

L'IRD - Institut de Recherche pour le Développement - est présent dans l'Outre-mer français en Nouvelle-Calédonie, Guyane, à la Martinique, à la Réunion et en Polynésie française. Près de 4 % de nos concitoyens vivent dans les territoires ultramarins, qui sont divers et dont les îles sont fortement peuplées. L'occupation et les usages des sols y sont souvent désordonnés et remettent en cause des patrimoines, altèrent les fonctions assurées par les sols. Dès lors, la question des sols reste entière, et elle est associée à des enjeux qui touchent à la gestion des territoires et aux questions environnementales

L'IRD a rejoint le Gis Sol en 2006 (Lettre du Gis Sol n°8). L'action s'est essentiellement développée dans le cadre du programme Inventaire Gestion et Conservation des Sols (IGCS) et l'IRD a apporté son soutien à une des campagnes du Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS). Le travail accompli a permis de faire l'inventaire, de sauvegarder une

partie des données existantes dans un système d'informations et de proposer des synthèses pédologiques des territoires français ultramarins tropicaux. Cela a permis également d'inventorier les manques et les nécessités de compléments d'inventaires, en Guyane en particulier.

En cette année des Outre-mer, et à l'heure du bilan du cycle 2005-2010 du Gis Sol, cette lettre met l'accent sur quelques réalisations et porte l'attention sur des sujets d'actualité des sols d'Outre-mer. Pour l'IRD, sa participation au Gis Sol manifeste l'importance qu'il accorde au sol, élément clef des agroécosystèmes et du développement.

Bernard Dreyfus

Directeur général délégué à la Science - IRD

BILAN DE L'AVANCÉE DE L'INVENTAIRE DES SOLS DE L'OUTRE-MER

Lors du programme Inventaire Gestion et Conservation des sols (IGCS) les travaux de l'IRD (dont l'US VALPEDO jusqu'en 2007), ont contribué à la sauvegarde et à la modernisation de données pédologiques. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre de la convention du Gis Sol 2005-2010.

Les travaux se sont déroulés selon deux axes. Un axe technique avec pour objectif la sauvegarde et la mise à disposition de données pédologiques acquises à diverses périodes ; et un axe thématique qui a permis de réaliser des synthèses et de proposer de nouvelles organisations morphopédologiques des paysages à partir de données existantes en Outre-mer.

La Nouvelle Calédonie : la réalisation d'une synthèse sur les sols et les paysages des trois provinces du Territoire a débuté en 2004 et

s'est achevée en 2007. Elle s'appuie sur les études antérieures de l'ORSTOM réalisées entre 1950 et 1990. Cette synthèse associe un système d'information géographique (SIG) à une base de données sol/environnement ; une base photographique complète l'ensemble.

La Martinique : ce chantier a été engagé en 2005. En partie initié par INFOSOL (INRA) dans le cadre d'une spatialisation du carbone des sols (Lettre du Gis Sol n° 8), il intègre maintenant l'ensemble des inventaires produits sur cette île.

L'archipel de la Guadeloupe : ce chantier est en cours, INFOSOL a réalisé une première version du SIG de la Basse Terre au 1/100 000 et l'intégration des cartographies à petite échelle est en cours. La base de données sol/environnement n'est pas encore constituée. Elle sera basée sur un premier lot de 128 profils de sol de Grande Terre, 354 de Basse Terre et 12 de Marie Galante.

La Guyane : Une petite partie du territoire a été cartographiée (13%). L'analyse des données disponibles confrontée à des observations de terrain a permis de caractériser 5 grands paysages et 20 paysages morphopédologiques. Ce travail est aussi un outil préalable à de futurs travaux de terrain dans les parties non prospectées du territoire. Actuellement la base sémantique contient 662 profils de sols.

La Réunion : cf. cette lettre, page 2.

La principale production est celle de bases de données. Bien que seulement en partie visible sur le web, les lignes de code pour le développement des interfaces de la base de données Valsol et la constitution du site web sont actuellement d'un nombre voisin de 30 000.

