

Depuis 2001, le Gis Sol collecte des données sur les sols. Cette phase d'acquisition, nécessaire et fastidieuse, qui a pu sembler longue aux plus impatientes, porte désormais ses fruits.

Ainsi, l'analyse des concentrations totales en éléments traces permet de définir le fond pédo-géochimique régional ou national et de détecter, localement, des valeurs inhabituelles. Ces données peuvent être exploitées dans différents domaines, que ce soit pour l'épandage de déchets en agriculture ou pour les évaluations des risques liés aux sites pollués. L'utilisation complémentaire des concentrations extractibles à l'EDTA¹ aide à identifier l'origine des teneurs élevées en éléments traces (contamination anthropique liée à des traitements phytosanitaires par exemple ou anomalie naturelle liée à la roche mère) ou encore à prévoir les transferts vers les organismes vivants (notion de biodisponibilité).

Des essais méthodologiques sont en cours avec l'AFSSET afin de caractériser la contamination des sols en polluants organiques persistants (ex : dioxines, HAP, PCB, pesticides). Par ailleurs, l'INRA évalue également le potentiel du sol à être le réservoir d'organismes pathogènes de l'homme. Ces travaux viendront à court terme compléter l'image de la qualité des sols de France.

Les résultats des différents programmes de caractérisation des sols démontrent ainsi toute leur pertinence pour les politiques publiques de protection des sols ou de remise en état des sites pollués. Nous amorçons le début de la valorisation et de la diffusion des informations sur les sols : nul doute que cela suscitera de nouvelles demandes ou pistes de recherches...

PATRICK SOUET
ADEME

(Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
Directeur adjoint - Direction Déchets et Sols

DÉTECTION DE VALEURS ANOMALIQUES DES TENEURS EN ETM DES SOLS EN FRANCE, BASÉE SUR LE RMQS

Les données du Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS) ont permis de définir une valeur de référence locale révélant des valeurs anormales en fonction des teneurs en éléments traces métalliques (ETM) mesurées. La cartographie du bruit de fond en ETM obtenue est consultable sur le site internet du Gis Sol.

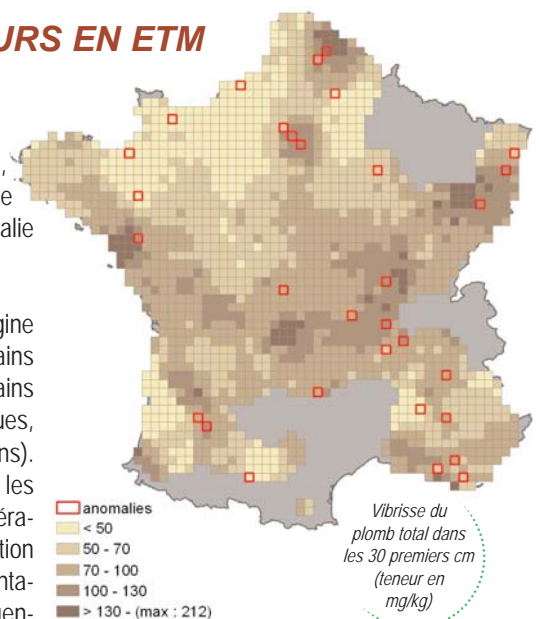
Les valeurs de référence de teneur en ETM dans les sols faisaient défaut pour qualifier la contamination du sol. Les ETM peuvent avoir deux origines : naturelle ou anthropique. A défaut de pouvoir strictement discriminer, dans la plupart des cas, l'une ou l'autre des origines, un bruit de fond réunissant fond pédogéochimique et contamination diffuse peut être établi à l'aide d'un référentiel calculé localement pour déterminer des anomalies ponctuelles. Les données du RMQS rassemblent les teneurs totales en Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Ti et Zn et les teneurs extractibles en Cd, Cu, Ni, Pb, et Zn, sur 2200 sites de mesure et deux profondeurs d'échantillonnage (0-30 cm et 30-50 cm). Elles ont servi de base au calcul de la vibrisse de Tuckey, calcul statistique appliqué sur les sites RMQS compris dans un rayon de 50km autour de chaque site. La vibrisse permet d'établir :

- un indicateur du bruit de fond régional (plus la vibrisse est élevée, plus les teneurs en ETM

de ce secteur sont élevées et inversement),
- une valeur de référence à partir de laquelle on peut supposer l'existence d'une anomalie ponctuelle.

