée de mission « Nouvelles Technologies pour l'énergie », Direction générale de la Recherche et de l'Innovation (Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche)

---- DE L'ENVIRONNEMENT

Anne-Cécile Rigail, Cheffe du service des Risques technologiques, Direction générale de la Prévention des risques

Suppléant : Jean-Luc Perrin, Sous-directeur des Risques chroniques et du Pilotage, Direction générale de la Prévention des risques (Ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche)

---- DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

Tristan Dufes, Sous-directeur des Secteurs stratégiques, Direction de la Diplomatie économique

Suppléante : Élodie Laugier, Adjointe au sous-directeur, Sous-direction des Secteurs stratégiques, Direction de la Diplomatie économique (Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères)

---- DE LA COOPÉRATION

Valérie Brisset, Directrice adjointe, Direction de la Diplomatie culturelle, éducative, universitaire et scientifique

Suppléant : Sébastien Lafragette, Chef du pôle Pilotage des opérateurs et Stratégies sectorielles, Direction de la Diplomatie culturelle, éducative, universitaire et scientifique (Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères)

---- DE L'ÉCONOMIE

Bernard Doroszczuk, Ingénieur général des Mines, Membre associé du Conseil général de l'Économie

Suppléante : Hélène Le Du, Ingénieure générale des Mines, Conseil général de l'Économie (Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique)

---- DU BUDGET

Yoann Geneslay, Adjoint à la sous-directrice de la 3^e sous-direction, Direction du Budget, chargé de l'Industrie et de l'Énergie – Comptes publics

Suppléant : Simon Pineau, Chef du bureau de l'Énergie, des Participations, de l'Industrie et de l'Innovation, Direction du Budget, chargé de l'Industrie et de l'Énergie (Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique)

---- DES MINES

Isabelle Kamil, Sous-directrice de la Protection et de la Gestion de l'eau, des Ressources minérales et des Écosystèmes aquatiques, Direction de l'Eau et de la Biodiversité, Direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature
Suppléant : Jean-François Gaillaud, Chef de bureau, Sous-direction de la Protection et de la Gestion de l'eau, des Ressources minérales et des Écosystèmes aquatiques, Direction de l'Eau et de la Biodiversité, Direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (Ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche)

EN QUALITÉ DE PERSONNALITÉS CHOISIES EN RAISON DE LEURS COMPÉTENCES :

Catherine Lagneau, Présidente-Directrice générale du BRGM

Anne Besnier, Vice-présidente de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation au Conseil régional du Centre-Val de Loire, Membre du Comité européen des régions

Nicolas Arnaud, Directeur de l'Institut national des sciences de l'Univers, Directeur scientifique référent pour les sites de Lille, PSL et Paris Est

Serge Catoire, Directeur Industrie de l'UIMM, Ingénieur général des Mines honoraire

Marc Chaussidon, Directeur de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP)

EN QUALITÉ DE REPRÉSENTANTS DU PERSONNEL DU BRGM :

Nicolas Frissant (CFDT)

Valérie Guérin (CFDT)

Simon Lopez (CGT)

Élodie Giuglaris (CGT)

Lydie Jeux (CFE/CGC)

Pierre Vassal (CFE/CGC)

MISSION DE CONTROLE ÉCONOMIQUE ET FINANCIER :

Bruno Rossi, Jean-Pascal Codine

Comité scientifique

Février 2025

Président

Vincent Lagneau, Professeur, Directeur du Centre des géosciences de l'École des Mines (Paris, France)

Philippe Agard, Professeur à Sorbonne Université (Paris, France)

Xavier Arnault de Sartre, Directeur de recherche au CNRS, Université de Pau et des Pays de l'Adour (Pau, France)

Hélène Barucq, Directrice de recherche à l'INRIA (France)

Hélène Budzinski, Directrice de recherche au CNRS/INEE (UMR EPOC) (Bordeaux, France)

Philippe Charvis, Directeur délégué à la Science à l'IRD (Marseille, France)

Tirza Van Daalen, Directrice du Service géologique néerlandais, TNO (Pays-Bas)

Anne Le Friant, Directrice de recherche au CNRS, Directrice adjointe de l'IPGP (Paris, France)

Stéphane Guillot, Directeur de recherche au CNRS/INSU, Délégué aux Risques auprès de la Direction générale du CNRS (Paris, France)

Michel Jébrak, Professeur émérite à l'université du Québec à Montréal (Canada)

Patrick Landais, Spécialiste des enjeux liés à la transition énergétique et aux usages du sous-sol, ex-CEA (retraité)

Anne Laurent, Professeure, Directrice de l'ISDM, Université de Montpellier (France)

Louis Londe, Directeur technique de Geostock (Paris, France)

Christelle Marlin, Professeure à l'université Paris-Saclay (Paris, France)

Valérie November, Directrice de recherche au CNRS, affiliée au laboratoire LATTs de l'École des Ponts, Université Paris-Est (Paris, France)

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

Olivier Vidal, Directeur de recherche au CNRS/IS Terre (Grenoble, France)

Ralph Watzel, Professeur, Directeur du Service géologique allemand, BGR (Allemagne)

Comité international

Février 2025

Jean Lamy, 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 du Groupe TotalEnergies

