

Webinaire

Inventaire Gestion et Conservation des Sols

- Échanges
- Partage
- Ateliers

8 & 9
Avril
2021

Comment la prise en compte des sols participe à l'atteinte des objectifs de développement durable des territoires ?

agro-bordeaux.fr/webinaire-icgs-2021

Résumés des communications

Vendredi 9 avril 2021 –matin

Les données sols pour une agriculture durable et résiliente

- Evaluation de la sensibilité des sols à l'érosion hydrique à partir du RRP de Bretagne
- Spatialisation des propriétés biologiques des sols impliquées dans les émissions du gaz à effet de serre N₂O

La Cartographie des Sols par Modélisation Statistique : méthodes, résultats, validation

- L'approche morphopédologique au 21^{ème} siècle dans les projets de cartographie des sols : une approche naturaliste rénovée
- Cartographie numérique du Réservoir Utilisable du sol à partir de données pédologiques anciennes : l'exemple du périmètre irrigué de BRL Exploitation
- Essais de représentation cartographique de l'incertitude pour les utilisateurs de cartographies des sols par modélisation statistique
- Evaluation de produits de cartographie numérique des sols sur la coupure de Pithiviers (Loiret)
- Un test de la qualité des produits 'GlobalSoilMap' actuels à l'échelle régionale

Les données sols pour une agriculture durable et résiliente

➤ Evaluation de la sensibilité des sols à l'érosion hydrique à partir du RRP de Bretagne

Blandine Lemercier¹, Sébastien Vincent¹, Joël Daroussin²

¹ Institut Agro, UMR INRAE 1069 SAS, Rennes

² INRAE, US 1106 Infosol, Orléans

L'érosion des sols est un processus naturel qui correspond au déplacement des particules de terre à la surface du sol sous l'action de l'eau, du vent, de l'homme ou simplement de la gravité. Ce processus peut affecter le fonctionnement du sol, et dans les cas extrêmes, entraîner sa disparition. Sous nos latitudes, les pertes en terre sont essentiellement liées à l'érosion hydrique. Les enjeux environnementaux et économiques de l'érosion sont importants du fait des dommages à l'agriculture (pertes en terre fertile, destruction de semis, gêne pour les travaux agricoles), aux écosystèmes aquatiques (envasement des retenues, turbidité des cours d'eau) et aux infrastructures (coulées boueuses, contamination). Pour lutter contre l'érosion, différentes actions peuvent être mises en place, que ce soit au niveau agronomique ou de l'aménagement foncier. Pour programmer, dimensionner ces actions de lutte et prioriser les territoires concernés, la première étape consiste à identifier les secteurs les plus sensibles à l'érosion hydrique.

L'objectif de cette étude était d'établir, à l'échelle de la région Bretagne, des cartes de sensibilité des terrains à l'érosion hydrique et d'aléa. Cette étude a été menée en deux étapes : 1) application du modèle expert Mesales (Le Bissonnais et al., 2002 modifié en 2018) en utilisant les données pédologiques issues du référentiel régional pédologique de Bretagne ; 2) agrégation des résultats par entités spatiales d'intérêt pour les décideurs : les communes et les masses d'eau d'autre part.

Trois indicateurs ont été spatialisés : la sensibilité intrinsèque des terrains à l'érosion qui dépend du sol et du relief ; la sensibilité des terrains à l'érosion qui dépend du sol et du relief, mais aussi de la protection du sol par la végétation si elle est présente ; l'aléa érosion qui se caractérise par la sensibilité des terrains combinée au climat (pluviométrie). Les données d'entrée du modèle sont disponibles nationalement pour le relief (modèle numérique de terrain 50m), les précipitations Aurelhy (Météo France, 2013), et des données spécifiques à la région Bretagne pour l'occupation du sol (classes paysagères ; Le Dû-Blayo et al, 2008) et le sol (unités typologiques de sol spatialisées par désagrégation des unités cartographiques de sol ; Vincent et al., 2018 ; Ellili et al., soumis).