Les valeurs élevées peuvent être d'origine naturelle. Les matériaux à l'origine de certains sols sont naturellement riches en certains ETM (cadmium dans les calcaires jurassiques, plomb et zinc dans les massifs hercyniens). Elle peuvent aussi avoir pour origine les activités humaines. Les grandes agglomérations et les activités associées (circulation automobile, incinération de déchets, implantations d'industries métallurgiques...) engendrent ou ont engendré des contaminations en ETM, notamment en plomb, en zinc et en cadmium. Certaines pratiques agricoles peuvent contribuer à l'enrichissement des sols en ETM. Certains produits phytosanitaires provoquent (ou ont provoqué) un apport non négligeable en ETM, comme l'arséniate de plomb ou les sels de cuivre dans les régions viticoles. Les additifs alimentaires dans certains élevages peuvent également être source d'ETM dans les sols comme le cuivre et le zinc utilisés pour l'élevage des porcs et présents dans les lisiers épandus sur les sols (Bretagne).

L'utilisation de la technique de calcul de la vibrisse permet de détecter une anomalie



ponctuelle, qui se différencie significativement des valeurs en ETM présentes dans le même secteur. Il s'agit donc d'une première approche nationale de la cartographie du bruit de fond en ETM dans les sols en France métropolitaine. Les résultats sont en ligne sur le site du Gis Sol (cf. Article " **Sur le web** " page 4). Des méthodes plus élaborées sont en cours de test afin de mieux séparer et modéliser les effets respectifs des matériaux parentaux et de la contamination diffuse sur le bruit de fond.

Estelle.Villanneau@orleans.inra.fr

¹EDTA : acide éthylène-diamine-tétraacétique permettant d'extraire une part relativement mobile de la teneur en éléments traces métalliques (ETM) d'un sol

LE CUIVRE ET SA MOBILITÉ DANS LES SOLS DE FRANCE

Le cuivre dans les sols peut avoir une origine naturelle ou être issu d'apports anthropiques. Les principales sources connues de cuivre anthropique sont les produits antifongiques, les émissions industrielles, et les compléments alimentaires cuivrés utilisés en élevage porcin.

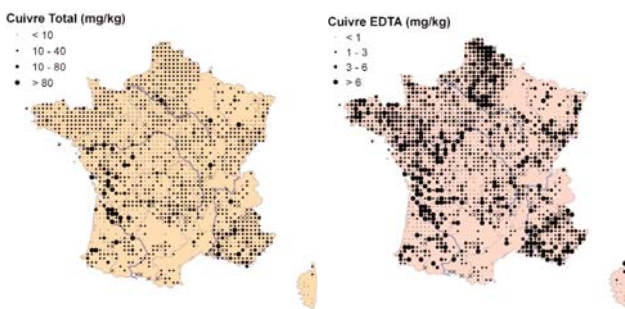
Le cartogramme du cuivre total fait ressortir assez nettement quelques très fortes valeurs dans quelques régions viticoles (Bordelais, vignobles du Val de Loire). Ce résultat était attendu, car l'accumulation du cuivre dans les sols viticoles est connue de très longue date. On note quelques valeurs élevées

plus ponctuelles (Paris, Sud-Est). L'utilisation de la valeur totale ne permet pas de mettre en évidence des contaminations plus légères et diffuses comme celles d'origine industrielle ou liées aux élevages porcins.

Le cartogramme du cuivre extrait à l'EDTA

rend compte de la distribution d'une forme du cuivre plus mobile que le cuivre total. Il fait apparaître beaucoup plus nettement de vastes zones de contamination diffuse (Bretagne, Nord de la France, région parisienne, Provence...). Il constitue par conséquent un meilleur indicateur de ce type de contamination. On observe par ailleurs que la mobilité relative du cuivre peut varier selon les sources. Le cuivre provenant des industries ou de l'élevage est en proportion nettement plus mobile que celui en provenance des traitements viticoles.

