



Appui aux politiques publiques



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

INRAE

**Info&Sols, un dispositif partenarial pour
la connaissance et la surveillance des sols en France**

Décembre 2024

Dans ce dossier

préparé par Joseph Lefeuvre, Gisèle Parfait et Marion Bardy (DAPP), Antonio Bispo (unité Info&Sols) et Pierre Renault (direction scientifique environnement).

PAGE 4

Propriétés, services écosystémiques et santé des sols : une ressource fragile
Les enjeux de la connaissance et la surveillance des sols en France depuis 1960

PAGE 5

Le GIS Sol et Info&sols : rationaliser la surveillance des sols en France

PAGE 10

Une interface entre la science et les politiques publiques

PAGE 13

Les projets européens en appui de la gestion des services écosystémiques des sols

Remerciements

En mémoire à Dominique Arrouays, nous saluons sa contribution exceptionnelle à l'interface entre la science des sols et les politiques publiques, sans laquelle la rédaction d'un tel dossier n'aurait été possible. Son engagement mondialement reconnu, ses connaissances, son expertise et son dévouement resteront à jamais gravés dans la mémoire de la communauté scientifique.

Nous remercions également les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce dossier.

Marion Bardy, Rainer Baritz, Antonio Bispo, Fabrizio Botta, Claudy Jolivet, Bertrand Laroche, Béatrice Michalland, Jérôme Mousset, Pierre Renault, Joëlle Sauter et Emmanuel Steinmann.


Collection Appui aux Politiques publiques
Dir. de publication : Marion Bardy
Dir. de collection : Gisèle Parfait
Conception et rédaction :
Joseph Lefeuvre, Gisèle Parfait
Maquette et mise en page :
 EliLoCom - www.elilocom.fr
Impression : Groupe exprim
Décembre 2024

Photo de couverture : ©INRAE



A. Bispo © INRAE

Décembre 2024

En amont de toute politique publique spécifique aux sols, les pouvoirs publics français et la science créent en 2001 le Groupement d'intérêt scientifique Sol afin de développer un système de connaissance et de surveillance des sols.

Info&Sols, un dispositif partenarial pour la connaissance et la surveillance des sols en France

En interface avec l'eau, l'air, la roche, le vivant, les sols sont des milieux vivants et fragiles à préserver. Ils sont au cœur d'enjeux mondiaux cruciaux pour la planète et pour notre propre survie. Or, à l'échelle européenne, plus de 60 % des sols sont dégradés. Ce dossier retrace la mise en place d'un système de connaissance et de surveillance des sols en France, les politiques publiques qui ont bénéficié de ces avancées scientifiques ainsi que les problématiques émergentes au sujet des sols.

Support essentiel des activités humaines, les sols sont une ressource naturelle qui assurent de nombreuses fonctions et services écosystémiques. Ils sont ainsi au cœur d'enjeux mondiaux cruciaux pour la planète et pour notre propre survie : l'adaptation au changement climatique, la protection de la santé, la préservation de la biodiversité et des écosystèmes ou encore la sécurité alimentaire. Or les menaces sur les sols sont multiples, qu'il s'agisse d'imperméabilisation, d'érosion, de contamination, de baisse des teneurs en matières

organiques, de baisse de la biodiversité, de tassement, ou encore de salinisation. La Commission européenne estime que plus de 60 % des sols européens ne sont pas en « bon état ». Si le coût des dégradations est évalué à près de 50 milliards d'euros par an, le coût de l'inaction contre ces dégradations est estimé à 6 fois le coût de l'action, prévention et restauration comprises. La gestion durable des sols est un objectif clair de la Commission européenne qui prépare un projet de



Rainer Baritz
Président
du Partenariat
Européen pour
les Sols et chef
de projet Sol à
l'Agence Européenne
pour l'Environnement



Pédologue de formation, j'ai été responsable du système national d'information sur les sols en Allemagne, comparable aux programmes du GIS Sol côté français. Aujourd'hui à l'Agence Européenne de l'Environnement, en tant qu'expert sur les sols, je préside également le Partenariat Européen sur les Sols. À ce titre, je collecte et synthétise les opinions des experts nationaux des sols sur les questions soulevées par le Partenariat Mondial sur les Sols de la FAO. Dans ces lieux de rencontre européens, les équipes du GIS Sol occupent une place essentielle. Elles valorisent le système de surveillance des sols français dans la stratégie européenne des sols. Elles apportent également des connaissances scientifiques pertinentes en la matière : les indicateurs à suivre, la définition de limites critiques, ou encore pour l'harmonisation des systèmes européens... En cela, INRAE et le GIS Sol sont des acteurs majeurs des discussions liées à la surveillance des sols en Europe.

directive sur la surveillance et la santé des sols.

Une large communauté scientifique internationale se consacre aux sols et une journée mondiale, le 5 décembre, leur est même consacrée sous l'égide de l'ONU depuis 2014. La dernière édition française s'est réunie en Région

Normandie en 2024 sur le thème des données et informations sur les sols.

En France, les travaux menés depuis les années 1990 et la création du Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (GIS Sol) ont permis la mise en place d'un système national d'information sur les sols, basé sur l'inventaire et

la surveillance des sols, anticipant ainsi le cadrage européen.

Ce dossier retrace cette élaboration et présente des politiques publiques ayant bénéficié des données issues de ce système national. Les enjeux de la recherche en science des sols à l'échelle européenne le concluront.

➤ Propriétés, services écosystémiques et santé des sols : une ressource fragile

Les propriétés biophysiques des sols déterminent les nombreuses fonctions et services écosystémiques de ce milieu : l'approvisionnement et la fourniture de biomasse pour nous nourrir, nous habiller, nous loger et nous chauffer, mais aussi la régulation des cycles des nutriments, du climat et de l'eau, ou encore le recyclage des déchets. Les sols jouent un rôle crucial pour le stockage de l'eau utilisable par les plantes, sur l'équilibre entre le ruissellement, l'infiltration et le drainage des eaux, sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines... Ils hébergent

également plus de 50 % de la biodiversité mondiale et sont une ressource essentielle pour les biotechnologies et les médicaments. Ces propriétés, en constante évolution, impactent également leur capacité à stocker du carbone et réguler les flux de gaz à effet de serre. Finalement, la vitesse de formation d'un sol n'est pas à l'échelle humaine et il est indispensable de les protéger, de les utiliser de manière durable ainsi que de les restaurer lorsqu'ils sont dégradés. Pourtant, les sols continuent de se dégrader face à l'agriculture intensive, la déforestation,

le surpâturage, la pollution industrielle, l'irrigation, l'artificialisation... La prise de conscience de cette dégradation a amené différentes instances internationales, européennes, nationales et territoriales à œuvrer pour la connaissance, la surveillance, la protection et la restauration des sols. Les politiques publiques concernant les sols se développent simultanément aux besoins de connaissances scientifiques variées, allant des inventaires au suivi de leurs évolutions et l'identification des pressions auxquelles ils sont exposés.

