



Evolution récente du Carbone Organique des Sols (COS) au Grand-Duché de Luxembourg

1. Objectif

Vu le potentiel de séquestration de C des sols cultivés, les cartes des teneurs et stocks de COS sont essentielles à la lutte contre le réchauffement climatique (cartes centrales dans le National Inventory Report requis par l'UNFCCC - protocole de Kyoto).

Le COS représente ~57% de la matière organique des sols (MOS), indicateur clé de la qualité des sols. La MOS aide à améliorer la stabilité et la rétention en eau, à réduire l'érosion des sols, à procurer les nutriments essentiels aux plantes (et réduire l'usage des engrais azotés), et à dégrader et adsorber les produits phytosanitaires.

Depuis la dernière mise à jour des cartes de COS en 2014¹, la base de données sols a accueilli des milliers d'échantillons en terres arables, prairies permanentes et vignes. Le but est d'étudier ces données et améliorer nos connaissances sur l'évolution récente de la MOS, mettre à jour la base de référence régionale du COS (dont les cartes) et évaluer les effets de pratiques agricoles sur les tendances du COS.

2. Méthodes

Des données sont compilées : teneurs en COS, pratiques agricoles, cartes de paramètres environnementaux et anthropiques. L'évolution spatiale récente du COS est caractérisée par analyses statistiques et digital soil mapping. Les effets à court-terme de trois pratiques agricoles - cultures intermédiaires, travail réduit du sol et prairie temporaire - sont évalués par tests statistiques et arbres d'inférence conditionnelle.

NB : Cultures intermédiaires et travail réduit du sol sont introduits par les MAE 262-362-462. Les cultures intermédiaires sont aussi appliquées dans le cadre du 'Greening Initiative' de la Politique Agricole Commune (PAC).

3. Durée

Etude de 3 ans (2019-2021) pour le Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement rural.

4. Equipe de recherche

Depuis des années, cette équipe de l'UCLouvain aide les services publics à mieux gérer leurs sols via des analyses approfondies de la variabilité du COS et le développement d'outils d'aide à la décision.

¹ <https://agriculture.public.lu/dam-assets/publications/asta/boden/rapport-corg-content-map-lu-stevens-2014-vfinale.pdf>

<https://agriculture.public.lu/dam-assets/publications/asta/boden/rapport-corg-stock-map-lu-stevens-2014-vfinale.pdf>

5. Partenaire

Le Service de pédologie de l'Administration des Services Techniques de l'Agriculture est sous l'autorité du Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement rural du Grand-Duché de Luxembourg.

6. Résultats

1. La variabilité spatiale du COS est principalement contrôlée par des paramètres environnementaux à tendances régionales, comme l'altitude et le climat (soutenus/remplacés par les coordonnées géographiques dans le modèle spatial), et la teneur en argile dans les terres arables ; tandis que dans les prairies, c'est la teneur en argile qui domine largement. Ensuite, le Mg et le K₂O disponibles, l'hydromorphie des sols et l'intensité de la couverture du sol (en terres arables seulement) viennent compléter le set de paramètres contrôlant la variabilité du COS dans ces deux occupations de sols. En vignes, aucune relation explicite entre COS et paramètres environnementaux et/ou anthropiques n'a été détectée dû certainement à l'importance des remembrements par le passé. Les modèles spatiaux développés expliquent 74% de la variance du COS en terres arables, 40% en prairies permanentes et 14% en vignes. Les teneurs moyennes (et déviations standards) estimées à l'échelle nationale sont de 2.25(0.74)%C en terres arables, 3.57(0.76)%C en prairies permanentes et 1.74(0.31)%C dans les vignes (Figure 1).

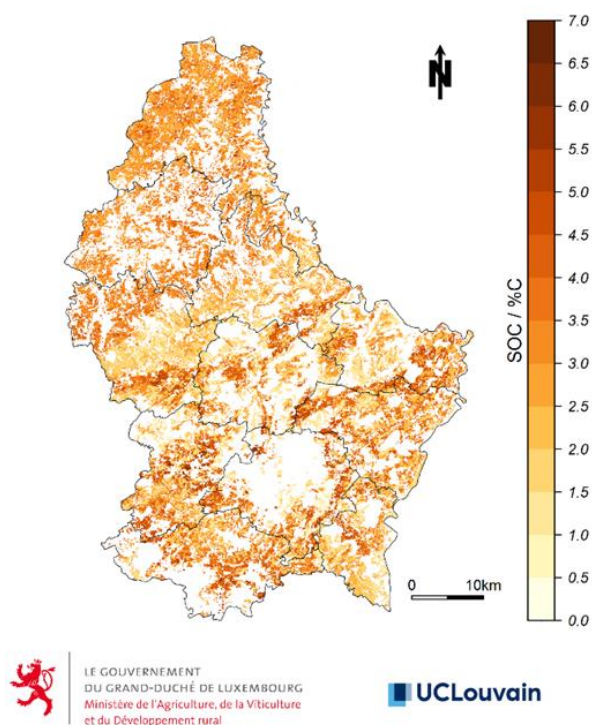


FIGURE 1 : CARTE DES TENEURS PRÉDITES EN COS (%C) POUR LES SOLS DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG EN TERRES ARABLES, PRAIRIES PERMANENTES ET VIGNES POUR LA PÉRIODE 2016-2019.