Dominique.Arrouays@orleans.inra.fr



Teneurs en cuivre total et EDTA issues du RMQS (Gis Sol)

DEUX NOUVEAUX PROGRAMMES FONDÉS SUR LE CONSERVATOIRE D'ÉCHANTILLONS DU RMQS

Le projet POP-RMQS vise à étudier la faisabilité de l'analyse de la distribution géographique de différents Polluants Organiques Persistants (une gamme de Dioxines, Furanes, PCBs, HAPs, Pesticides organochlorés, triazines et phénylurées) dans les sols français via une stratégie d'échantillonnage portant sur une sous-population du

Réseau de Mesures de la Qualité des Sols. Ce projet correspond à une phase de test, visant à analyser la pertinence du choix de différents POP vis-à-vis de leur détectabilité dans les sols, et à mettre en évidence d'éventuels gradients régionaux de contamination. Cette étude devrait permettre d'orienter les choix des paramètres à mesurer systématiquement dans le cadre du réseau complet.

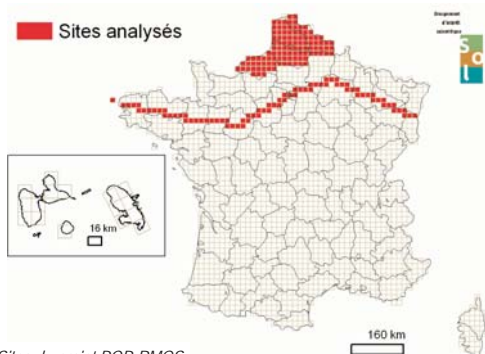
et la Seine-Maritime. L'échantillonnage couvrira ce gradient d'urbanisation et d'industrialisation, ainsi que divers modes d'occupation des sols. 78 sites seront répartis selon un transect Ouest-Est recouvrant des stations de mesures de dépôts humides de pesticides.

Le financement de cette opération est assuré par l'AFSSET¹, notamment dans le cadre des travaux de l'Observatoire des Résidus de Pesticides². Un volet méthodologique sera financé par l'ADEME.

¹AFSSET : Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

²www.observatoire-pesticides.gouv.fr

Olivier.Briand@afsset.fr



Sites du projet POP-RMQS

Le projet Patho-RMQS vise à :

- évaluer le potentiel du sol à constituer un réservoir i.e. milieu assurant la survie, le développement et la dispersion de bactéries pathogènes de l'homme, via une stratégie d'échantillonnage portant sur l'ensemble du territoire métropolitain,
- hiérarchiser les facteurs abiotiques (facteurs climatiques et physico-chimiques, distribution floristique, source de contamination, fertilisation, usage de pesticides) et biotiques (densité, structure génétique des communautés bactériennes indigènes) influençant la dynamique de ces pathogènes.

Les pathogènes ciblés sont des pathogènes "primaires" (*Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Clostridium difficile*, *Enterococcus faecalis*, *Leptospira*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Burkholderia pseudomallei*) et des pathogènes opportu-

105 sites seront répartis selon un gradient péri-urbain et agricole/industriel sur un ensemble géographique comprenant la Région Nord - Pas-de-Calais, la Somme

nistes (*Pseudomonas aeruginosa*, *B. cenocepacia*, *B. multivorans*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Nocardia asteroides*, *Acinetobacter baumannii*, *Achromobacter xylosoxidans*, *Aeromonas hydrophila*, *A. caviae*) se différenciant également par leur distribution présumée dans l'environnement (sols/rhizosphère, animal/humain, aquatique).

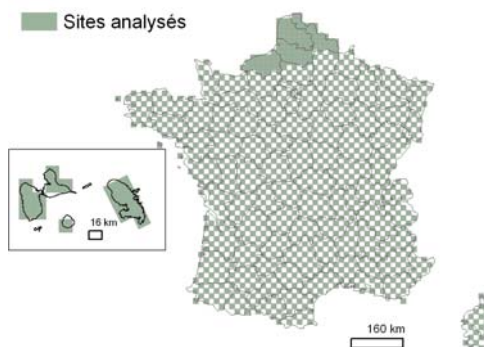
La détection et la quantification des pathogènes seront réalisées par amplification PCR³ en temps réel sur des extraits d'ADN du sol, en ciblant des marqueurs génétiques spécifiques de chaque espèce et préalablement optimisés pour un criblage fiable des sols. Des stratégies de restriction et séquençage, d'enrichissement sur milieu de culture sélectif, d'études de survie en microcosmes de sol viendront compléter cette approche.

Le projet PATHO-RMQS est financé par l'ANR⁴ Santé-Environnement et Santé-Travail.

³ PCR ("Polymerase Chain Reaction") : technique de réplication ciblée *in vitro*.