Rémi Pelon, Senior Mining Specialist à la Banque mondiale

Frédéric Maurel, Responsable adjoint de la division Eau et Assainissement de l'AFD

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

Louis Maréchal, Chef du secteur Minerais et Secteur extractif de l'OCDE

Maël Le Bail, Chef du pôle Énergies au ministère de l'Europe et des Affaires étrangères

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

Yadh Zahar, Professeur de l'enseignement supérieur à l'École polytechnique de Tunisie (EPT), Directeur du laboratoire Villes durables et Environnement construit (VDEC)

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

Comité national d'orientation du service public

Février 2025

AU TITRE DU MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES ET DE LA SOUVERAINETÉ INDUSTRIELLE ET NUMÉRIQUE
Par délégation, Direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (DGALN)

AU TITRE DU MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE, DE LA BIODIVERSITÉ, DE LA FORÊT, DE LA MER ET DE LA PÊCHE
Direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (DGALN) / Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB)
Direction générale de l'Énergie et du Climat (DGEC)
Direction générale des Infrastructures, des Transports et des Mobilités (DGITM)
Direction générale de la Prévention des risques (DGPR)

AU TITRE DU MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
Direction générale de la Recherche et de l'Innovation (DGRI)

AU TITRE DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE
Direction générale de la Performance économique et environnementale des entreprises (DGPE)

AU TITRE DU MINISTÈRE DU TRAVAIL, DE LA SANTÉ, DES SOLIDARITÉS ET DES FAMILLES
Direction générale de la Santé (DGS)

AU TITRE DU MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
Direction générale de la Sécurité civile et de la Gestion des crises (DGSCGC)

AU TITRE DU MINISTÈRE DES OUTRE-MER
Direction générale des Outre-mer (DGOM)

AU TITRE DU MINISTÈRE DE LA CULTURE
Direction générale des Patrimoines et de l'Architecture (DGPA)

LE PRÉSIDENT DU COMITÉ SCIENTIFIQUE DU BRGM
LA PRÉSIDENTE DU BRGM

Comité d'audit

Février 2025

Président

En cours de désignation

Simon Lopez

Pierre Vassal
Yoann Geneslay

Nicolas Frissant

Jean-Luc Perrin

Jean-Pascal Codine

Commissaire du Gouvernement

Florence Riou

Réseau territorial

Direction des Actions territoriales



Directeur
 ---- **Francis Garrido**
 tél. 02 38 64 31 88
 f.garrido@brgm.fr



Secteur Est et Sud
 ---- **Patrick Charbonnier**
 Directeur adjoint
 tél. 02 38 64 33 26
 p.charbonnier@brgm.fr



Secteur Nord et Ouest
 ---- **Pierre Pannet**
 Directeur adjoint
 tél. 02 38 64 48 21
 p.pannet@brgm.fr



Secteur Outre-Mer
 ---- **Xavier Daupley**
 Directeur adjoint
 tél. 02 38 64 38 93
 x.daupley@brgm.fr



Auvergne-Rhône-Alpes

Direction régionale
 Site de Lyon
 ---- **Stéphane Buschaert**
 58 boulevard Niels Bohr
 69100 Villeurbanne
 tél. 04 72 82 11 50
 s.buschaert@brgm.fr



Délégation régionale
 Site de Clermont-Ferrand
 ---- **Christian Iasio**
 12 avenue des Landais
 63170 Aubière
 tél. 04 73 15 23 00
 c.iasio@brgm.fr



Bourgogne-Franche-Comté

Direction régionale
 Site de Dijon
 ---- **Aurélien Vallet**
 Parc technologique
 27 rue Louis de Broglie
 21000 Dijon
 tél. 03 80 72 90 40
 a.vallet@brgm.fr



Bretagne

Direction régionale
 Site de Rennes
 ---- **Pauline Drzewiecki**
 Rennes Atalante Beaulieu
 2 rue de Jouanet
 35700 Rennes
 tél. 02 99 84 26 70
 p.drzewiecki@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
 ---- **Baptiste Vignerot**
 Immeuble Agostini
 Zone industrielle de Furiani
 20600 Bastia
 tél. 04 95 58 04 33
 b.vignerot@brgm.fr