Les résultats montrent que les terres dont la susceptibilité à l'érosion est très faible ou faible représentent 43 % du territoire régional. Cependant, les secteurs les plus sensibles se situent sur la frange nord de la région et au centre de l'Ille-et-Vilaine, où les pratiques agricoles sont relativement intensives. Pour mettre en place les actions de lutte, ces données doivent être complétées par des diagnostics locaux, qui doivent également tenir compte de l'organisation des paysages réseau bocager et parcellaire. Des travaux en cours en collaboration des acteurs de la gestion agro-environnemental des territoires de Bretagne visent croiser les sources d'informations pour valider les résultats obtenus dans cette étude, et à adapter leur format de restitution pour correspondre au plus près aux besoins des utilisateurs finaux des produits des RRP.

➤ Spatialisation des propriétés biologiques des sols impliquées dans les émissions du gaz à effet de serre N₂O

Jouin C^{1.}, Alkassem M.^{1.}, Thiaw I^{2.}, Pasquier C^{3.}, Saby N^{4.}, Bourennane H^{3.}, de Sède-Marceau M.H^{2.}, Hénault C^{1.}

¹ Agroécologie, AgroSup Dijon, INRAE, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche-Comté

² Laboratoire ThéMA, UMR 6049, CNRS et Université de Bourgogne Franche-Comté

³ UR SOLS, INRAE, Orléans

⁴ INFOSOL, US1106, INRAE, Orléans

Les sols contribuent significativement au bilan planétaire du Gaz à Effet de Serre (GES) N₂O. Ils peuvent fonctionner comme source mais aussi comme puits de N₂O, par l'intermédiaire de mécanismes biotiques (nitrification, dénitrification,...) et abiotiques. Récemment Hénault *et al.*, 2019 ont montré que la capacité des sols à réduire N₂O est contrôlée par les propriétés physico-chimiques des sols. Une fonction de pédotransfert a été établie entre les propriétés des sols (pH, CEC, argile) et leur capacité à réduire N₂O. Compte-tenu des caractéristiques de la relation entre le pH des sols et leur capacité à réduire N₂O, le chaulage des sols acides est apparu un levier pour réduire les émissions de N₂O par les sols agricoles.

Pour évaluer le potentiel de réduction des émissions de GES par l'agriculture, l'étude conduite par Pellerin *et al.*, 2013 s'est basée sur l'estimation pour chaque mesure du potentiel d'abattement unitaire et du potentiel d'applicabilité.

Nous avons mobilisé différentes bases de données des sols (nationale et internationale Donesol®, RMQS (<https://doi.org/10.15454/BNCXYB>), BDAT (<https://doi.org/10.15454/NFQRRB>), Lucas (<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/lucas>) à différentes échelles spatiales (régionale et nationale) pour estimer le potentiel d'applicabilité du chaulage des sols pour réduire leurs émissions de N₂O.

La présentation proposée fera un focus sur les avantages et les inconvénients vis-à-vis de l'application recherchée de chacune de ces bases de données et montrera comment leur utilisation en complémentarité peut permettre d'obtenir une incertitude sur l'estimation du potentiel d'applicabilité du chaulage des sols pour réduire les émissions de N₂O par les sols.

Hénault C., Bourennane, H., Ayzac A., Ratié C., Saby, N., Cohan, J.P., Eglin, T., Le Gall, C. 2019. Management of soil pH promotes nitrous oxide reduction and thus mitigates soil emissions of this greenhouse gas. *Scientific Reports*, 9 :20182, DOI :10.1038/s41598-019-56694-3

Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoît M., Butault J.P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Faverdin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I., Pardon L., 2013. Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 92 p.

© INRA, Unité INFOSOL, Orléans, Agrosup Dijon, 1993, 1998, 2005, 2006.