2. Les données sont divisées selon deux périodes – 2012-2015 et 2016-2019 – afin de tenir compte de la transition au dernier Plan de Développement Rural (2014-2020). Entre ces deux périodes, il n'y a pas de tendance nationale claire, mais des changements mineurs régionaux apparaissent. En terres arables, le COS a augmenté significativement pour les sols développés sur 'Buntsandstein',

'Grès du Luxembourg', 'Dépôts limoneux sur Grès' et 'Argiles lourdes du Keuper', et a significativement baissé en 'Oesling'. En prairies, seuls les sols sur 'Alluvions et Colluvions' ont montré une teneur en CCOS significativement plus haute. Pour les vignes, le COS baisse significativement pour les sols sur 'Dolomies du Muschelkalk' et 'Argiles lourdes du Keuper'.

N.B: Les différences significativement différentes doivent être considérées prudemment, en tenant compte des erreurs analytiques.

- Les cartes développées en (1) pour 2012-2015 et 2016-2019 montrent les mêmes principaux motifs spatiaux (Figure 1). L'Oesling a des teneurs en COS significativement plus élevées qu'en Gutland du fait d'un climat plus froid et humide. Les motifs spatiaux en Oesling semblent dominés par la répartition des différentes occupations de sols (liée à la position en pente ou plateau), alors qu'en Gutland les occupations de sols et la teneur en argile dominant. En comparant les cartes pour chaque période (Figure 2), on estime que le COS en Oesling a baissé dans les terres arables situées à l'Ouest et au Nord-Est mais a augmenté au Sud. Dans les terres arables du Gutland, on estime une baisse du COS au Sud-Ouest et à l'extrême partie Est bien que l'Est soit majoritairement en hausse. Pour les prairies permanentes, on estime une baisse du COS au Nord-Ouest, centre-Est et Sud-Ouest du Gutland. Les prairies de l'Oesling auraient gagné en COS au Nord mais perdu au Sud. Les sols de fond de vallée sur 'Alluvions et Colluvions' semblent avoir gagné en COS en Oesling et au Gutland.

N.B: Considérant la qualité des modèles spatiaux pour les prairies permanentes, les différences entre ces deux cartes doivent être considérées avec prudence.