13

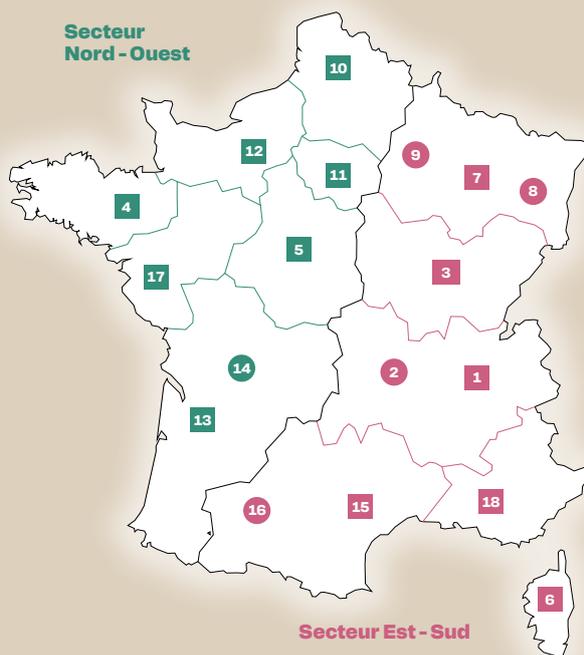
régions
 dans l'Hexagone
 et en Corse

7

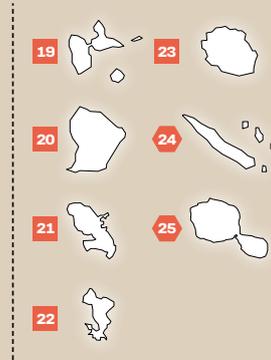
régions
 en outre-mer

5

délégations
 dans l'Hexagone



Secteur Outre-mer



- Directions régionales
- Délégations régionales
- Antennes régionales

Grand Est



Direction régionale
Site de Nancy
Nicolas Koeberlé
1 rue Jean Zoy
54500 Vandœuvre-lès-Nancy
tél. 03 83 44 81 49
n.koeberle@brgm.fr



Délégation régionale
Site de Strasbourg
Sonia Heitz
Parc d'activités Porte Sud
Rue Pont du Péage
Bâtiment H1
67118 Geispolsheim
tél. 03 88 77 48 90
s.heitz@brgm.fr



Délégation régionale
Site de Reims
Hélène Vinot
1 rue Maurice Hollande
Bâtiment B1
51100 Reims
tél. 03 26 84 47 70
h.vinot@brgm.fr

Hauts-de-France



Direction régionale
Site de Lille
Mikhaël Philippe
Arteparc Bâtiment A
2 rue des Peupliers
BP 10406
59810 Lesquin Cedex
tél. 03 20 19 15 40
m.philippe@brgm.fr

Île-de-France



Direction régionale
Site de Paris
Marc Peruzzetto
AFD-BRGM
5 rue Roland Barthes
75012 Paris
tél. 01 40 58 89 17
m.peruzzetto@brgm.fr

Normandie



Direction régionale
Site de Rouen
Manuel Parizot
7 rue Andreï Sakharov
76130 Mont-Saint-Aignan
tél. 02 35 60 12 00
m.parizot@brgm.fr

Nouvelle-Aquitaine



Direction régionale
Site de Bordeaux
Cécile Le Gall
Parc technologique Europarc
24 avenue Léonard de Vinci
33600 Pessac
tél. 05 57 26 52 70
c.legall@brgm.fr



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

Occitanie



Direction régionale
Site de Montpellier
Anthony Rey
1039 rue de Pinville
34000 Montpellier
tél. 04 67 15 79 80
a.rey@brgm.fr



Délégation régionale
Site de Toulouse
Frédéric Tronel
Parc technologique du Canal
3 rue Marie Curie
Bâtiment Aruba - BP 49
31527 Ramonville-Saint-Agne
tél. 05 62 24 14 50
f.tronel@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
Alexandre Stopin
117 avenue de Luminy - BP 168
13276 Marseille Cedex 9
tél. 04 91 17 74 77
a.stopin@brgm.fr

Guadeloupe Saint-Pierre-et-Miquelon



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
Floriane Deneuville-Mayer
Chemin Louis Ribal
Rue Jacques Cartier
BP 10552
97333 Cayenne Cedex 2
tél. 05 94 30 06 24
f.deneuville-mayer@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
Ludivine Sadeski
3 impasse des Terrasses
ZI Kaweni - BP 363
97600 Mamoudzou
tél. 02 69 61 28 13
l.sadeski@brgm.fr

La Réunion



Direction régionale
Ingrid Girardeau
5 rue Sainte-Anne - CS 51016
97404 Saint-Denis Cedex
tél. 02 62 21 22 14
i.girardeau@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

Contact : Xavier Daupley
x.daupley@brgm.fr



Direction Prévention et Sécurité minière

UTAM (Unité territoriale Après-mine)



Directeur
Jean-Louis Nedellec
tél. 02 38 64 34 99
j.l.nedellec@brgm.fr



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



UTAM Sud
Florence Rivet
Puits Yvon Morandot
Quartier de 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 Taillefer
2 avenue de la Moselle
57800 Freyming-Merlebach
tél. 03 87 83 14 01
utamest@brgm.fr

Croissance et changement

2024 confirme la dynamique amorcée dans le cadre du contrat d'objectifs, de moyens et de performance (COMP) : signature du contrat pour l'Inventaire des ressources minérales (IRM), forte implication dans les programmes nationaux de recherche (PEPR), montée en puissance de l'Ofremi... Malgré la poursuite du mouvement social pour un rattrapage salarial, les équipes sont restées mobilisées, comme l'attestent l'augmentation de la production et la progression du taux d'activité.

NATACHA GIROLD
Directrice financière

MURIELLE LECAILLE
Directrice financière adjointe

Le BRGM est, avec quatre autres établissements publics de recherche (Inrae, Cirad, Ifremer, IRD), opérateur de l'État au titre du programme 172 de la loi organique relative aux lois de finances (LOLF). Il reçoit également des subventions pour charges de service public (SCSP) du programme 181, notamment pour ses activités « appui aux politiques publiques » et « après-mine ». Enfin, il bénéficie d'une SCSP sur le programme 113 pour le financement du réseau piézométrique.