Michel.Brossard@ird.fr
Herve.LeMartret@ird.fr



Altérations sur schistes en Guyane

RECYCLAGE AGRICOLE DES DÉCHETS ORGANIQUES DANS DES SOLS TROPICAUX, IMPACT SUR LES TRANSFERTS D'ETM

Face à l'augmentation de la production de déchets dans les régions de l'Outre-mer comme La Réunion, il est demandé aux décideurs politiques et aux scientifiques de proposer des solutions de valorisation pérennes. Le recyclage agricole est une de ces solutions, mais suppose une bonne appréciation des impacts environnementaux.

La présence en quantité élevée à l'état naturel d'éléments traces métalliques (ETM) dans les sols de La Réunion soulève un problème spécifique : l'épandage de déchets organiques ne risque-t-il pas de conduire à des transferts des ETM des sols vers les cultures ou les nappes d'eau ? En milieu tropical, les éléments pour répondre à cette question manquent. Un projet de recherche financé par l'ADEME (programme GESSOL 2¹), la Communauté Européenne (FEOGA²) et la région Réunion a ainsi permis d'évaluer l'impact du recyclage agricole des déchets organiques sur les transferts d'ETM dans des sols tropicaux. Dans le cadre de ce projet, l'impact de l'épandage de déchets organiques sur la spéciation (caractérisation des formes sous lesquelles se trouvent les éléments) et le transfert des ETM présents dans des sols

réunionnais a été évalué. Il s'est agi de déterminer la spéciation des ETM des sols de La Réunion et son évolution suite à l'apport de déchets organiques, puis de quantifier la mobilité des ETM entre les différents compartiments (sol, plante et eau). Pour cela, trois sols naturellement riches en ETM et représentatifs de la diversité des conditions pédologiques rencontrées sur l'île de La Réunion ont été sélectionnés, ainsi que deux déchets organiques (compost de déchet vert et lisier de porc) avec des propriétés contrastées.

L'ensemble des résultats concernant la spéciation des ETM dans les sols sont cohérents entre eux quelle que soit la méthode utilisée (chimique ou spectroscopique). En effet, ils montrent que malgré les concentrations élevées en ETM des sols étudiés, les ETM ne sont pas ou peu mobiles ni disponibles pour les plantes. Malgré des évolutions importantes des propriétés physico-chimiques, comme l'acidification et l'augmentation de la salinité, aucune augmentation de la fraction échangeable des ETM au cours des incubations n'a été détectée. Autrement dit, la minéralisation de la matière organique (MO) issue des déchets organiques épandus sur les sols ne se traduit



Epandage de lisier de porc sur une parcelle expérimentale

pas par le relargage d'une quantité significative d'ETM dans l'environnement, ou si ce phénomène a lieu les ETM sont rapidement piégés par les minéraux ou les MO du sol. Les expériences conduites en colonnes de sol ou *in situ* sur des parcelles expérimentales donnent des résultats concordants : l'épandage de lisier de porc se traduit par une accumulation de cuivre et de zinc dans les premiers centimètres du sol et aucune mobilité des ETM présents dans les sols n'a été enregistrée.

Pour en savoir plus : <http://etmreunion.cirad.fr/>

Doelsch@cirad.fr

¹ Programme de recherche du Ministère en charge de l'Ecologie : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-matieres-organiques-du-sol.html>

² Fonds européen d'orientation et de garantie agricole

SYNTHÈSE MORPHOPÉDOLOGIQUE DE LA RÉUNION

Une compilation des données existantes puis une synthèse morphopédologique ont été réalisées dans le cadre du programme Inventaire Gestion et Conservation des sols (IGCS). Ces travaux sont regroupés dans une base de données sol-environnement.

L'île de La Réunion, émergée il y a environ 2 millions d'années, étant relativement jeune, les paysages morphopédologiques montrent un degré élevé de complexité. Constituée de deux volcans boucliers imbriqués l'un dans l'autre culminant à 3069 m, l'île a largement été entaillée sous l'effet des pluies torrentielles

tropicales et des événements tectoniques intenses. De larges et profonds cirques occupent la partie centrale du massif du piton des Neiges et d'importantes et de nombreuses ravines façonnent le paysage. Le piton de la Fournaise, volcan très actif, occupe la partie Est de l'île.