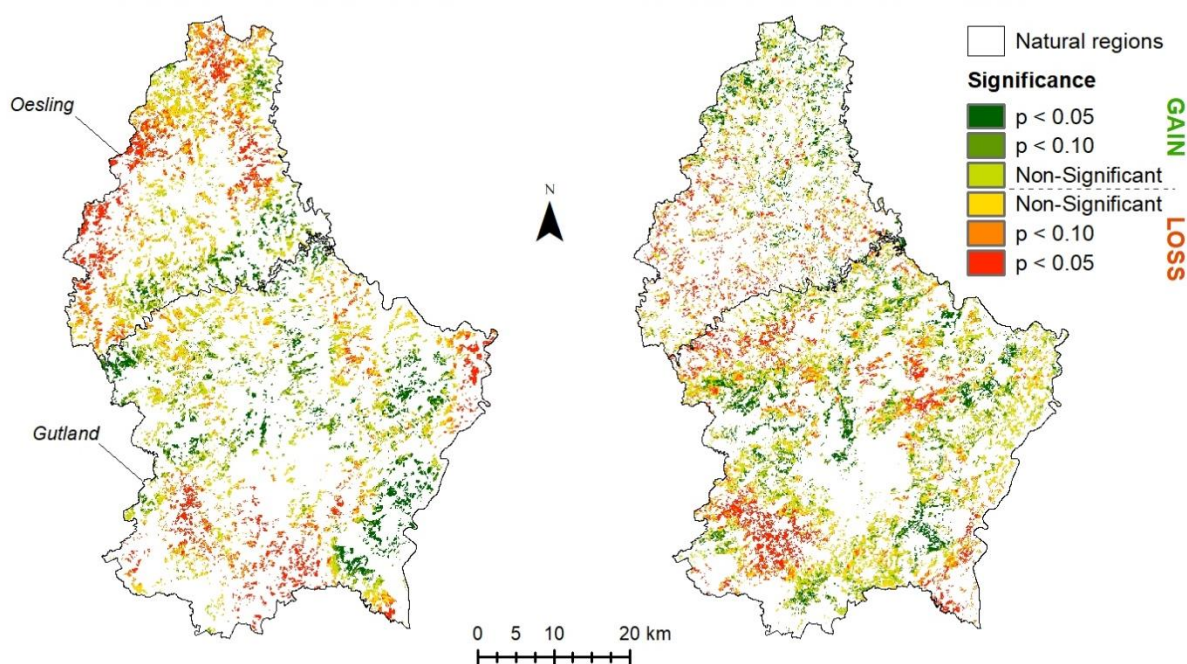


FIGURE 2: PERTINENCE STATISTIQUE ('SIGNIFICANCE' ; P-VALUE) DES DIFFÉRENCES PRÉDITES DE COS ENTRE 2012-2015 ET 2016-2019 POUR LES SOLS DE TERRES ARABLES (À GAUCHE) ET DE PRAIRIES PERMANENTES (À DROITE).

- Des hypothèses sont proposées quant aux processus et pratiques impliqués dans les changements récents des teneurs en COS. La récente augmentation de température est susceptible d'avoir favorisé la minéralisation du C. Ces dernières années ont aussi été caractérisées par des étés plus

secs qui ont pu avoir un impact négatif sur la production de biomasse, et par des événements extrêmes pluvieux plus fréquents susceptibles d'engendrer une forte érosion des sols, notamment en terres arables. Cependant, les sols des zones humides (principalement occupées par des prairies permanentes) ont pu bénéficier d'une meilleure productivité du fait de conditions plus sèches et chaudes ; productivité augmentée dans un sol plus chaud et en conditions moins asphyxiantes. Finalement, dans le cadre de l'application de bonnes pratiques (voire 5 ci-dessous), des changements de pratiques ont pu permettre plus d'apports et/ou moins de pertes de C dans les sols. Malheureusement, plus de données et des recherches additionnelles sont nécessaires pour confirmer ou infirmer ces hypothèses, et pour identifier lesquelles sont impliquées dans la dynamique récente du COS.

5. L'impact de trois bonnes pratiques agricoles (GAP – Good Agricultural Practices) sur les teneurs en COS - cultures intermédiaires, travail réduit du sol et prairie temporaire – est analysé. Pour 8 associations de sols sur 10, les champs sous GAP (indifférenciées) montrent des teneurs plus élevées que les champs de contrôle, avec notamment des différences significatives pour les sols développés en 'Oesling', 'Dolomies du Muschelkalk' et 'Alluvions et Colluvions'. Considérés séparément, l'introduction de prairies temporaires dans la rotation culturale semble la pratique la plus efficace pour augmenter le COS des terres arables. En effet, les champs soumis à des prairies temporaires ont des teneurs en COS significativement plus élevées que les champs de contrôle pour les associations de sol 'Oesling', 'Grès du Luxembourg' et 'Alluvions et Colluvions'. Les champs sous travail réduit du sol ont des teneurs en COS plus élevées mais les différences sont non-significatives. Pour les champs sous cultures intermédiaires, les différences avec les champs de contrôle sont nulles ou légèrement négatives. Seul l'Oesling montre des différences significatives. Il est important de noter que les cultures intermédiaires sont le plus souvent appliquées au GDL avant la culture du maïs d'ensilage, connu comme un grand consommateur d'humus. Les cultures intermédiaires pourraient donc contrebalancer efficacement l'effet négatif de la culture du maïs d'ensilage sur le COS. Cependant, plus de mesures de COS sur des champs sous cultures intermédiaires et non-associés à la culture du maïs d'ensilage sont nécessaires pour comparer à ces premiers résultats afin de tester cette hypothèse.
6. Sur base d'arbres d'inférence conditionnelle, l'importance relative de paramètres environnementaux et des pratiques de managements (GAP) sur la variabilité du COS est estimée. Sur tout le territoire, l'arbre explique 80% de la variance du COS par des paramètres environnementaux régionaux principalement (altitude, argiles et précipitation). L'application de GAP (GAP seul ou combinés) et leur durée d'application ont chacune une importance relative <5% dans le modèle. Quand on considère l'Oesling et le Gutland séparément, l'application et la durée d'application de GAP ont une importance relative de ~14% en Oesling et ~9% en Gutland. Une proportion plus importante quant à l'application de GAP, surtout la mise en prairie temporaire et les combinaisons incluant cette dernière, en Oesling par rapport au Gutland pourrait expliquer cette différence entre les deux régions naturelles.

Cette première étude a mis à jour la base de référence nationale de COS, permis une meilleure compréhension des paramètres contrôlant sa variabilité, détecté des tendances temporelles récentes (échelle régionale), ainsi que les effets de trois bonnes pratiques sur le COS. De nouvelles données et des travaux complémentaires sont nécessaires pour solidifier ces résultats (identification des processus dominants les évolutions temporelles, confirmation des tendances induites par les bonnes pratiques). L'estimation des stocks de COS et l'établissement d'un réseau de surveillance sont programmés.