Au niveau du groupe BRGM

Le résultat net consolidé revenant au groupe s'établit à + 0,9 M€ en 2024 (contre + 0,7 M€ en 2023). Les principales contributions des entités sont les suivantes :

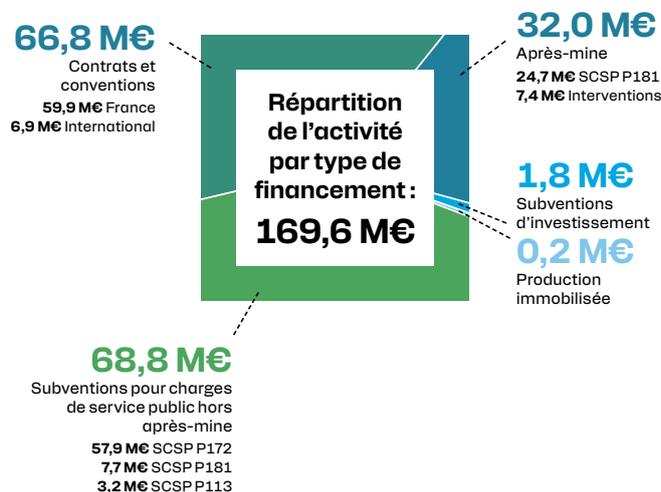
- BRGM Epic : + 0,8 M€, ce qui correspond à son résultat net social de 1,0 M€ corrigé des écritures ayant trait à ses filiales ;
- BRGM SA : - 0,7 M€ ;
- BRGM Invest : + 0,2 M€, ce qui correspond à son résultat social retraité des dividendes reçus de ses filiales et des provisions intragroupes ;
- IRIS Instruments : + 0,7 M€.

+ 0,4 M€

Résultat de fonctionnement de BRGM Epic en 2024

175,8 M€
Charges de fonctionnement 2024

176,2 M€
Produits de fonctionnement 2024



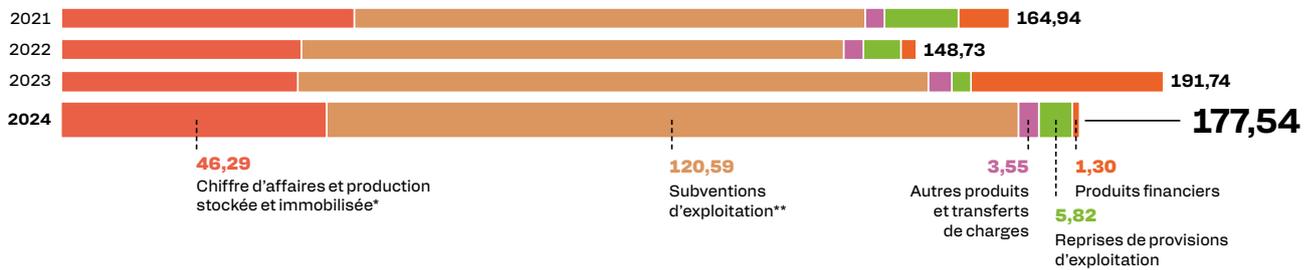
Répartition de l'activité par enjeu

169,6 M€

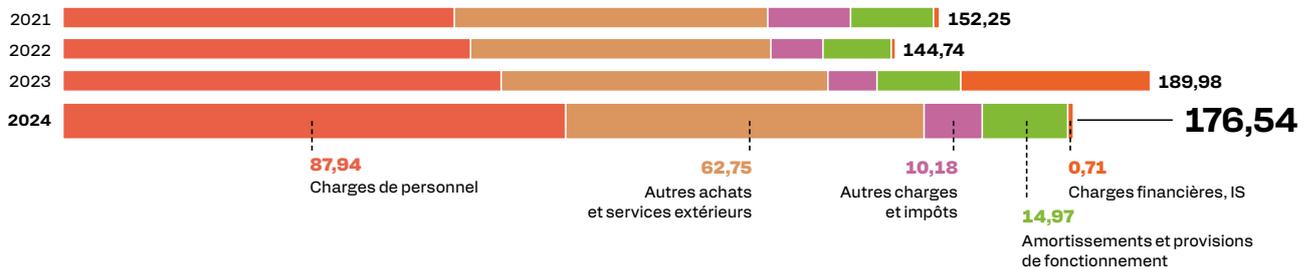
En millions d'euros (hors production immobilisée)



Évolution des produits totaux 2021-2024 en millions d'euros



Évolution des charges totales 2021-2024 en millions d'euros



* Ressources contractuelles, y compris conventions avec le MTES (après-mine et autres)

** Dont subventions pour charges de service public (SCSP), principalement des programmes 172, 181, 113, 159

L'année 2024 a été marquée par la réflexion autour de la création de filiales en quasi-régie pour accompagner la croissance de l'activité de l'établissement. Cela a fait l'objet d'avis favorables du conseil d'administration de l'Epic en fin d'année et pourra être mis en œuvre en 2025.

Deux changements de dénomination sociale ont été réalisés en 2024 afin d'assurer une cohérence d'ensemble et une meilleure identification des sociétés du groupe : Sageos est devenue BRGM Invest, SM Chessy est devenue BRGM Explore.