➤ Les enjeux de la connaissance et la surveillance des sols en France depuis 1960

La connaissance des sols, leur surveillance et le suivi de leur évolution en France se sont mis en place progressivement avec des objectifs qui ont évolué au cours des décennies. Les années 70 et 80 se caractérisent par l'urbanisation, les remembrements et le déploiement du drainage agricole. Ce contexte appelle à une production de données et de cartes, en particulier

sur les sols agricoles. Ainsi, le premier programme national de cartographie des sols a été mis en place en 1968 pour réaliser la carte pédologique de la France (CPF) au 1/100 000^e, avec pour but d'exploiter au mieux les terres à vocation agricole notamment. À la fin des années 1980, l'avancée du programme CPF est trop lente et l'ensemble des programmes est remis



à plat, conduisant à la création du premier programme national de cartographie des sols, le programme IGCS (Inventaire, Gestion et Conservation des Sols), toujours opérationnel aujourd'hui. Son objectif, était de réaliser en priorité des cartographies des pédo-paysages au 1/250 000^e et de

regrouper toutes les informations dans des bases de données géographiques en s'appuyant sur le déploiement des Systèmes d'information géographiques (SIG). Au début des années 1990 émerge ainsi la base de données géographiques générique des sols français (DoneSol).

➤ Le GIS Sol et Info&sols : rationaliser la surveillance des sols en France

Les années 1990 voient les préoccupations environnementales prendre de l'ampleur. Le sommet de la Terre à Rio en 1992 met la gestion de la qualité des eaux au premier plan, et les conventions qui suivent font directement le lien avec la gestion des sols : la pollution, le changement climatique, la biodiversité, l'érosion ou la désertification. Le besoin d'une surveillance de la qualité des sols au service de l'environnement émerge. Toutes ces évolutions conduisent l'INRAE (alors INRA), les ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement, l'Ademe, et l'Ifen à réfléchir à une nouvelle gouvernance et à une restructuration des programmes de cartographie et de surveillance des sols : c'est la naissance en 2001 du GIS Sol. En parallèle, INRAE crée l'Unité de Service InfoSol pour appuyer le GIS Sol.

Trois enjeux majeurs sont alors partagés. Premièrement, les programmes d'inventaire et de surveillance des sols doivent contribuer à une meilleure organisation de l'appui aux politiques publiques nationales. Ensuite, il faut mieux coordonner les partenaires et mutualiser leurs actions dans une structure stable et lisible. Enfin, il s'agit de mettre en place un véritable dispositif de surveillance des sols de France, représentatif des sols et de leurs occupations afin de réaliser un bilan de l'état des sols et ainsi constituer une référence pour un suivi pérenne de leurs évolutions.

UN SYSTÈME NATIONAL D'INFORMATION SUR LES SOLS

Les sols ne disposent pas d'une réglementation spécifique que ce soit à l'échelle nationale ou européenne alors que la prise en compte des connaissances sur les sols est nécessaire pour de nombreux projets et lois concernant par exemple la qualité de l'eau, de l'air, la santé ou encore le stockage de carbone. Les connaissances scientifiques et la surveillance des sols se sont alors structurées en vue de créer un système national d'information sur les sols en France grâce au soutien des ministères, des agences et de partenaires scientifiques et régionaux.

En vue d'élargir la diversité de territoires et d'usages des sols et pour mettre en commun les compétences françaises sur l'acquisition et la diffusion des données sur les sols, le GIS Sol est rejoint par quatre nouveaux membres : IRD (2007), IGN (2009, ex-IFN), OFB (2019) et BRGM (2021). Les missions du GIS Sol sont variées. Son objectif est de constituer et de gérer un système d'information sur les sols de France à travers le développement de bases de données intégrant leurs distributions spatiales, leurs propriétés et l'évolution de leurs qualités. Pour répondre à ces besoins, INRAE crée rapidement l'Unité de Service InfoSol en 2001, basée à Orléans. Depuis le 1^{er} janvier 2023, l'unité de recherche Sols et l'unité de service InfoSol ont fusionné en



Jérôme Mousset
Directeur Bioéconomie
et Energies
Renouvelables
à l'ADEME

L'ADEME s'est impliquée dans le GIS Sol dès sa création en 2001, tant dans son financement que dans son fonctionnement et la valorisation des données. Observatoire unique et fiable des sols en France, le GIS est un socle de connaissance indispensable à la mise en œuvre de politiques publiques tant au niveau européen, national que territorial. Grâce aux données du GIS, nous avons notamment contribué à mettre en avant le rôle essentiel des sols dans les stratégies de lutte contre le changement climatique (scénarios 2050) et développé des outils de diagnostic (comme l'outil Aldo) pour les plans climat des collectivités. Les connaissances du GIS Sol sont également utilisées dans le projet Agribalyse sur l'impact environnemental des produits agricoles et alimentaires ainsi que dans le développement de méthodes du label bas-carbone. Dans le cadre de ses missions, l'ADEME structure son activité sur les sols autour des enjeux d'atténuation et l'adaptation au changement climatique, de limitation des impacts sur la santé des sols, et de la sobriété dans l'usage des sols et de sensibilisation au rôle essentiel des sols grâce à sa fresque du sol traduite en plusieurs langues.

une unité de recherche sous le nom d'Info&Sols qui poursuit ces missions de mise en œuvre des programmes prioritaires d'acquisition de données : IGCS, RMQS, BDAT, BDETM, BDSoLU et IFN. L'unité, en appui au GIS Sol, et en lien notamment avec le RMT Sols et Territoires (<https://sols-et-territoires.org>), assure également des actions de communication générale et de visibilité des produits du GIS auprès des utilisateurs.



Claudy Jolivet
Pédologue
et ingénieur
de recherche
à INRAE,
coordinateur
du RMQS

Je suis pédologue à INRAE et je coordonne depuis 2001 le Réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS) du GIS Sol. Ce programme a pour objectif de suivre l'évolution des sols dans le temps en analysant différents paramètres, comme le carbone, le pH, la granulométrie, les contaminants, ou encore la biodiversité. Nous pouvons ainsi calculer les stocks de carbone, la fertilité des sols, la teneur en résidus de pesticides ou d'autres indicateurs en fonction des besoins de nos partenaires ou de politiques publiques. Une enquête agronomique permet de relier ces caractéristiques avec les pratiques agricoles et les 2200 sites sont revisités tous les 15 ans. Les demandes de données sont en augmentation constante et il est difficile d'y répondre à très court terme. En effet, le RMQS est un programme pilier dans l'accompagnement des politiques agricoles, climatiques et environnementales, tout en étant précurseur à l'aune de la nouvelle directive européenne à venir.