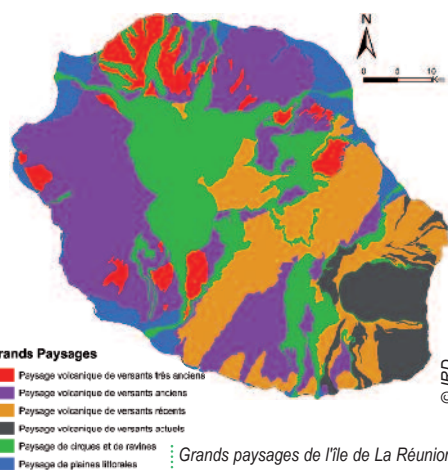
Les roches de l'île sont quasi exclusivement volcaniques (hormis les récifs coralliens), de composition principalement basaltiques, mais peuvent localement être plus acides (trachytes). En place, elles se présentent sous de nombreuses formes : coulées massives ou scoriacées, dépôts de cendres et de lapilli, tufs. Remaniées, toutes les formes sont possibles : éboulis, alluvions de toutes tailles, coulées de solifluxion et lahars (coulées boueuses à débris de roches volcaniques de toutes tailles).

Le climat tropical régional conjugué à l'altitude importante de l'île entraîne des contrastes importants de pluviométrie et de température. Ces contextes géologique et climatique actifs conditionnent formes, modèles et sols.

La synthèse des études précédentes (de 1960 à 2008) et la prise en compte de travaux géologiques récents ont permis de construire une carte des pédopaysages de l'île. La

morphologie générale (versants, cirques, ravins et plaines) conjuguée à l'âge et la nature des matériaux conditionnent une organisation en 6 grands paysages. Les variations climatiques locales (dues à l'altitude et à l'exposition aux vents) et la morphologie de détail permettent le découpage de 20 pédopaysages au sein de ces grands paysages. La base de données comprend actuellement les données ponctuelles de 256 profils de sols.

La typologie des sols est très diverse, toutefois les sols les plus répandus sur l'île sont les andosols au sens large, formés sur matériaux meubles et sous climat humide. Vertisols et sols bruns se développent dans les régions les plus sèches et quelques sols ferrallitiques apparaissent localement sur les matériaux les plus anciens. La taxonomie World Reference Base (WRB) s'applique mal aux échelles des îles volcaniques, alors que la dernière proposition du Référentiel Pédologique (RP) peut s'appliquer dans une bonne partie des unités cartographiques de sols inventoriées à l'échelle du 1/100 000^{ème}.



Grands paysages de l'île de La Réunion

Elodie.Dupuits@ird.fr
Michel.Brossard@ird.fr

CONTAMINATION DES SOLS DE GUYANE PAR LE MERCURE

Les ferralsols de Guyane riches en oxydes de fer et à drainage de l'eau efficient fixent le mercure d'origine atmosphérique. Au contraire, les sols hydromorphes des bas-fonds remaniés par l'orpaillage libèrent du mercure dans les cours d'eau sous sa forme bioaccumulable, la plus toxique.

Les sols sont un compartiment majeur de stockage du mercure dans les écosystèmes terrestres. Leurs constituants organiques et minéraux ont, en effet, la capacité de complexer, adsorber, voire intégrer cet élément trace métallique. Les sols jouent donc un rôle de puits du mercure émis par les volcans, les océans et les activités industrielles, et disséminé dans l'environnement via l'atmosphère à l'état de mercure élémentaire gazeux. Mais les sols interviennent aussi dans le cycle du mercure, en régulant les flux vers les milieux aquatiques et son retour vers l'atmosphère. En Guyane, c'est l'ancienneté des ferralsols et leur teneur élevée en oxydes métalliques qui expliquent leur richesse en mercure (autour de $0,4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Les activités humaines, comme l'orpaillage ou la déforestation, contribuent à cet enrichissement. A l'inverse, elles peuvent

aussi accélérer la mobilisation et le relargage du mercure dans l'environnement, en amplifiant les processus d'évolution des sols tels que l'érosion et l'hydromorphie.