BRGM Invest a pris une participation dans la SAS Terra Innova, spécialisée dans le retraitement des terres de chantier (21,6% du capital) et a cédé 50% de sa participation dans CFG à Beicip-Franlab. CFG et IRIS connaissent une croissance de leur chiffre d'affaires.

Le pôle minier a vu BRGM Explore démarrer son activité opérationnelle dès le mois de juillet, en anticipation de la signature du contrat IRM en septembre. Les salariés ont rejoint la société en novembre.

Au niveau de BRGM Epic

Le BRGM affiche, pour son exercice 2024, un bénéfice net de 1,0 M€, contre 1,8 M€ de résultat net constaté en 2023. Le résultat de fonctionnement est à nouveau positif, s'établissant à 0,4 M€ (1,4 M€ en 2023). Le résultat financier s'élève à 0,8 M€, en diminution par rapport à 2023 (1,1 M€). Tous ces éléments conduisent au versement d'un intéressement (2,8 M€, forfait social inclus) et permettront un abondement au plan d'épargne d'entreprise en 2025. Par ailleurs, l'attribution, à l'automne, d'une dotation complémentaire de SCSP sur le programme 172 a permis le versement d'une prime de partage de la valeur de 3,7 M€ (forfait social compris) en fin d'année.

Avec 176,2 M€ en 2024, les produits de fonctionnement inscrits au compte financier sont globalement en progression de 11,4% par rapport à 2023. Hors reprise de provisions et transfert de charges, les ressources liées à l'activité courante s'élèvent à 167,7 M€, en augmentation de 10,3% par rapport à 2023. Cette évolution concerne l'activité hors après-mine (137,6 M€ en 2024, en progression de 10,1%) comme après-mine (32 M€ en 2024, en progression de 10%).

Hors après-mine, le niveau de SCSP progresse de 2,6 M€ par rapport à 2023. Le BRGM a bénéficié d'une dotation complémentaire du ministère de la Recherche (+ 3,5 M€ de P172). Le niveau des contrats et conventions (66,8 M€) est, quant à lui, en progression de 10,4 M€ par rapport à 2023. La hausse d'activité en 2024 est particulièrement significative en matière de recherche (+ 23%), ce qui permet d'atteindre l'équilibre entre les ressources affectées aux activités d'appui aux politiques publiques et celles dédiées à la recherche. Par ailleurs, les taux de cofinancement des missions d'appui aux politiques publiques et de recherche sont en forte augmentation (respectivement + 5 points et + 4,4 points). L'activité internationale connaît une croissance importante, avec un chiffre d'affaires en progression de plus de 60%. Cette année encore, le niveau des signatures de commandes est très haut (plus de 77 M€, hors projet IRM).

L'après-mine connaît une augmentation de son activité travaux, dont la production s'établit à 7,3 M€ (+ 2,5 M€ par rapport à 2023). L'activité de surveillance a bénéficié d'une SCSP complémentaire de 0,6 M€ pour couvrir le surcoût énergie des stations de pompage ; les efforts déployés pour limiter la surconsommation ont permis le report en 2025 d'une partie de cette dotation complémentaire (0,3 M€).

Les charges de gestion courante (hors provisions et reprises) sont en augmentation de 18,6 M€ par rapport à 2023 (+ 12,5%), pour s'établir à 168,1 M€. Les charges externes structurelles progressent de 2,0 M€ par rapport à 2023, sous le poids essentiellement des impôts et taxes. Les charges de personnel augmentent de 11,6 M€ par rapport à 2023, avec un taux de rémunération moyenne des personnes en place (RMPP) à 5%, une croissance des effectifs (+ 36 ETPT au global) et le versement d'une prime de partage de la valeur.

Le résultat financier s'élève à 0,8 M€ en 2024 et est constitué principalement des intérêts calculés sur le prêt octroyé à la filiale BRGM SA ainsi que d'une reprise de la provision constituée sur le prêt consécutive à la revalorisation des titres de BRGM Explore dans les comptes de la société.

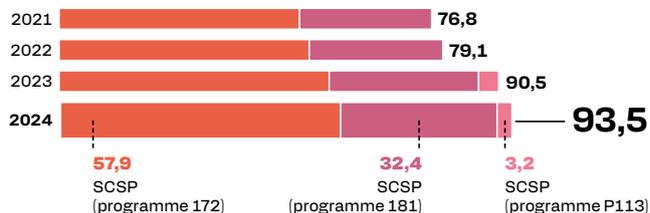
Le résultat du groupe donne lieu à un impôt sur les sociétés de 0,3 M€ en 2024. ■