SIX PROGRAMMES POUR UNE MEILLEURE GESTION DES SOLS

Six programmes d'acquisition de données sur les sols en France métropolitaine et ultramarine sont pilotés par le GIS Sol. En dehors du programme sur les sols urbains (BDSolU) animé par le BRGM, INRAE assure l'animation des programmes avec différents partenaires. L'inventaire des sols agricoles et forestiers (IFN) est en lien avec l'IGN et l'IRD, le programme RMQS de suivi de la qualité des sols avec l'IRD, tandis que la capitalisation des analyses de terres agricoles (BDAT) est en lien avec les laboratoires nationaux d'analyse des sols. Le suivi d'éléments traces métalliques (BDETM) est lui assuré en partenariat avec les organismes impliqués dans le recyclage des boues de station d'épuration.

Un système d'information est associé à ces programmes pour organiser la collecte, la saisie, l'archivage et la sauvegarde des données, au sein de différentes bases de données. Les données proviennent directement d'observations et d'analyses issues du terrain, pilotées par le GIS Sol (ex : RMQS et IGCS) ou de données collectées par des partenaires (ex : laboratoires, collectivités) et reversées au GIS Sol (BDAT, BDETM, BDSolU). Une chaîne d'extraction, de

traitement, de croisement et d'analyse de ces données collectées par les différents programmes a été mise en place ; elle permet également de diffuser les données, brutes ou retravaillées, sous différents formats. Enfin, les échantillons prélevés sur les programmes du GIS Sol, et notamment le RMQS, sont conservés au sein du CEES (Conservatoire Européen d'Échantillons de Sols) à long terme pour permettre des réanalyses de contrôle et/ou de nouveaux paramètres.

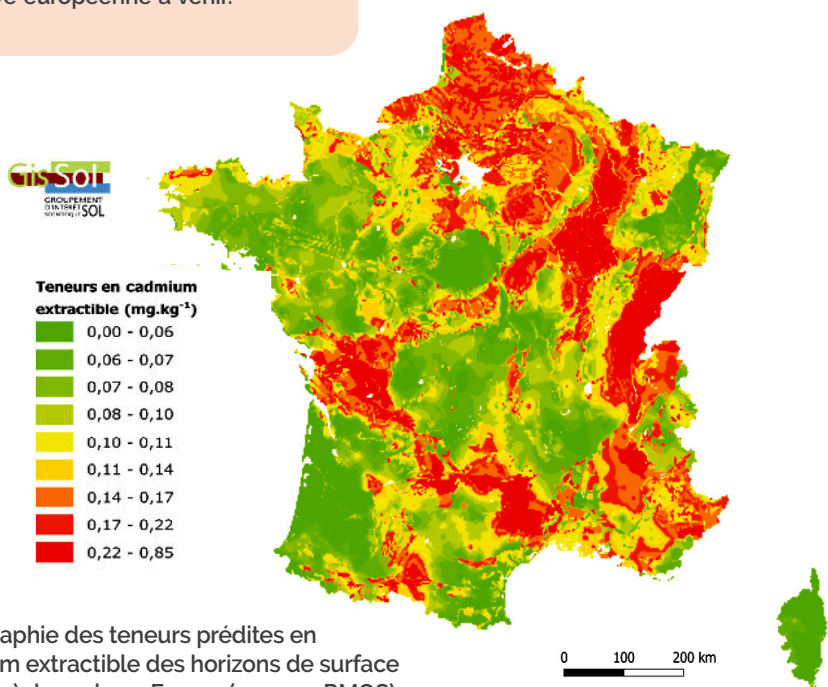
UN DISPOSITIF ORIGINAL EN EUROPE

Le GIS Sol met en réseau tous les acteurs des politiques publiques et considère leurs besoins en données sur les sols. Il fédère des collectifs d'acteurs publics (ministères, agences, collectivités territoriales), de la recherche (organismes de recherche et d'enseignement), du développement agricole (chambres d'agriculture, coopératives, laboratoires...) ou des pédologues partenaires. Au-delà des contributions directes des organismes membres, une convention-cadre fixe les financements de ce collectif par les ministères et agences dont le fonctionnement et les résultats sont évalués tous les 5 ans. Cette collaboration rapprochée favorise des rencontres très régulières permettant de recueillir les attentes et besoins de chacun.

Cette instance originale en Europe, sans gouvernance formelle, répartit les responsabilités des missions entre ses membres. Dans certains pays européens (e.g. Allemagne, Espagne, Italie), les inventaires et la surveillance des sols reposent sur une gestion régionale ou bien répartie sur différents organismes qui doit ensuite être consolidée à l'échelle nationale.

En 20 ans, cette organisation « précurseur », centralisée et pilotée à plusieurs, a permis de réaliser une cartographie nationale des sols au 1/250 000, le déploiement d'un programme de surveillance à l'échelle nationale, et la centralisation des données au sein d'une base nationale, facilitant l'accès aux données tant pour l'appui aux politiques publiques que pour

© Gis Sol, base de données RMQS, 2019.



Cartographie des teneurs prédites en cadmium extractible des horizons de surface (0-30 cm) des sols en France (source : RMQS).

des questions de recherche (au sein de projets de recherche nationaux et européens). Du fait de la diversité des sols français et de la richesse de la base de données, les ressources pédoclimatiques françaises permettent également des extrapolations dans plusieurs pays européens.

Les programmes du GIS Sol et le système français d'information sur les sols sont connus et reconnus à l'étranger pour les avancées méthodologiques et scientifiques qu'ils ont permises comme par exemple, la récente caractérisation de contaminants organiques émergents (ex:pesticides, PFAS, microplastiques) ou de la biodiversité des sols (avec le support de l'ANSES, l'OFB et de l'Ademe). De même, le Conservatoire Européen d'Échantillons de Sols accueille les échantillons du programme européen ICOS.



Joëlle Sauter
Ingénieure responsable de l'équipe Sols et fertilité, Chambre d'agriculture Grand Est et co-animatrice du RMT « Sols et Territoires »

Les Chambres d'agriculture en Alsace et en Lorraine sont impliquées depuis les années 90 dans le programme Inventaire, Gestion et Conservation des Sols (IGCS) du GIS Sol. J'ai rejoint la Chambre régionale d'agriculture du Grand Est en 2018 où j'assure la gestion des bases de données sur les sols. Pour étudier un sol, nos agronomes et pédologues commencent par décrire le site et le géolocaliser. Des sondages tarières ou des fosses pédologiques

sont ensuite réalisés et précisent la nature du sol, et ses propriétés par horizon. Ces observations sont complétées par des analyses d'échantillons de terre. Les données récoltées ont plusieurs finalités : évaluer le potentiel agronomique des sols, qualifier les habitats pour la biodiversité, ou encore estimer les risques de coulées de boues... De plus, j'anime le Réseau Mixte Technologique « Sols et Territoires ». Ce RMT a pour but de promouvoir les bases de données du GIS Sol auprès des acteurs des territoires et de faire remonter leurs besoins. Je remarque aujourd'hui une réelle prise de conscience de l'importance des sols et un accroissement des besoins en informations, ce qui montre que notre travail porte ses fruits.