⁴ ANR : Agence nationale de la recherche

Nazaret@biomserv.univ-lyon1.fr



Echantillonnage du projet PATHO-RMQS (Phase 1)

COLLECTE NATIONALE D'ANALYSES D'ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES

Dans le cadre de la réalisation des plans d'épandage des boues d'épuration, de nombreuses analyses d'éléments traces métalliques (ETM) dans les sols sont effectuées chaque année en France. Cette masse de données a été exploitée afin d'obtenir un maximum d'informations sur la qualité des sols cultivés français.

Sur un financement de l'ADEME, l'INRA d'Orléans a réalisé un travail de collecte et de traitement des données antérieures à mai 1998. La base de données ainsi constituée pour l'ADEME est désormais mise à la disposition du Gis Sol (une réflexion sur son actualisation est en cours). Elle livre des informations inédites sur les teneurs en ETM des sols agricoles français et sur leur répartition dans l'espace.

Les résultats d'analyses de 11 300 sites irrégulièrement répartis sur le territoire ont ainsi pu être rassemblés, dont 8 000 seulement ont pu être géoréférencés avec précision.

Les analyses de Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se et Zn portent sur les horizons de surface des sols cultivés. Les résultats obtenus avant les

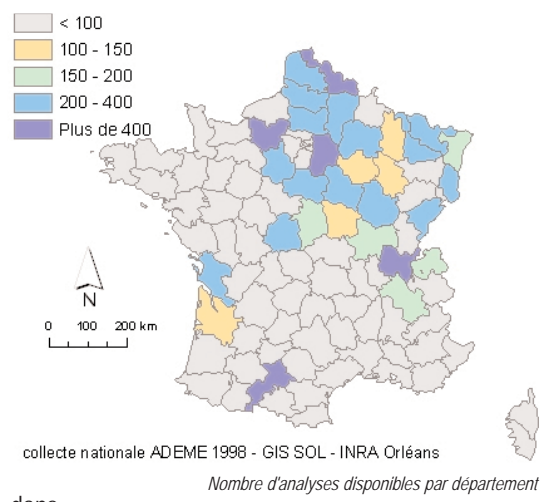
épandages de boues d'épuration traduisent donc à la fois le fond pédogéochimique naturel local et la somme des apports liés aux activités humaines, récentes ou plus anciennes. Les causes de ces contaminations anthropiques peuvent être agricoles (amendements, fertilisants), urbaines ou industrielles ; les sources peuvent être locales ou diffuses.

Des traitements statistiques ont été effectués et sont présentés selon différents découpages du territoire (national, départemental, par régions agricoles) et pour les sols développés dans certains matériaux parentaux tels que les "limons des plateaux" du Bassin parisien ou les craies de Champagne.

Etant donné la répartition géographique très imparfaite des données, aucune cartographie nationale n'a pu être établie.

Seuls des cartogrammes ont pu être réalisés pour certaines régions ou groupes de départements. Ils sont souvent très parlants.

Un document de synthèse a été rédigé en janvier 2007 : " Teneurs en huit éléments en traces (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) dans



les sols agricoles en France - Résultats d'une collecte de données à l'échelon national " (cf. Article " *Sur le web* " page 4).

Dans le cadre de la mise en place d'une politique européenne de protection des sols, cette base et l'ouvrage qui synthétise les principales conclusions sont une contribution majeure pour la connaissance de la qualité des sols cultivés français et notamment des niveaux de contamination diffuse.

Denis.Baize@orleans.inra.fr

LA BIODISPONIBILITÉ : UN CONCEPT SIMPLE À DÉFINIR MAIS COMPLEXE À MESURER !

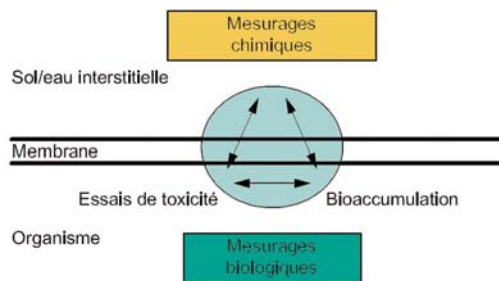
La norme ISO 17402 propose des lignes directrices pour la sélection et l'application de méthodes permettant d'évaluer la biodisponibilité des contaminants (métalliques et organiques) pour la caractérisation des sols.