La Guyane a connu plusieurs ruées vers l'or depuis le 19^{ème} siècle. Il en résulte de fortes pollutions sur les chantiers d'orpaillage (jusqu'à $10 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), où du mercure a été utilisé pour extraire l'or. Cependant, que l'exploitation aurifère ait utilisé ou non du mercure, son impact le plus visible sur l'environnement est l'accroissement de la turbidité des rivières en aval des chantiers, suite à l'érosion des sols et à l'entraînement des particules les plus fines qui sont les phases porteuses de mercure. En outre, les sols hydromorphes des bas-fonds, fortement remaniés par l'orpaillage, ainsi que les bassins de décantation ou plans d'eau artificiels, sont des réacteurs géochimiques. Ils produisent la forme de mercure la plus toxique et accumulable par les organismes vivants, le monométhylmercure. Dans ces différents contextes, les fortes teneurs en mercure, sulfate, carbone organique et fer



Chantier d'orpaillage dans un paysage ferrallitique de Guyane

dissous, ainsi que les conditions anoxiques des eaux stagnantes, favorisent l'activité des bactéries sulfato- et ferri-réductrices impliquées dans la biométhylation du mercure.

Il est donc indispensable de limiter les émissions de mercure dans les milieux aquatiques et son accumulation le long de la chaîne alimentaire. Cela implique la modification des pratiques d'orpaillage, par exemple l'utilisation de flocculants pour accélérer la décantation des particules dans les bassins, et permettre sans délai la réhabilitation et la reforestation des sites miniers.

Michel.Grimaldi@ird.fr

POLLUTION PAR LA CHLORDÉCONE AUX ANTILLES : DIAGNOSTIC, PERSPECTIVES DE REMÉDIATION

Plus de dix ans après son interdiction, la chlordécone, utilisée autrefois aux Antilles comme insecticide, contamine durablement les cultures et l'environnement. La recherche agronomique s'est mobilisée pour répondre aux questions posées par la gestion de cette crise.

La chlordécone, molécule organochlorée de synthèse, était utilisée aux Antilles comme insecticide contre le charançon du bananier de 1972 à 1993. Depuis 2000, la contamination des eaux de rivières et de sources, de certaines denrées alimentaires et de la vie aquatique est avérée. Des mesures de traitement des eaux, d'interdiction et de

contrôle des cultures et de la pêche ont été prises pour limiter l'exposition des consommateurs.

Où les sols sont-ils pollués ? Des cartes de risques de pollution des sols, fondées sur l'occupation rétrospective en bananeraies, ont été établies et validées par des analyses. Les parts de surface agricole utile polluées sont de 1/5^{ème} en Guadeloupe et 2/5^{ème} en Martinique.

Combien de temps va durer la pollution ? La chlordécone était épanchée sur des sols volcaniques riches en argiles et en matière organique, sur laquelle elle s'est fortement fixée. Le faible ruissellement en transporte peu, limitant la pollution des terres indemnes. Seul le lessivage de la molécule par les eaux

percolant en abondance dans les sols à forte capacité d'infiltration assure sa lente dissipation¹. Elle ne se dégrade pas dans les sols aérés. Sa persistance se compte en décennies ou en siècles selon les sols. Pour les mêmes quantités de chlordécone apportées, les sols les moins durablement pollués sont actuellement les plus contaminants pour les cultures et les eaux.

Comment les cultures sont-elles contaminées ? Les racines, en contact avec l'eau du sol, sont les

plus contaminées. Cependant les parties aériennes sont contaminées par la chlordécone entraînée par le flux de sève des racines aux feuilles. La contamination des organes récoltés dépend de leur position dans ce flux et des tissus « filtres » traversés. Ces connaissances permettent de suggérer les cultures possibles selon le niveau de pollution d'un sol. Certains produits agricoles restent cependant indemnes malgré la pollution (fruits d'arbres, banane, ananas, tomate, piment ...).

Comment remédier à la pollution des sols ?