Les programmes prioritaires d'acquisition de données

Six programmes d'acquisition de données sur le sol, en France métropolitaine et ultramarine, structurent aujourd'hui l'activité du GIS Sol. Les données de ces programmes sont recueillies par différents partenaires et laboratoires en région selon une démarche qualité et des spécifications nationales. Ces programmes participent globalement à une meilleure connaissance des sols, mais également une meilleure gestion et planification des usages et des services écosystémiques des sols.

1) **L'Inventaire gestion et conservation des sols (IGCS)**, programme de cartographie multi-échelle des sols, s'est fortement engagé dans la cartographie des sols au 1/250 000 qui est aujourd'hui quasi-complète en France Métropolitaine. L'inventaire soutient également des programmes de cartographie à moyenne échelle (1/100 000 et 1/50 000) et des secteurs de référence. L'IGCS soutient aussi des contributions méthodologiques aux applications des données sols à des thématiques variées et la mise au point de méthodes et de transfert de la cartographie des sols par modélisation

statistique, en lien notamment avec le RMT Sols et Territoires.

2) **L'inventaire forestier national** piloté par l'IGN qui collecte des données sur les sols de forêts, qui sont ensuite versées dans le système national et viennent notamment appuyer le programme cartographique (IGCS).

3) **Le Réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS)** est basé sur le suivi de 2 240 sites, répartis sur une grille de 16 x 16 km, en France hexagonale et sur les territoires ultramarins (en lien avec l'IRD). Les sites sont rééchantillonnés approximativement tous les 12 à 15 ans, et l'ensemble des échantillons sont conservés (ce qui permet de compléter les propriétés mesurées selon les besoins et les avancées méthodologiques).

4) **La base de données des analyses de terre (BDAT)**, née d'un partenariat avec les laboratoires agréés d'analyses de terre, qui capitalise les analyses de sols des laboratoires qui en acceptent le principe. Elle diffuse des informations statistiques agrégées sur 5 ans

à diverses échelles spatiales (cantons, petites régions agricoles, départements, régions, France métropolitaine...). C'est aujourd'hui plus de 3 millions de lignes dans la base de données et 42 millions de résultats pour 30 années de collecte analysée.

5) **La base de données éléments traces métalliques (BDETM)**, issue d'une collaboration avec l'ADEME, qui capitalise des analyses de sols demandées dans le cadre des plans d'épandage (boues urbaines, effluents et déchets industriels...).

6) **La base de données des analyses de sols urbains (BDSolU)**, intégrée au GIS Sol en 2021 avec l'arrivée du BRGM, en vue de déterminer des valeurs de fond pour appuyer le diagnostic des sols urbains. Elle repose notamment sur des collaborations avec des collectivités réalisant des diagnostics sur l'état de leurs sols. Cette base complète ainsi la couverture pédologique de la France en permettant, en complémentarité avec les autres bases, une véritable continuité entre les espaces urbains, péri-urbains, agricoles et semi naturels.



Trois questions à Béatrice Michalland

Sous-directrice de l'Information Environnementale
Service des Données et Études Statistiques
Commissariat Général au Développement Durable
Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat
et de la Prévention des risques (MTEECPR).

Quels sont les besoins du ministère chargé de l'environnement, en matière de connaissance et de surveillance des sols ?

Le MTEECPR est impliqué dans le GIS Sol depuis sa création (2001) ; au départ via l'IFEN (institut français de l'environnement) qui intégrera le ministère en 2008. En charge de rassembler et mettre à disposition les informations sur l'état de l'environnement en France, ce service s'est intéressé très tôt à l'état des sols. Aujourd'hui le MTEECPR ne se focalise pas uniquement sur la connaissance de l'état des sols mais également sur les pressions qui s'y exercent (artificialisation, pollution) et les services écosystémiques qu'ils fournissent (stockage du carbone, filtration/rétention de l'eau, réservoir de biodiversité, ...). Les sols sont reconnus dans le code de l'environnement comme un élément du patrimoine commun et leurs services comme d'intérêt commun (Article L110-1) depuis 2016 via la loi pour la reconquête de la biodiversité et des paysages. Au total, cinq Directions du MTEECPR ont en charge de politiques en lien avec les sols : la DGPR (sols et sites pollués, risques naturels avec érosion ou mouvement de terrain...), la DEB (solutions fondées sur la nature, biodiversité, gestion de l'eau), la DHUP (aménagement/artificialisation), la DGEC (climat) et enfin le CGDD sur les aspects informations environnementale et données

Comment les travaux du GIS Sol répondent-ils aux besoins du MTEECPR ?

Le programme d'inventaire, de gestion et de conservation des sols (IGCS) permet de disposer maintenant d'une carte des sols dominants pour toute la France au 250 000^e. Le programme de mesure systématique de qualité des sols (RMQS) contribue à dresser un état des sols français, et permet de suivre son évolution. Les 2240 points qui le composent fournissent un outil de connaissance générale, qui doit être complété par une compréhension de la relation entre usages, pratiques et état au fil du temps. C'est l'enjeu de

la 2^e campagne de suivi qui a débuté en 2016 et qui devrait s'achever en 2030. Lorsque des données plus précises sont nécessaires pour orienter un PLUi par exemple, les données du GIS Sol sont insuffisantes. Mais le GIS Sol peut apporter son savoir-faire à des acteurs locaux d'autant plus qu'il entretient de multiples partenariats locaux. Grâce au GIS Sol, nous disposons d'un vrai réseau de pédologues et de géologues et de liens solides avec les Chambres d'Agriculture. Je partage la présidence du GIS Sol avec le MASAF. Cela nous amène à travailler ensemble de façon proche et à partager nos priorités. Cela a facilité la préparation des positions de la France sur le projet de la directive européenne sur les sols en cours de négociation.

Quel sont les besoins en science pour protéger les sols aujourd'hui ?

Pour ne donner qu'un exemple, l'atténuation du changement climatique passe par plus de stockage de carbone dans les sols (projet 4 pour 1000) et dans les forêts. Reste à savoir comment favoriser ce stockage et où le faire ? Où sont les risques d'érosion de sol qui pourrait mettre à mal ce stockage ? Comment aider la forêt, via une bonne gestion des sols forestiers, à mieux résister aux effets du changement climatique ? Les questions sont nombreuses. La directive européenne relative à la surveillance et à la résilience des sols de son côté donnera des objectifs en matière de qualité des sols. Dans un premier temps, il s'agira surtout de surveillance, de diffusion de bonnes pratiques de gestion durable des sols ; mais à terme, pour rétablir la bonne santé des sols, des actions seront à proposer. Ce défi à relever fera l'objet d'un travail collaboratif important entre le GIS Sol et les ministères concernés. À court terme, le GIS Sol est mobilisé pour d'une part savoir comment disposer d'un bon échantillonnage de points de surveillance permettant de répondre aux ambitions de la directive et d'autre part pour retenir des seuils pour caractériser la bonne santé des sols dans le contexte français.



Trois questions à Emmanuel Steinmann

Chef du bureau de l'eau du sol et de l'économie circulaire
Sous-direction Performance Environnementale et valorisation des territoires
Service Compétitivité et performance environnementale
Direction Générale de la Performance Économique et Environnementale
des Entreprises
Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire et de la Forêt.