Répartition de l'activité internationale du BRGM par pays en 2024



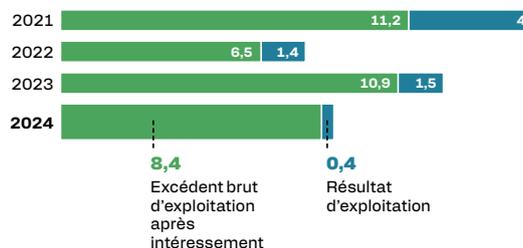
Évolution des dotations de l'État

en millions d'euros



Évolution du résultat d'exploitation

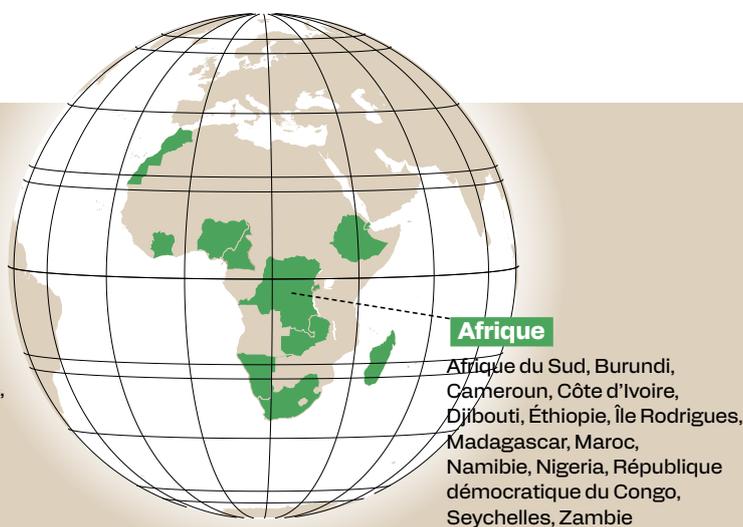
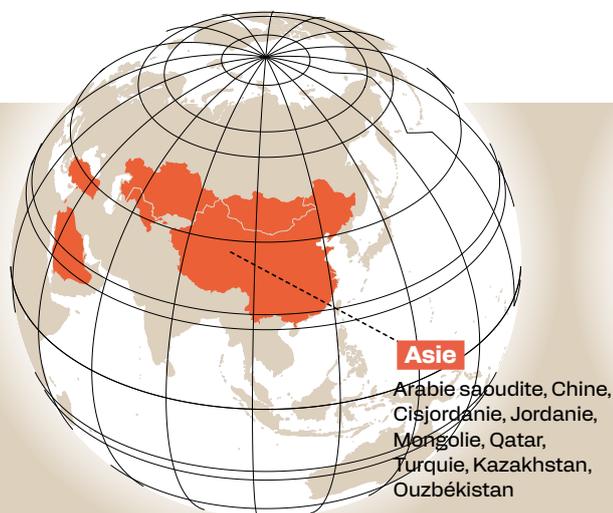
en millions d'euros



Évolution des ressources contractuelles de recherche scientifique et appui aux politiques publiques

en millions d'euros HT

	2022	2023	2024
Contrats et conventions + Production immobilisée			
Union européenne et Feder	6,517	6,678	6,738
ANR + Carnot	1,854	2,724	10,583
Agences hors ANR	7,549	6,057	5,967
Collectivités	7,253	8,557	7,749
Ministères, services de l'État	20,873	20,210	21,306
Entreprises	0,717	2,600	1,946
Total	44,763	46,826	54,288



Filiales et participations

Le BRGM renforce ses moyens d'action

Les filiales et participations du groupe BRGM sont structurées autour de trois holdings, correspondant à trois branches d'activité.

L'établissement public à caractère industriel et commercial (Epic) BRGM a créé, en 2024, une nouvelle filiale : BRGM Explore, qui remplace la Société minière de Chessy, est dédiée à l'acquisition de données de terrain dans le cadre de l'exploration minière. Son statut en quasi-régie implique un pilotage fort par l'Epic et une activité à plus de 80 % pour celui-ci.

Anciennement Sageos, BRGM Invest abrite les participations détenues par le groupe BRGM dans des filiales opérant dans :

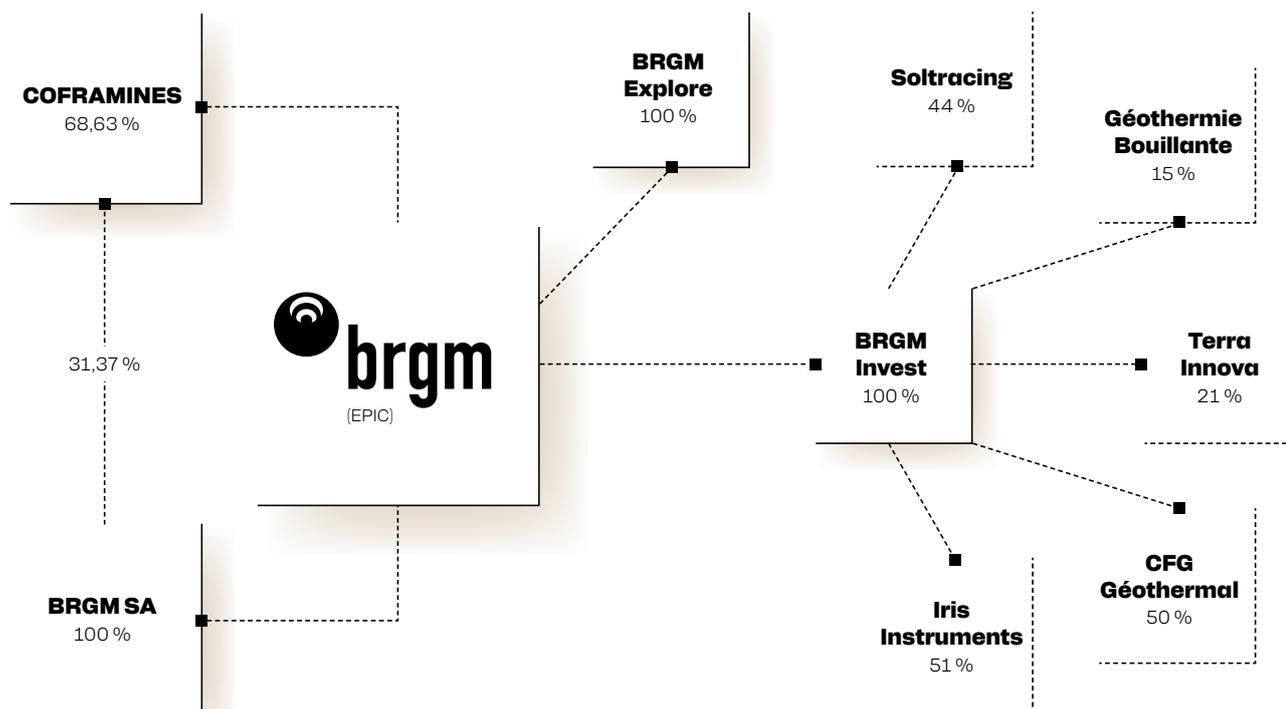
- La géothermie : 50 % du capital de CFG (50 % pour Beicip-Franlab Groupe IFPEN depuis mars 2024) ; 15 % de Géothermie Bouillante (respectivement 63,75 % et 21,25 % pour Ormat Systems et la Caisse des dépôts et consignations).