Un effort collectif de recherche est engagé pour trouver des solutions de dépollution : dégradation microbienne, conditions écologiques de la dégradation, couplage avec des méthodes physico-chimiques. Tant que leur dépollution ne sera pas effective, les sols contamineront les milieux. Même pollués, les sols conservant leur potentiel de fertilité, il convient de définir les cultures, les systèmes d'élevage et les pratiques limitant les transferts et compatibles avec les niveaux de chlordécone biodisponible.

Yves-Marie.Cabidoche@antilles.inra.fr

¹ Y.-M. Cabidoche et al., *Environmental Pollution* 157 (2009) 1697-1705



Promiscuité des agrosystèmes et écosystèmes côtiers (Guadeloupe)

SUR LE WEB : MIRURAM VALPEDO

Le site Web, **MIRURAM VALPEDO** est constitué de pages Html générées par un lien dynamique avec la base de données VALSOL, base de données sols des régions méditerranéennes et tropicales. Ces pages donnent accès à des exemples d'information pédologique à partir de liens textuels ou de documents cartographiques interactifs.



Les objets géographiques présents dans cette base sont affichés sur le WEB au format MapServer en fonction de la requête demandée. Cette technologie permet d'effectuer des agrandissements d'une zone sans perte de qualité.

Elle offre également la possibilité d'afficher les informations relatives à l'élément sélectionné

sur la carte par un simple "clic" de la souris en associant des événements aux entités du document. L'exemple présenté ici montre l'interface de la carte des morphopaysages de la Nouvelle Calédonie.

Le site "Miruram : milieu rural et aménagement"

Herve.LeMartret@ird.fr

AGENDA

Ecole Thématique " Biodiversité et Ecologie du Sol " ; Station Biologique de Paimpont (Université de Rennes 1) - 35380 Paimpont ; 17-21/10/2011. Pour en savoir plus : Catherine.Racineux@univ-rennes1.fr

PUBLICATIONS



Mathieu C. & Lozet J., 2011. Dictionnaire encyclopédique de Science du Sol. Lavoisier. 733 p.
Pour en savoir plus : <http://www.lavoisier.fr/livre/notice.asp?id=3LKW2OAR2R6OWE>

Nouvelle collecte nationale d'analyses d'Éléments Traces Métalliques : statistiques par région agricole.
Pour en savoir plus : http://www.gissol.fr/programme/bdetm/Collecte_2/index.php

Observatoire des résidus de pesticides. Pour en savoir plus : <http://www.chlordecone-infos.fr>

Pôle de recherche agro-environnementale de la Martinique, 2011. Remédiation à la pollution par la chlordécone aux Antilles. Les Cahiers du PRAM n° 9-10, avril 2011. 51 p. Téléchargeable en PDF : <http://www.pram-martinique.org/>



Ruellan A., 2010. Des sols et des hommes, un lien menacé. Editions IRD, Hors collection. 100 p.
Pour en savoir plus : <http://www.ird.fr/editions/>

SOeS, 2011. L'artificialisation des sols s'opère aux dépens des terres agricoles. Le point sur n° 75 - février 2011. 4 p.

Téléchargeable en PDF : <http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/acces-thematique/sol/publications.html>



SOeS, 2011. Occupation des sols - CORINE Land Cover DOM (Guadeloupe, Martinique, partie de la Guyane - bande de 20 km de large le long du littoral et de l'aval des fleuves frontaliers, La Réunion) : 2000, 2006, changements 2000-2006. Pour en savoir plus : <http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/bases-de-donnees/oc-cupation-des-sols-corine-land-cover.html>

Le Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Sols

Le **Gis Sol** a été créé en 2001. Il regroupe le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire (MAAPRAT), le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL), l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et l'Inventaire Forestier National (IFN). 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 :

Valéry MORARD (co-président du Gis Sol)

Equipe de rédaction :

Véronique ANTONI
Dominique ARROUAYS
Antonio BISPO
Michel BROSSARD
Jean-Luc FORT
Jean-Claude LACASSIN
Stéphanie LUCAS
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 LÉGAL :
ISSN 1779-3742