Quels sont les enjeux du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (MASA) dans une meilleure connaissance et surveillance des sols ?

J'anime depuis 2023 le bureau de l'eau, du sol et de l'économie circulaire. Notre sous-direction assure la co-présidence du GIS Sol avec le ministère de la Transition Ecologique depuis sa création en 2001. Les sols sont le support de la croissance des plantes et donc de la production de notre alimentation et de biomasse, que ce soient pour les espaces agricoles ou forestiers. Produire de façon durable dans un contexte de changement climatique nécessite des sols en bonne santé, capables d'apporter les nutriments et de retenir l'eau au bénéfice des végétaux, de stocker le carbone, en s'appuyant notamment sur la biodiversité encore mal connue qu'ils abritent. Les données produites par le GIS Sol sont de ce fait indispensables pour concevoir des politiques publiques permettant de préserver et d'améliorer la santé de nos sols. Améliorer la connaissance des sols permet aussi de protéger les sols agricoles de l'artificialisation : savoir où sont les bonnes terres agricoles permet aux collectivités de faire des choix d'aménagement pour les préserver.

La convention avec le GIS Sol vient d'être renouvelée, quelles inflexions cela implique-t-il ?

Le GIS Sol gère le système d'information sur les sols et leur surveillance. Il a la responsabilité de la production ou de la collecte des données ainsi que de leur valorisation. La valorisation des données et de leur accès va pouvoir être renforcée, INRAE ayant été lauréat de l'appel à projet du fonds d'investissement numérique et données pour la planification écologique pour améliorer les outils de diffusion des données. La base de données d'analyse des terres (BDAT) collecte plus de 100 000 données d'analyse de sols par an auprès des laboratoires et permet notamment de

suivre l'évolution du carbone dans les sols agricoles, la diffusion de ces informations devrait être mieux valorisée par exemple. La sécurisation du statut juridique des données est également essentielle pour leur diffusion, certaines étant produites par le GIS Sol et d'autres récupérées auprès de laboratoires d'analyses ou d'autres partenaires. Le ministère plaide pour un partage de ces données afin qu'elles puissent être utiles au plus grand nombre, tout en garantissant leur « anonymisation », par exemple en les diffusant à une maille géographique pertinente, afin de préserver la confiance des personnes qui nous permettent d'accéder à leur terrain pour réaliser un échantillonnage ou qui nous partagent leurs données d'analyse de sol. Leur valorisation exige des moyens conséquents et la poursuite des travaux réalisés dans le cadre du GIS Sol, le MASAF a ainsi renouvelé sa confiance à cette structure.

Que peut apporter la directive européenne à venir ?

Aujourd'hui, le sol ne fait pas l'objet d'une politique publique dédiée au niveau de l'Union, même s'il existe des réglementations spécifiques qui protègent les sols des apports de polluant, par exemple. La directive fixera une nouvelle ambition pour la surveillance avec un objectif clair de restauration de la santé des sols. L'équipe Info&Sols d'INRAE a acquis une longue expérience qui nous donne une certaine avance dans la mise en œuvre de la surveillance et nous permet d'anticiper les futures exigences du texte européen. Si des ajustements aux programmes de surveillance seront certainement nécessaires, avec une ambition renforcée, cette directive constituera une opportunité pour mettre en lumière la préoccupation de santé des sols qui nous concerne tous et crée une impulsion facilitant la prise de conscience et l'engagement dans des actions de restauration des sols par les acteurs en charge de leur gestion.

➤ Une interface entre la science et les politiques publiques

Si les principes directeurs, ou une philosophie générale de protection et de surveillance des sols ne sont pas aujourd'hui réunis dans une loi, de plus en plus de politiques publiques s'y engagent et mobilisent notamment les travaux du GIS Sol et d'Info&Sols. Les éléments de droit qui requièrent des données et des informations sur les sols sont :

- le droit civil avec le droit de propriété ou les servitudes,
- le droit rural, appliqué à l'exploitation agricole ou à la protection contre l'érosion,
- le droit de l'urbanisme traitant de l'affectation des sols ou de la gestion de sa rareté,
- le droit de la santé, support de mesures de protection des captages d'eau potable.

Les données sur les sols, majoritairement agricoles au départ, se sont depuis élargies aux sols forestiers, aux sols dits « semi-naturels », aux sols

urbains et périurbains ainsi qu'aux sites contaminés, facilitant ainsi une gestion intégrée de l'espace et des sols.

Les données sont utilisées par les décideurs publics, les gestionnaires de l'espace ou la recherche scientifique. Les finalités sont diverses : la modélisation et la prévision de l'évolution des sols, leur protection et l'évaluation des services écosystémiques rendus.

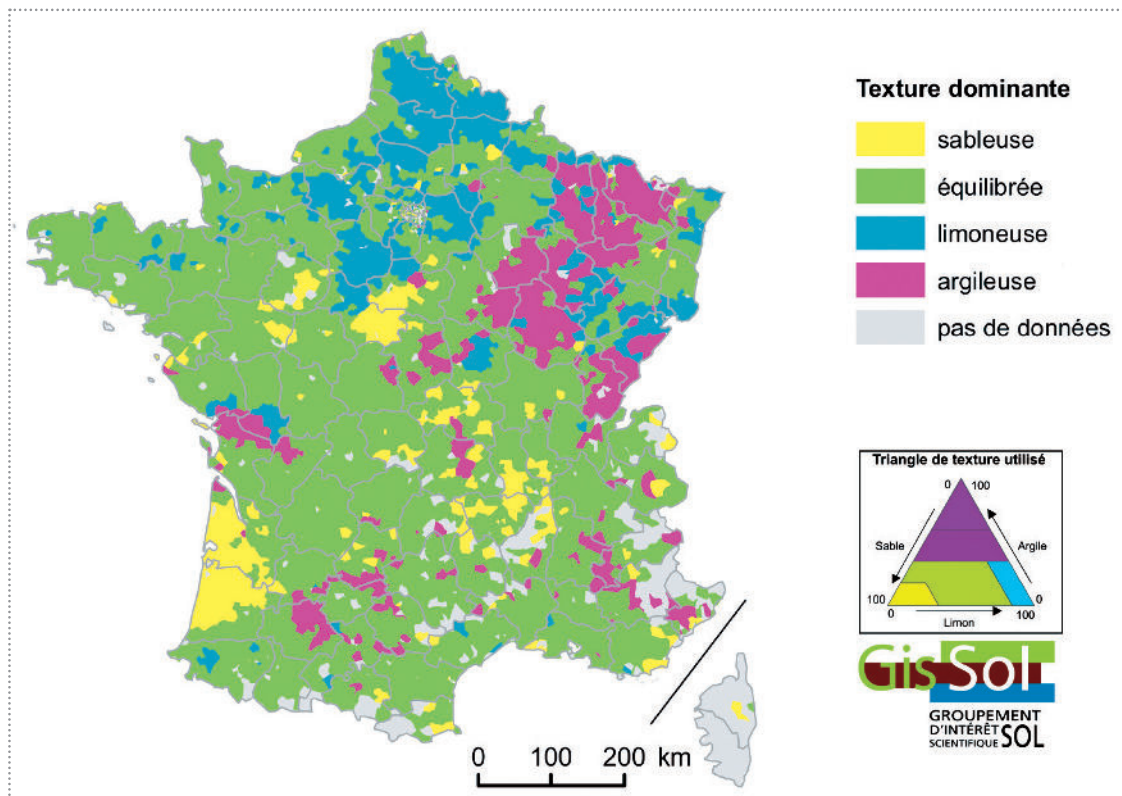
LA QUALIFICATION DES SOLS : 40 ANS DE RECHERCHE À INRAE