Ce document ne définit pas les meilleures méthodes applicables, mais spécifie les principes et indique des protocoles avec leurs exigences minimales. Il définit la biodisponibilité comme le degré auquel des substances chimiques présentes dans le sol peuvent être absorbées ou métabolisées par un récepteur humain ou écologique, ou être disponibles pour une interaction avec les systèmes biologiques. La norme établit que la biodisponibilité est spécifique d'un organisme cible et d'un contaminant et qu'elle dépend des aspects suivants : le temps d'exposition, le transfert de contaminants du sol vers l'organisme, leur accumulation dans l'organisme cible et les effets ultérieurs. La biodisponibilité est donc un procédé dynamique qui peut être décrit à l'aide des trois notions suivantes :

a) disponibilité du contaminant dans le sol

(=disponibilité environnementale),
b) absorption du contaminant par l'organisme (=biodisponibilité environnementale),
c) accumulation et/ou effet du contaminant dans les organismes (=biodisponibilité toxicologique).

La norme introduit également le fait que certains organismes comme les végétaux



Méthodes d'évaluation de la biodisponibilité

peuvent modifier les caractéristiques du sol (ex : modifications du pH), rendant ainsi les contaminants plus ou moins disponibles.

La norme précise que la biodisponibilité peut être évaluée selon deux manières complémentaires : (i) les méthodes chimiques (ex : méthodes d'extraction), qui déterminent la

fraction disponible d'une classe de contaminants et/ou (ii) les méthodes biologiques, qui exposent les organismes aux échantillons de sol afin de mesurer les effets. En cas d'accumulation et/ou d'effets (ex : mortalité, inhibition de croissance), des contaminants biodisponibles sont susceptibles d'être présents, même s'ils ne peuvent pas être chimiquement identifiés. Lors d'une évaluation de routine de la qualité du sol, il est possible de remplacer les essais biologiques par des mesures chimiques, si une corrélation a été démontrée entre les valeurs chimiques et l'effet ou l'accumulation.

Cette norme propose ainsi un cadre harmonisé sur la biodisponibilité, afin de promouvoir le développement et l'introduction de méthodes normalisées pour l'évaluation de la qualité des sols.

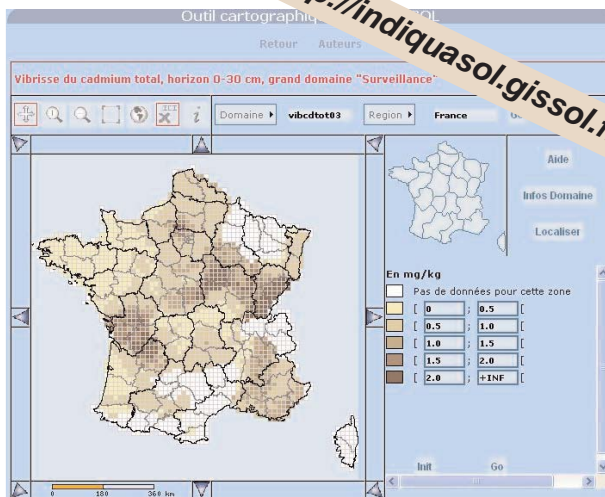
Antonio.Bispo@ademe.fr

SUR LE WEB

Le site du Gis Sol s'est enrichi : un document de synthèse sur les teneurs en éléments en traces dans les sols agricoles en France d'une part et une cartographie interactive du bruit de fond en ETM d'autre part, sont désormais à disposition du public.

Depuis avril 2008 le document de synthèse : "Teneurs en huit éléments en traces (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) dans les sols agricoles en France - Résultats d'une collecte de données à l'échelon national" est accessible sous deux formes : directement sur le site du Gis Sol

(<http://www.gissol.fr/programme/bdetm/bdetm.php>) et sous la forme d'un document au format pdf téléchargeable. Ce dernier ne reprend pas l'intégralité des travaux réalisés : afin d'alléger sa lecture, seuls les tableaux, figures et cartes les plus illustratifs ont été sélectionnés. D'autres tableaux, figures et cartes complémentaires, ainsi que des commentaires les accompagnants sont



Seuil d'anomalie du cadmium sur le serveur cartographique du Gis Sol

accessibles par de simples clics.