-J. Chrétien, D. Meunier, 1998. Carte et Base de Données - Référentiel Pédologique de Bourgogne : Régions naturelles, pédopaysages et sols de Côte d'Or

-D. Baize, B. Laroche, 2005. Carte et Base de Données - Référentiel Pédologique de Bourgogne : Régions naturelles, pédopaysages et sols de l'Yonne

-A. Vautier, B. Laroche, J. Gourmelon, 2006. Carte et Base de Données - Référentiel Pédologique de Bourgogne : Régions naturelles, pédopaysages et sols de la Nièvre

-B. Laroche, J. Chretien, D. Meunier, 2005. Carte et Base de Données - Référentiel Pédologique de Bourgogne : Régions naturelles, pédopaysages et sols de Saône et Loire

Remerciements aux financeurs de ce travail : ADEME, (contrat ChauGES18-03-C0003) et programme « Investissement d'Avenir », projet ISITE-BFC (contrat ANR-15-IDEX-003) ainsi qu'au GISSOL pour l'accès aux données et aux méthodologies associées.

La Cartographie des Sols par Modélisation Statistique : méthodes, résultats, validation

➤ L'approche morphopédologique au 21^{ème} siècle dans les projets de cartographie des sols : une approche naturaliste rénovée

Alexandre Poiraud¹, Cédric Laveuf², Véronique Genevois-Gomendy³, Céline Collin-Bellier², Jean-Marcel Morel⁴

¹ Initiatives Durables - ²SolEnvie - ³ Sols et Environnement - ⁴ Terra Mater

L'approche morphopédologique rappellera certainement quelques souvenirs aux pédologues et géomorphologues tropicalistes des années 60, 70 et 80 qui la mirent en œuvre en Afrique occidentale ou en Guyane pour l'évaluation "rapide" des couvertures pédologiques et des potentialités agronomiques de ces contrées (Kilian, 1972, 1974; Pedro & Kilian, 1986). La morphopédologie s'appuie sur le concept de "stabilité ou d'instabilité" entre les processus de morphogenèse et de pédogenèse. Ainsi, ces cartographies éminemment expertes et basées sur une solide expérience de terrain et de photo-interprétation, présentaient une légende à double entrée croisant les facteurs morphologiques explicatifs avec les unités morphopédologiques et leurs modalités fonctionnelles. Depuis, la méthode n'a finalement pas trouvé un développement académique permettant d'approfondir et expérimenter à la fois la méthode et les relations entre morphogenèse et pédogenèse (Bétard & Bourgeon, 2009). Pourtant, un chantier comme les RRP qui cartographie à 1/250 000 les paysages pédologiques (ou Unités Cartographique de Sols, UCS selon Jamagne (2011)) s'appuient essentiellement sur les relations entre les Unités Typologiques de Sols et leur agencement dans l'organisation du relief (ou Unité de Fonctionnement des Sols, UFS), faisant appel aux diverses notions de "séquences" en pédologie (topographique, lithologique, chronologique). L'approche morphopédologique telle qu'elle a été conçue et pratiquée se révèle donc être une méthode théoriquement employable dans les travaux de RRP. Dans le cadre des RRP du Nord Aveyron et du Cantal, l'approche morphopédologique a été mise en œuvre à différents stades du projet : i) établissement et optimisation du plan de sondage à partir d'une reconnaissance morphopédologique et géologique de terrain, ii) analyse des facteurs morphologiques caractérisant les UTS les plus représentées spatialement et iii) évaluation des surfaces des UTS majeures au sein des UCS en passant par une modélisation spatiale de ces UTS à partir de techniques de Data Mining utilisées en Digital Soil Mapping (DSM) mais avec une entrée experte géomorphologique. Ce travail a été réalisé par un géomorphologue et un géologue en lien constant avec les pédologues et avec l'appui des outils modernes que constituent les analyses poussées des modèles numériques de terrain via des algorithmes permettant d'évaluer certains processus de versant et de mieux approcher le bilan morphogénèse/pédogénèse. Pour les UTS fortement dépendantes des conditions géomorphologiques et/ou géographiques (sols hydromorphes, sols sur glacis anciens, sols sur altérite des surfaces d'aplanissement, sols en situation très érosive de rebord de plateau ou de haut de versant, Andosols, etc.), cas qui représentent une surface importante, les résultats sont assez probants et permettent parfois de généraliser l'information pour produire des modèles spatiaux de probabilité de présence d'UTS ou des modèles morphométriques basés sur des régressions linéaires multiples d'évaluation des épaisseurs des sols. Ces résultats nous confortent dans le renouveau d'une méthode naturaliste qui garde le terrain comme porte d'entrée principale mais bénéficie des puissances d'analyse et de calculs de la géomatique et de l'algorithmique moderne.