Pour qualifier les sols, il faut connaître leur état, leurs fonctions et les services qu'ils rendent. Il faut également caractériser leurs évolutions (changements d'états), les pressions et menaces dont ils font l'objet, et dans certains cas les impacts de leur dégradation sur d'autres milieux. Des indicateurs robustes et fiables sont nécessaires, qui reposent sur des bases scientifiques solides,

transparents dans leur mode de calcul et dans la mobilisation des données. Des articles scientifiques nationaux et internationaux ont été publiés sur ces sujets par les scientifiques INRAE, y compris dans des revues de très haut niveau (*Nature Communications, Science Advances, Global Change Biology...*).

Le développement de méthodologies de cartographies plus précises à haute résolution spatiale, permet en couplant à des modèles de réaliser des cartes de multifonctionnalité des sols décrivant et spatialisant leurs fonctions écologiques et les services écosystémiques qu'ils rendent. Ainsi, aux indicateurs classiques qualifiant l'état des sols, comme le pH, masse volumique ou teneur en carbone, se rajoutent des indicateurs précisant ses fonctions tels que le potentiel de séquestration du carbone.

L'étude « Préserver la qualité des sols : vers un référentiel d'indicateurs » publiée en 2024, pilotée par la Direction de l'Expertise scientifique collective, de la Prospective et des Etudes d'INRAE et commanditée par l'ADEME, l'OFB et les ministères fondateurs du



Cartographie de la texture dominante de l'horizon supérieur des sols agricoles par canton (source : BDAT).

GIS Sol, a notamment mobilisé les données des programmes du GIS Sol. Cette étude a permis de rassembler et mettre à disposition des porteurs de politiques publiques les ressources scientifiques disponibles traitant des modalités d'évaluation de la qualité et de la santé des sols. Elle précise notamment l'opérationnalité des principaux indicateurs retenus et les méthodes permettant de les évaluer.

Tous ces travaux et ces avancées ont été permises par le socle énorme de connaissances que INRAE a produit grâce à ses recherches sur les sols.

De tels outils théoriques et techniques développés par INRAE ont été essentiels pour diverses politiques publiques telles que :

- la révision du classement des zones défavorisées pour la politique agricole commune,

- l'intégration de la composante sol dans la comptabilité annuelle des émissions de gaz à effet de serre réalisée par le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA),

- le développement, à travers des premières mondiales, des atlas nationaux de la diversité bactérienne et fongique des sols de France, en support aux politiques de biodiversité,

- la contribution à une meilleure définition du « fond pédo-géochimique » pour de nombreux contaminants, notamment dans le cadre des politiques de réhabilitation des sites pollués,

- la contribution aux efforts de cartographie mondiale menés dans le cadre du partenariat global sur les sols de la FAO et des Nations Unies,

- l'apport des indicateurs de fonction et d'indice de multifonctionnalité pour la politique Zéro artificialisation nette ZAN issue de la loi Climat et Résilience du 22/08/2021,

- la prise en compte l'artificialisation des sols lors de l'élaboration des SCOT, des PLUi ou des PLU,

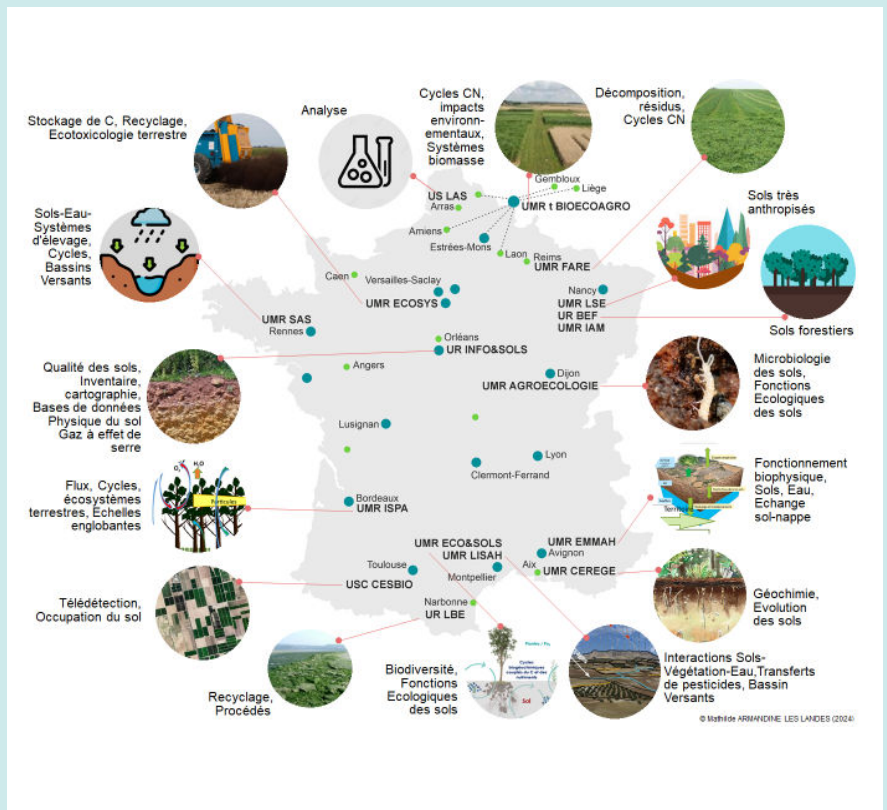
- l'accompagnement des décisions locales impactant les massifs forestiers, les parcs naturels, les bassins-versants ou encore les activités agricoles.

Une recherche scientifique sur les sols très diversifiée et de longue date à INRAE

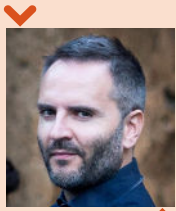
Les chercheurs d'INRAE se sont intéressés à la science des sols à travers de nombreuses problématiques connexes et parfois indépendantes des problématiques soulevées par le GIS Sol. Sur les 14 départements de recherche à INRAE, AGROECOSYSTEM mène à lui seul des recherches portant aussi bien sur la biodiversité et la microbiologie du sol, que sur l'étude des associations organo-minérales, ou encore l'écotoxicologie terrestre. Une multitude d'objets de recherche mobilisent par ailleurs la science des sols : l'étude des interactions plante-microorganismes telluriques et l'architecture racinaire au département BAP, ou encore

les symbioses mycorhiziennes et les sols forestiers au sein d'ECODIV.