D'autre part, à partir des données du RMQS, le Gis Sol a réalisé 28 cartes de détection de valeurs anormales des teneurs en ETM des sols, couvrant l'ensemble du territoire. Elles sont accessibles à partir de l'application

INDIQUASOL¹

(<http://indiquasol.gissol.fr/>). Pour cela, il faut sélectionner le domaine "surveillance" dans une liste déroulante puis le sous-menu "seuil de détection d'anomalie (RMQS)" choisir la profondeur désirée (0-30 ou 30-50 cm), puis l'ETM. Un menu "Infos domaine" explicite comment les cartes ont été obtenues. Ces cartes en ligne pourront servir de référentiel aux gestionnaires institutionnels (grandes agglomérations, DRIRE²) ou privés (professionnels de la dépollution des sols et de la réhabilitation des friches industrielles) ou des espaces naturels et agricoles (préconisations de pratiques agricoles, etc.).

¹ Base de Données Indicateurs de la Qualité des Sols

² Directions Régionales de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement

Gerald.Yart@orleans.inra.fr

PUBLICATION

Baize D., Deslais W. et Saby N., janvier 2007. Teneurs en huit éléments en traces (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) dans les sols agricoles en France. Résultats d'une collecte de données à l'échelon national. Rapport final. ADEME. Angers, Convention 0375 C0035

http://www.gissol.fr/programme/bdetm/_rapport_anademe/rapport/contents.php

Étude menée par SOGREAH pour l'ADEME. Rapport final, mai 2007 : Bilan des flux de contaminants entrant sur les sols agricoles de France métropolitaine. Disponible au format pdf au service Documentation de l'ADEME.

Dewolf Yvette, Bourrié Guilhem coordinateurs, 2008. Formations superficielles (Les). Génèse - typologie - Classification - Paysages et environnements - ressources et risques. Hors collection. 978-2-7298-3556-9, DEWFOR. 896 pages.

AGENDA

Initiation et sensibilisation à l'utilisation des BDSol IGCS en Poitou-Charentes et Pays de Loire, Approche de la thématique "réserve utile des sols", Mignaloux-Beauvoir (Vienne), 19-20/06/2008 ; pour en savoir plus : francoise.azanneau@poitou-charentes.chambagri.fr

Excursion terrain, Société Suisse de Pédologie et AFES, Chambéry-Genève, 05-06/09/2008 ; pour en savoir plus : keller@cerege.fr

Functions of microbial communities in soils: Impact of anthropisation and sustainable use, Ecole d'été Franco-allemande, LIMOS, Nancy (Meurthe-et-Moselle) 08-19/09/2008 ; pour en savoir plus : thierry.beguiristain@limos.uhp-nancy.fr

Journée thématique Gis Sol - AFES, Les sols au cœur de l'environnement : de la région à l'Europe, Paris - Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 05/12/2008.

Le Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Sols

Le Gis Sol a été créé en 2001. Il regroupe le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (MAP), le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT) représenté par l'Institut Français de l'Environnement (IFEN), l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Son objectif est de constituer et de gérer un système d'information sur les sols de France répondant à échéance réaliste aux besoins régionaux et nationaux, dans le contexte européen. Le Gis Sol organise la concertation et la coopération entre ses membres dans le but de concevoir, orienter, coordonner, et s'assurer que se réalisent dans les meilleures conditions, des actions d'inventaire géographique des sols, de suivi opérationnel de leurs qualités, de création et de gestion d'information répondant aux demandes des pouvoirs publics et de la société.

www.gissol.fr

La Lettre du Gis Sol

Directeur de la publication :

Bruno TREGOUET (Directeur de l'IFEN, co-président du Gis Sol)

Equipe de rédaction :

Véronique ANTONI
Dominique ARROUAYS
Antonio BISPO
Michel BROSSARD
Jean-Luc FORT
Jean-Claude LACASSIN
Didier RAT (co-président du Gis Sol)
Nathalie SCHNEBELEN
Gérald YART

Contact Gis Sol :

INRA ORLEANS/INFOSOL :

Dominique ARROUAYS
Directeur d'Infosol
2163 Av. de la Pomme de Pin
CS 40001-Ardon
45075 ORLEANS CEDEX 2
Tél : 02.38.41.48.27
Fax : 02.38.41.78.69
Courriel : infosol@orleans.inra.fr

Responsable Communication-édition

Véronique ANTONI
Courriel : Veronique.Antoni@developpement-durable.gouv.fr

Conception graphique :

Sacha DESBOURDES

DÉPÔT LEGAL :

ISSN 1779-3742