- Bétard, F., & Bourgeon, G. (2009). Cartographie morphopédologique : de l'évaluation des terres à la recherche en géomorphologie. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 3/2009, 187–198. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.7626>
- Jamagne, M. (2011). *Grands paysages pédologiques de France. Quae.*
- Kilian, J. (1972). Les inventaires morphopédologiques, conceptions, applications au développement agricole. *L'Agronomie Tropicale*, 27, 930–938.
- Kilian, J. (1974). Kilian J. (1974) – Étude du milieu physique en vue de son aménagement. Conceptions de travail, méthodes cartographiques. *L'Agronomie Tropicale*, 29, 141–153.
- Pédro, G., & Kilian, J. (1986). Les travaux pédologiques et les études des milieux physiques réalisés par les organismes français de recherche pour le développement dans les régions chaudes. In *Sols et eaux, acquis et perspectives de la recherche agronomique française en zone intertropicale. Actes du séminaire tenu à la Banque Mondiale les 15 et 16 mai 1986*, (pp. 5–65). ORSTOM Éditions.

➤ **Cartographie numérique du Réservoir Utilisable du sol à partir de données pédologiques anciennes : l'exemple du périmètre irrigué de BRL Exploitation**

Quentin Styc^{1,2}, François Gontard², Philippe Lagacherie¹

¹LISAH, Univ Montpellier, INRAE, IRD, Institut Agro, Montpellier

²BRL Exploitation, Nîmes

Malgré les efforts récents pour numériser les données issues de plusieurs décennies d'études pédologiques, un grand nombre de ces données, essentiellement des profils de sol et des sondages pédologiques, demeurent sous une forme papier et sont donc encore largement inexploités. Les travaux de cartographie des sols à base de modélisations spatiales (CSMS) ont montré, qu'il était possible de réutiliser les données pédologiques disponibles pour produire des cartes de propriétés de sol. Cependant, les applications concernent actuellement des produits cartographiques à des échelles nationales et régionales, n'utilisant qu'une très petite partie de l'information potentiellement disponible sur un territoire donné et, de ce fait, très limitées en précision.

L'objectif de cette étude était de tester la faisabilité d'une approche de cartographie [NUMERIQUE] du Réservoir Utile du sol (RU) sur le périmètre irrigué de BRL (6 636 km², Plaine Languedocienne, Occitanie). Ce périmètre a fait l'objet, par le passé (1957-1992), de prospections pédologiques à fortes densités spatiales (3,8 profils de sol/ km² et 30,6 sondages/ km²). Pour une société d'irrigation comme BRL, une cartographie fine du RU constituait un prérequis essentiel pour prévoir et optimiser les consommations d'eau des irrigants ainsi que pour planifier les évolutions nécessaires des réseaux de distribution d'eau.

Le test a été mené sur la commune de Bouillargues (Gard) pour cartographier le réservoir utile à différentes profondeurs (30, 60, 100 cm et profondeur maximum d'observation). Un algorithme d'apprentissage automatique – forêt aléatoire quantile - a été calibré sur les 69 profils de sol et 2781 sondages de la commune, pour prédire le RU à partir des données spatiales exhaustives la lithologie, le relief, le climat et l'occupation du sol. L'incertitude associée à ces prédictions a été également estimée et spatialisée.

Les résultats montrent que l'ajout de profils et de sondages pédologiques des anciennes études pédologiques de BRL permet d'améliorer considérablement la résolution spatiale et la précision des cartes de RU (jusqu'à 70% de variance expliquée), ainsi que la précision des cartes d'incertitude associées. Cependant, les erreurs de caractérisation du RU, notamment sur les sondages, restent un facteur limitant important. Ces résultats confirment la faisabilité d'une approche de CSMS pour valoriser des données pédologiques anciennes non encore numérisées afin de répondre à des besoins d'acteurs locaux de l'agriculture et de l'aménagement du territoire. Un effort important doit être consenti pour numériser ces données avec un recours à l'automatisation pour limiter autant que faire se peut les coûts de saisie.