Avec près de 10 000 articles recensés sur la plateforme HAL sur le mot clé « Sol », plus de 6 000 communications en congrès, près de 2 000 thèses et plus de 500 ouvrages, sans parler des mémoires d'étudiants et des divers rapports, la production scientifique d'INRAE dans le domaine des sols est considérable. Dans le même portail HAL, pas moins d'une centaine de mots clés en français et en anglais sont associés aux sciences du sol. D'une échelle microscopique, jusqu'aux interactions et phénomènes macroscopiques, les sols représentent un champ de recherche en plein développement à INRAE et ne cessent de bouleverser nos connaissances dans de multiples domaines.



Les recherches menées sur les sols à Inrae.



Fabrizio Botta
Adjoint au Chef
du dispositif national
de Phytopharma-
covigilance à l'Anses

L'Anses anime depuis 2015 un dispositif national de phytopharmacovigilance, unique en Europe. Ce dispositif permet de disposer de nombreuses données sur la présence de résidus de produits phytopharmaceutiques dans les milieux, les expositions et leurs éventuels effets sur les êtres vivants et les écosystèmes. Toutes ces informations servent à alerter sur des expositions à risque et à ce que des mesures soient prises afin d'y remédier. Nous avons notamment commandé l'étude prospective PhytoSol auprès du GIS Sol, via son Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS). L'Anses a ainsi accès à des données précieuses sur la présence de résidus dans les sols, croisées à des enquêtes culturelles auprès des agriculteurs. Ces données sont valorisées par l'intermédiaire de fiches descriptives synthétiques dédiées chacune à une substance active en vue de l'évaluation des produits phytopharmaceutiques au niveau français.

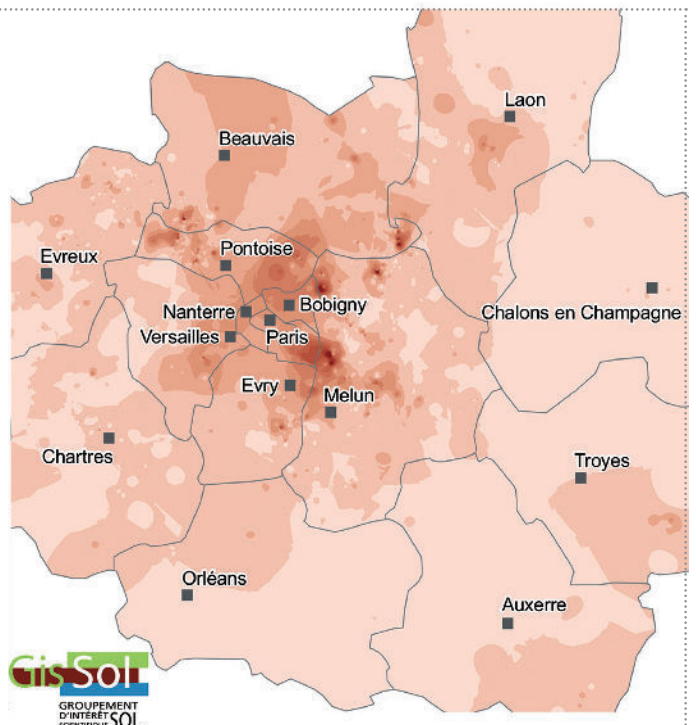
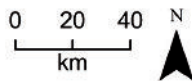
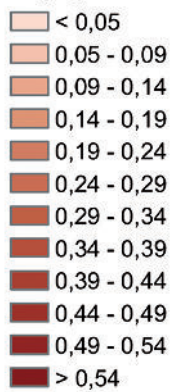
DES PRODUITS ET DES UTILISATEURS DIVERSIFIÉS

L'unité Info&Sols est un interlocuteur direct d'utilisateurs très divers de données sur les sols pour l'éclairage de politiques, l'aménagement du territoire, la recherche ou la gestion des ressources. En 2022, les géo-serveurs comptabilisaient près de 1 millions d'actions pour la base Agroenvgeo (<https://geodata.inrae.fr/datahub/news>), 2,5 millions sur la base BDAT avec près de 9000 fichiers téléchargés. Le rapport sur l'état des sols de France et ses synthèses françaises et anglaises ont été largement téléchargés et cités. Info&Sols coordonne ainsi 40 partenaires communs à RMQS et IGCS : bureaux d'études, chambres d'agriculture, associations, unités de recherche d'école d'agronomie, auxquels s'ajoutent une trentaine de laboratoires via le programme BDAT. Info&Sols travaille étroitement avec le Réseau Mixte Technologique (RMT) Sols et Territoires, créé en 2010. Le RMT

produit des outils facilitant la diffusion et l'appropriation des données du GIS Sol auprès d'acteurs divers : collectivités territoriales, agglomérations, structures de gestion de bassins-versants, établissements d'enseignement, associations... Ces échanges et collaborations permettent de coordonner les travaux, de développer des synergies, ainsi que d'identifier les besoins à venir en matière de recherche. Info&Sols assure également des actions de communication générale autour des différentes actions pour du GIS Sol (ex : site Web, rapport sur l'état des sols de France, ...) et la visibilité des produits du GIS auprès des utilisateurs. L'unité de recherche développe des outils de visualisation des données « Sol » (Geosol) et propose des annuaires de ses bases de données (Refersols, Applicasol, Repedo). Enfin, elle valorise également d'autres informations nationales du sol : tableaux de données, services web interopérables avec des outils cartographiques SIG ou encore des cartes.