- Les instruments de mesure de la géophysique, de l'hydrogéologie, de l'hydraulique, de la géotechnique et de la mine : 51 % du capital d'IRIS Instruments (49 % pour le groupe japonais Oyo).
- La gestion des terres excavées : 44 % du capital de Soltracing (55 % pour Hesus) ; 21 % de Terra Innova depuis décembre 2024 (69 % pour les actionnaires historiques et 10 % pour un groupe d'investisseurs privés).

Enfin, Coframines et BRGM SA regroupent les participations résiduelles dans le secteur minier (sociétés sans activité ou développement programmé ou en cours de liquidation). BRGM SA détient en outre une créance sur la Société de participation minière du Sud Calédonien (SPMSC) depuis que le groupe BRGM lui a cédé, en 2005, sa participation dans le projet de Goro en Nouvelle-Calédonie. ■

Organigramme du Groupe BRGM

au 31 décembre 2024



CFG Géothermal

Le début d'une nouvelle ère



Alors qu'elle s'apprête à fêter ses 40 ans en 2025, CFG Géothermal a connu en 2024 une année jalonnée d'événements significatifs et marquée par une activité croissante. La société compte désormais deux structures de référence dans son capital, le BRGM et Beicip-Franlab.



Directeur exécutif
Eric Lasne

Chiffre d'affaires
6,370 M€

Participation BRGM Invest
50 %

Participation Beicip-Franlab
50 %

Effectif
24 salariés

GEOFFROY PAIXACH
Président-Directeur général de CFG Géothermal

Intitiée dès 2019, l'ouverture du capital de CFG Géothermal, souhaitée par son actionnaire BRGM Invest, est devenue effective en 2024 avec l'entrée de Beicip-Franlab en avril. La proximité de cette filiale de l'IFPEN apporte à l'entreprise une dimension internationale plus large, la promesse de pénétrer de nouveaux terrains de jeu et la possibilité de s'appuyer sur des savoir-faire connexes et complémentaires qui renforcent son offre de service et sa crédibilité sur des marchés à forts enjeux.

Parallèlement, CFG Géothermal a fait évoluer son image, sa charte graphique et son site internet. Portée par l'ensemble de l'entreprise, cette refonte du dispositif de communication vise à accroître son attractivité, tant auprès des clients et des prospects que des futurs collaborateurs.

L'activité de production a été intense en 2024 : le chiffre d'affaires s'élève à 6,37 M€, en progression de 17% par rapport à 2023. Quatre collaborateurs ont rejoint l'effectif au cours de cet exercice, pour augmenter les capacités de production mais aussi préparer l'entreprise aux défis futurs. Engagée fin 2022, la transformation de CFG Géothermal dans la perspective du plan Ambition 2030 est ainsi sur la bonne voie, même si des optimisations et des gains d'efficacité restent à effectuer.

L'activité de maîtrise d'œuvre demeure soutenue, avec la réalisation de doublets géothermiques à Villeteuse, Roissy-Charles de Gaulle (groupe ADP), Pantin et des interventions lourdes (opérations de *work over*) sur les sites de Meaux et Rueil-Malmaison.

Les nombreuses études hors du Bassin parisien mettent par ailleurs en évidence que la géothermie est aujourd'hui une donnée prise en compte dans l'équation de la transition énergétique à travers les territoires français. Face à cette demande, CFG Géothermal a développé une offre de *derisking* qui permet d'accélérer l'évaluation technique et économique d'un projet dans une zone nouvelle, en recourant à des technologies avancées de géophysique et de modélisation numérique. À noter également, la réalisation d'une étude significative

du groupement CFG - Beicip-Franlab autour de l'évaluation des ressources en lithium géothermal dans le Fossé rhénan et le lancement des études sur les zones insulaires (Mayotte, La Réunion) dans le cadre de projets de production électrogène.