➤ Essais de représentation cartographique de l'incertitude pour les utilisateurs de cartographies des sols par modélisation statistique

Thomas Loiseau¹, Anne C. Richer-de-Forges¹, Pierre Roudier², Christophe Ducommun³, Songchao Chen¹, Philippe Lagacherie⁴, Dominique Arrouays¹

¹INRAE, InfoSol, 45075, Orléans, France.

²Manaaki Whenua -- Landcare Research, Palmerston North, Nouvelle-Zélande.

³Institut Agro, Agrocampus-Ouest, Angers, France.

⁴LISAH, University Montpellier, INRAE, IRD, Institut Agro, Montpellier 34060, France.

La cartographie des sols par modélisation statistique (CSMS), est passée aujourd'hui au stade de la production opérationnelle. L'un de ses avantages majeurs est la possibilité de cartographier, au-delà de simples valeurs moyennes ou modales, des incertitudes, souvent matérialisées par des intervalles de confiance des valeurs prédites. Pour autant, l'incertitude, reste une notion qui est souvent difficile à transmettre aux utilisateurs pour différentes raisons. Les utilisateurs sont souvent troublés par le lien implicite, bien qu'incorrect en CSMS, entre la résolution spatiale et la précision sémantique de l'information. Nous proposons ici quelques modes de visualisation de l'incertitude possibles afin de mieux transmettre cette notion aux utilisateurs. En discussion, nous insistons sur le fait que l'objectif final de la CSMS devrait être de produire des cartes de probabilités de distribution de paramètres et que la communication sur l'importance de l'incertitude serait probablement efficace si elle était réalisée, non seulement sur les paramètres pédologiques, mais aussi sur les sorties des modèles ou des simulations les utilisant.

➤ **Evaluation de produits de cartographie numérique des sols sur la coupure de Pithiviers (Loiret)**

Hervé Nédélec¹, Anne Richer-de-Forges², Dominique Arrouays², Songchao Chen², Marine Lacoste³

¹Chambre d'Agriculture du Loiret - ²INRAE InfoSol - ³INRAE UR SOLS

Une évaluation des produits de cartographie des sols à base de modèle statistique (CSMS) est en cours sur le territoire français. Elle vise à comparer les produits de cartographie numérique disponibles à des cartes préexistantes plus détaillées et à leurs bases de données associées (données ponctuelles). Dans certains cas, cette évaluation peut en partie être biaisée (i) par le fait que ces données ponctuelles issues de cartes anciennes ont déjà été intégrées aux prédictions nationales par CSMS, ou (ii) par le fait que certains produits de CSMS régionaux sont issus de la désagrégation de RRP, eux-mêmes souvent construits en se fondant sur la synthèse de ces cartes anciennes.

Nous proposons donc une démarche complémentaire et novatrice permettant d'estimer l'apport des produits de CSMS pour l'évaluation et l'amélioration des RRP (1/250 000), notamment pour les zones disposant de très peu d'information ponctuelle.

Le territoire d'étude proposé est la carte à 1/50 000 de Pithiviers (Loiret, Région Centre), réalisée par la CDA45 (Nédélec, 2015), et n'ayant servi ni à l'élaboration des produits de CSMS nationaux et régionaux, ni à la constitution du RRP45 (Richer-de-Forges *et al.*, 2008). Ce territoire a été choisi car à cet emplacement le RRP45 a été réalisé essentiellement par expertise, très peu de données ponctuelles étant disponibles. Les nouvelles données acquises lors de la réalisation de la coupure de Pithiviers permettent d'analyser quantitativement l'apport potentiel des produits de CSMS.