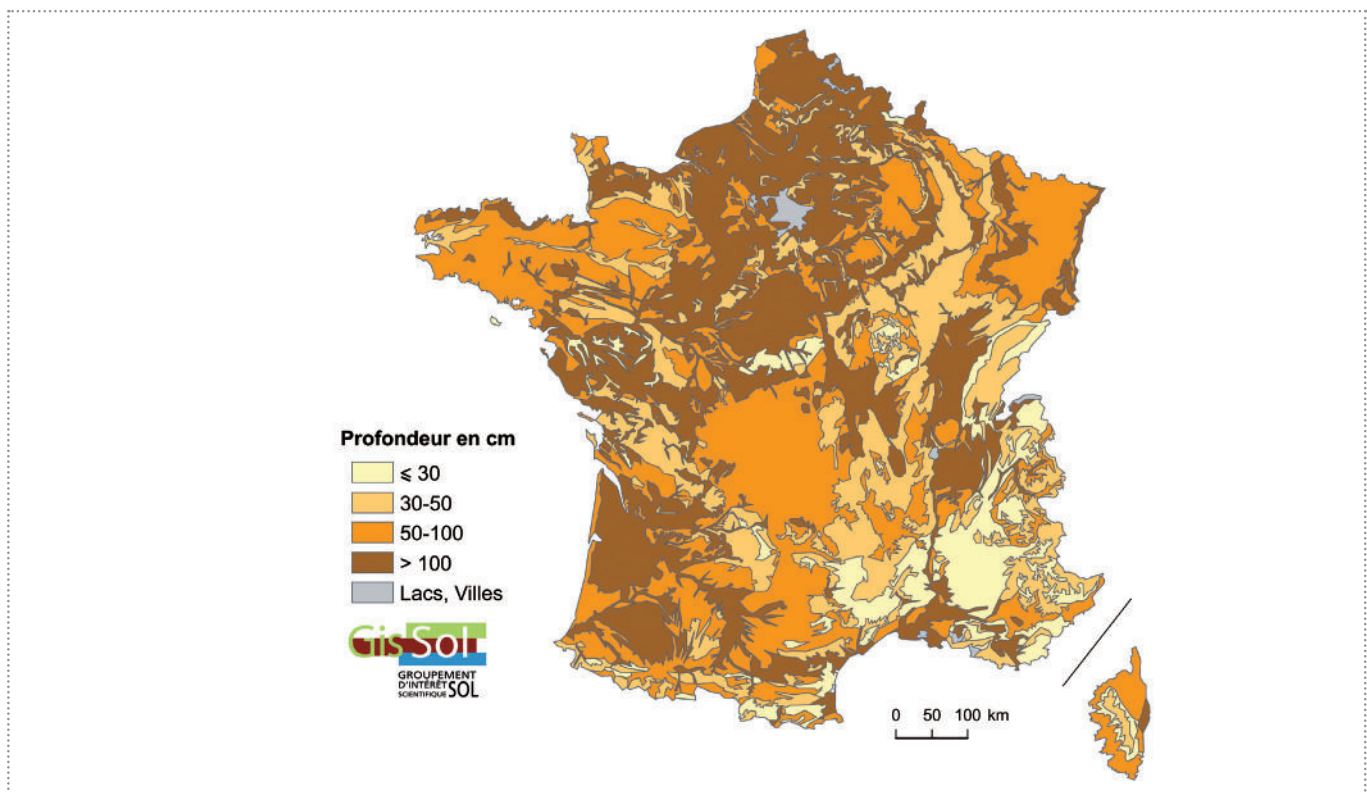


Teneur en mercure en mg.kg⁻¹



gisSol
GROUPEMENT
D'INTERET
SCIENTIFIQUE SOL

Cartographie de la distribution du mercure dans les horizons de surface du Bassin parisien (source : BDETM).



© Inra, Base de données géographique des sols de France à 1/1 000 000 (IGGS), 1998.

Cartographie de la profondeur moyenne des sols en France métropolitaine (source : IGGS).

➤ Les projets européens en appui de la gestion des services écosystémiques des sols

Les progrès réalisés sur la cartographie et la surveillance des sols ont permis de développer à la fois des outils et des indicateurs/seuils, et de faire avancer la recherche fondamentale. Désormais, le défi pour le GIS Sol est de :

- passer d'une offre de données sur les propriétés morphologiques, physiques, chimiques et biologiques des sols, à une offre de données sur des indicateurs de fonctions et de services des sols,
 - proposer un référentiel de modèles à mettre en œuvre pour estimer ces indicateurs, et accompagner dans leur utilisation,
 - proposer une offre de données plus facile d'accès, plus opérationnelle et adaptée aux contextes territoriaux,
 - intégrer les incertitudes dans les bases de données de la surveillance des sols.
- Depuis plusieurs dizaines d'années, les scientifiques d'INRAE mènent des

recherches pour qualifier les sols en mobilisant le cadre conceptuel des services écosystémiques : caractérisation des états et des menaces, des fonctions et services des sols. Ces travaux, réalisés au sein de projets nationaux (ANR SoilServ, MUSE et DESTISOL, expertises collectives) et européens (Landmark, SIREN, SERENA, EJP SOIL, BECHMARKS) ont fait l'objet de nombreuses publications et d'applications avec des partenaires (conseils régionaux, métropoles, etc.).

Le GIS Sol a lui-même soutenu depuis quelques années la construction et le déploiement d'indicateurs de certaines fonctions des sols, à partir de mesures et d'observations réalisées sur différentes propriétés des sols : concentrations en contaminants, nutriments, carbone organique, pH, de la végétation et du milieu. Des travaux ont été développés sur des

indicateurs comme l'aléa érosion, le réservoir en eau utilisable ou la biodiversité des sols.

La Commission Européenne souligne depuis les années 2000 l'importance de structurer nationalement une surveillance des sols. Sa volonté, exprimée lors de deux tentatives de Directives Cadres Sol, est d'évaluer l'état de santé des sols à l'échelle européenne. La mise en place d'un système de surveillance à grande échelle permettra de rétablir un bon état de santé des sols, pour répondre aux enjeux écologiques, économiques et sanitaires de demain. Véritable chantier scientifique, des découpages, de nouveaux indicateurs et des seuils seront potentiellement à définir et mobilisent les scientifiques INRAE à la veille d'une Directive annoncée pour 2025. ■

SOURCES DOCUMENTAIRES

Site web GIS Sol : présentation, outils, exemples d'utilisation de la base IGCS, RMQS, BDAT, BDETM.
<http://www.gissol.fr>

Dominique Arrouays, Marion Bardy, Nathalie G. Munier-Jolain, Ariane Gaunand, Laurence Colinet, *et al.* Système d'information sur les sols de France. [ASIRPA] auto-saisine. 2014, 14 p. (hal-01603434)

D. Arrouays, Pierre Stengel, Isabelle Feix, B. Lesaffre, Valéry Morard, *et al.* Le GIS Sol, sa genèse et son évolution au cours des vingt dernières années. *Étude et Gestion des Sols*, 2022, 29, pp. 365-379. (hal-03815433)

Pierre Renault, Chantal Gascuel, Isabelle Cousin, Véronique Antoni, Antonio Bispo, *et al.* Des propriétés des sols aux indicateurs de la qualité des sols, en appui aux politiques publiques et en réponse aux besoins de la société. *Étude et Gestion des Sols*, 2023, 30, pp. 207-222. (hal-04018969)

Claude GITTON (CGEDD), Gérard FALLON (CGAAER), Étude de parangonnage sur les dispositifs d'information concernant la qualité des sols agricoles, rapport CGEDD 013156-01 et CGAAER n° 19104, juin 2020

Carol BUY (CGAAER), Frédéric SAUDUBRAY (IGEDD), rapport CGEDD n° 014442-01, CGAAER n° 22068, Évaluation du groupement d'intérêt scientifique sur les sols (GIS Sol), Avril 2023



Description pédologique (texture, structure, couleur...) du sol par horizon réalisée dans une fosse de réception.



Direction de l'Appui aux Politiques publiques
Centre siège d'Antony
1, rue Pierre Gilles-de-Gennes
92160 Antony

Rejoignez-nous sur :



<https://www.app.inrae.fr/>

**Institut national de recherche pour
l'agriculture, l'alimentation et l'environnement**



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

INRAE