2024 est également un bon millésime pour l'activité de maintenance et de suivi d'exploitation, avec une croissance soutenue du portefeuille de contrats, une intensification des interventions sur panne et le développement des prestations associées. À Champigny-sur-Marne par exemple, CFG Géothermal a installé et mis en service les équipements du nouveau doublet composite.

Organisés par l'entreprise, les Petits Déj' de la géothermie ont rencontré un vif succès en 2024. La 7^e édition a accueilli une centaine de décideurs français et européens pour échanger sur la géothermie profonde. L'ouverture vers les universités et les associations professionnelles s'est en outre concrétisée par de nombreux partenariats. Ces collaborations témoignent de l'engagement de CFG Géothermal à soutenir l'innovation et à former les talents de demain, pour conforter son rôle clé, depuis quatre décennies, dans le développement et l'accompagnement de la géothermie en France. ■



Forage pour l'installation de doublets géothermiques à Roissy.
© CFG GEOTHERMAL

IRIS Instruments

2024 dépasse le record de 2023 !



Portée par une croissance soutenue, IRIS Instruments développe, grâce à l'engagement de ses équipes et de ses partenaires, des solutions toujours plus performantes en imagerie et en surveillance du sous-sol, afin de répondre aux besoins émergents des professionnels et de contribuer activement aux enjeux de demain.



Chiffre d'affaires
8,603 M€

Participation BRGM Invest
51 %

Participation OYO
49 %

Effectif
25 salariés
(dont 1 apprenti)

CATHERINE TRUFFERT
Présidente
d'IRIS Instruments

Après une année 2023 exceptionnelle, l'activité d'IRIS Instruments s'est encore intensifiée en 2024, atteignant un nouveau record de chiffre d'affaires (8,6 M€). La mise sur le marché de nouveaux équipements a fortement contribué à la progression des ventes. Des innovations rapidement adoptées par les clients fidèles et par de nouveaux utilisateurs qui confirment la pertinence des solutions développées par l'entreprise.

Dans ce contexte, des travaux d'extension ont été lancés pour renforcer les infrastructures industrielles et logistiques et garantir une capacité de production adaptée à la demande. Une première phase a été achevée en 2024, avant la finalisation des nouveaux locaux prévue pour fin 2025.

Comme les années précédentes, IRIS Instruments a maintenu une forte présence à l'international, avec des ventes réparties dans plus de 50 pays sur les cinq continents et qui s'intensifient notablement en Asie et au Moyen-Orient. Soucieuse d'offrir un service optimal à ses clients internationaux, l'entreprise s'appuie sur un réseau de représentants formés aux réparations de premier niveau, qui assurent des interventions locales et réactives. Disponibles pour toute demande spécialisée, les géophysiciens et électroniciens d'IRIS Instruments, basés en France, garantissent un accompagnement technique pointu.

L'activité de R&D demeure un pilier stratégique de l'entreprise, qui lui permet de conserver une longueur d'avance en matière d'innovation. Les nouvelles fonctionnalités développées offrent aux utilisateurs des gains de productivité sur le terrain, tout en optimisant la qualité des données recueillies.

En 2024, les ventes se sont réparties à parts égales entre l'exploration minérale, l'environnement et la recherche en eau souterraine. Sur le premier marché, IRIS Instruments enregistre une croissance soutenue, malgré un ralentissement

des investissements dans plusieurs régions du monde. L'année a notamment été ponctuée par la mise en service du couplage deux à deux des émetteurs de forte puissance TIP12 (12 kilowatts, 3 000 V). Cet appareil unique en son genre, décliné également en 6 et 3,2 kilowatts, est transportable tout en garantissant une régulation automatique en courant et en tension.

Deux autres produits renforcent la position d'IRIS Instruments sur leurs segments respectifs. Les FullWavers, récepteurs unitaires de résistivité et de polarisation provoquée qui permettent d'acquérir de longs profils ou des blocs en trois dimensions, ont connu un franc succès en 2024. Et les résistivimètres Syscal, toutes gammes confondues, y compris la nouvelle version Syscal Terra, ont été particulièrement sollicités, pour des applications variées allant de la recherche en eau souterraine à la détection de cavités en passant par le suivi de la pollution et l'archéologie.

Ce sont autant d'illustrations des efforts que poursuit IRIS Instruments en matière de recherche et d'innovation face aux défis environnementaux et sociétaux croissants. ■

Nouvelle génération de résistivimètre multivoies (Syscal Terra), société Naga Geophysics (France).

© IRIS INSTRUMENTS



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

3 avenue Claude-Guillemain
BP 36009
45060 Orléans Cedex 2

Crédits

Sauf mention contraire,
les photographies sont issues
de la banque d'images BRGM.
Droits de reproduction
des textes et illustrations réservés.
ISBN 978-2-7159-8525-4

**Conception
& réalisation graphique**

Efil / 02 47 47 03 20 / www.efil.fr





SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL



Géosciences pour une Terre durable

brgm

SIÈGE - CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

3 avenue Claude-Guillemin - BP 36009
45060 Orléans Cedex 2 - France
Tél. : (33) 2 38 64 34 34

www.brgm.fr