Ce travail devrait donc nous permettre d'évaluer quantitativement l'apport des produits existants de CSMS pour l'amélioration des RRP sur des zones réalisées avec peu d'informations. Il devrait nous permettre également de réaliser une évaluation quantifiée des incertitudes sur ces zones de RRP concernées.

Il devrait permettre aussi une expertise pédologique essentiellement qualitative de la performance des produits de CSMS par rapport à une cartographie traditionnelle à 1/50 000 et des limites de leur utilisation potentielle pour des applications régionales et locales.

Le travail réalisé se veut transposable, cette contribution importante et originale devant permettre l'évaluation des produits de CSMS existants, réalisés par ailleurs dans différentes régions de France, sur la base de comparaisons avec des cartes existantes plus ou moins détaillées.

➤ Un test de la qualité des produits 'GlobalSoilMap' actuels à l'échelle régionale

Blandine Lemerrier¹, Julien Amelin¹, Philippe Lagacherie², Anne Richer-de-Forges³, Dominique Arrouays³, Joëlle Sauter⁴, Pascal Pichelin¹

¹Institut Agro, UMR INRAE 1069 SAS, Rennes

³INRAE, US 1106 Infosol, Orléans

²INRAE, UMR 1221 LISAH, Montpellier

⁴Chambre régionale d'agriculture Grand Est

Avec l'essor actuel des techniques de cartographie des sols à base de modélisation statistique (CSMS), l'offre en matière de données sol spatialisées connaît une profonde mutation. Sous l'impulsion du programme mondial *GlobalSoilMap* (GSM) qui a émis des spécifications précises, des cartes de propriétés de sol (« produits GSM ») couvrant de grands territoires sont progressivement mises à disposition via des services web cartographiques. Ainsi, sur le territoire français, un utilisateur ayant besoin de données spatialisées sur le sol aura très prochainement le choix entre plusieurs cartes de propriétés disponibles : SOILGRIDS, LUCAS, GSM France et éventuellement des cartes GSM régionales.

Même si les produits GSM fournissent une indication de l'incertitude, il est jusqu'à présent difficile pour un utilisateur de raisonner le choix d'un de ces produits cartographiques, les résolutions spatiales fines auxquelles les estimations sont délivrées (jusqu'à 90m) pouvant donner une impression fautive de précision. L'objectif de cette action, menée dans le cadre du CES Théia « Cartographie numérique des sols » et du programme IGCS était donc de déterminer l'aptitude des produits GSM à estimer les propriétés de sol et à rendre compte des motifs d'organisation des sols de territoires locaux, et ce à différentes échelles.

Deux produits GSM élaborés à l'échelle mondiale (SOILGRIDS) et à l'échelle nationale (GSM-France) ont été testés sur trois sites d'études localisés en Bretagne, en Occitanie et en Alsace. Pour les deux premiers sites d'études, les produits GSM régionaux disponibles ont également été testés. Les estimations GSM de trois propriétés de sol (taux d'argile, pH et taux de carbone organique) à la profondeur 5-15 cm ont été confrontées i) aux mesures ponctuelles disponibles de ces propriétés et ii) aux estimations de ces propriétés déduites de cartes pédologiques à trois échelles différentes (1/250 000, 1/100 000 et 1/25 000).

Les tests ont révélé de faibles performances de prédictions locales des propriétés de sol, quelles que soient les régions, les propriétés et les produits GSM. Les comparaisons avec les cartes pédologiques montrent qu'au mieux, les produits GSM sont capables de reproduire les motifs d'organisation spatiale fournis par les cartes au 1/100 000 locales. Bien que les produits GSM actuels constituent une information pédologique globale intéressante sur les territoires qu'ils couvrent, les résultats de cette étude indiquent que ces produits ne sauraient être utilisés en local à la résolution spatiale à laquelle ils sont délivrés (90 ou 250 m). Une plus forte densité spatiale des observations de sol prises en compte et des progrès dans les approches de CSMS seront nécessaires pour améliorer la précision de ces produits GSM. En attendant, il semble important de renforcer dès à présent le travail de sensibilisation des utilisateurs de ces nouvelles cartes.