

## Réunion du groupe de travail Fertilité Organique et Biologique des Sols

12 Octobre 2023

9h30 – 16h30 ; Paris

### Participants

<b>NOM</b>	<b>Prénom</b>	<b>Structure</b>
BEFF	Laure	CA Bretagne
BEJANIN	Aymeric	Suez Organique
BELAID	Yosra	UNIFA
BOIVIN	Pascal	HEPIA
BRAUD	Armelle	CDDM
CAHUREL	Jean-Yves	IFV
CANARD	Alain	SOUFFLET AGRICULTURE
CHAMBAUT	Helene	Institut de l'élevage
DAVID	Julien	coopérative Emc2
DIEDHIOU	Khady	COMIFER
DIZIEN	Caroline	Agrosolutions
DROISIER	Sophie	COMIFER
DUPARQUE	Annie	Agro-Transfert
FONTAINE	Clément	EUROFINS GALYS
LAFLEURIEL	Philippe	Oxyane
LAGRANGE	Hélène	Arvalis
LHOUTELLIER	Claire	SEDE
MARX	Simone	Asta-service de pédologie LU
MOUNY	Jean-Christophe	Agro-Transfert R&T
NOIRTIN	Emmanuelle	VIOLLEAU
OBRIOT	Fiona	LDAR
PETIT	Amélie	CAPS VERT
RAMANANJATOVO	Toky	INRAE Transfert
REVALIER	Christian	CA45
SOUCEMARIANADIN	Laure	Acta
SAUZET	Ophélie	HEPIA
TUFFIERE	Guillaume	YARA
VALE	Matthieu	AUREA AGROSCIENCES

## **Détermination des stocks de carbone en terres ouvertes : Techniques, sources d'erreur, changement minimum détectable, amélioration de la méthode mono-couche (Pascal Boivin, HEPIA)**

Ce travail est réalisé pour répondre à la nécessité de suivre les stocks de carbone en Suisse et réaliser des bilans GES dans un contexte de changement climatique avec des enjeux liés à la séquestration du carbone et à la certification de démarches qui permettraient de l'assurer dans les systèmes agricoles.

Objectif : mettre en œuvre une méthode à la fois rigoureuse, économique et accessible aux praticiens de terrain pour suivre les stocks de C au minimum dans les 30 1<sup>er</sup> cm de sol, en prélevant toujours la même masse de sol. Mais attention : l'épaisseur de la première couche de sol varie. Correction à effectuer à chaque nouveau prélèvement pour avoir une masse constante (utiliser la couche limite en dessous du premier prélèvement ; prélever et analyser deux couches).

Méthode ESM (Equivalent Soil Mass) mono-couche (Wendt & Hauser, 2013) : la question du volume et de la fraction grossière n'est pas bien documentée. De plus dans la pratique, les stocks de carbone sont le plus souvent mesurés à densité et profondeur constante ce qui ne correspond pas aux normes scientifiques car en évaluant les stocks à densité et profondeur constante on fait des erreurs.

Pour appliquer la méthode ESM mono-couche, il est nécessaire d'avoir des outils de prélèvement appropriés pour éviter les erreurs liées au prélèvement.

Comparaison de gouges mécanisées et gouges manuelles de différents diamètres sur 60 parcelles en grandes cultures : pas de différences significatives observées entre les prélèvements manuels, pour la densité et le taux de carbone, entre les différentes gouges utilisées, et pour la Da, avec des mesures indépendantes. Sur les prélèvements mécaniques, les résultats sont très décevants, avec des erreurs de plus de 50% sur les masses échantillonnées. Ce problème et le coût des prélèvements mécanisés seraient à régler si l'on veut disposer de méthodes d'extension rapides. La méthode ESM sur 0-30 cm requière le prélèvement d'une deuxième couche au niveau des 30 cm, servant à corriger le bilan de masse entre deux prélèvements, ce qui alourdit et renchérit la méthode. L'option d'utiliser des caractéristiques moyennes du sol d'une région pour les estimer les caractéristiques de cette couche de correction présente des résultats plus corrects. Cette simplification a un faible impact sur le « Minimum Détectable Change » comparé au fait de prélever à profondeur constante sans tenir compte des changements de Da.

Pour le « Minimum Détectable Change » (voir aussi Deluz et al, 2020) : Cet indicateur évalue la variabilité intra-parcellaire d'un paramètre du sol. Il est utile de le connaître notamment dans le cas du suivi de l'évolution dans le temps de ce paramètre : il signale la valeur en-dessous de laquelle une variation constatée est de l'ordre de la variation aléatoire du paramètre dans la parcelle observée et ne peut donc pas être attribué aux effets des pratiques mises en œuvre dans la parcelle. Il est déterminé sur la base d'une vingtaine de prélèvements dans une parcelle (échantillon composite.) Le temps nécessaire pour mettre en évidence un changement de Teneur en C organique du sol d'une parcelle, significativement différents du niveau de variabilité de cette teneur au sein de la parcelle est d'autant plus faible que la variation observée est forte et que MDC relatif à la parcelle est faible. L'erreur sur la teneur en C organique varie en particulier en fonction du pourcentage moyen de la fraction grossière mais cette erreur ne se propage pas si ce pourcentage est conservé constant dans le temps.

Cas de prélèvements à profondeur constante : l'erreur engendrée par des mesures des teneurs en C organique à profondeur constante conduit à un temps très long de détection de changements non aléatoires (dus aux pratiques culturales) ...

## Discussions

Caractérisation de la zone de l'étude : Les études présentées ont été conduites avec l'objectif de caractériser l'état organique de parcelles sur l'ensemble de leur surface (et non de petites zones à l'intérieur de celles-ci) ; et ces travaux ont été faits sur des parcelles de moins de 10 ha en général. Pour des parcelles plus grandes, le niveau d'hétérogénéité peut devenir très élevé : viser à partager ces parcelles en zones « homogènes ». Pour bien évaluer les effets des changements de pratiques sur l'évolution de l'état organique du sol, le choix de travailler à l'échelle de la parcelle (ou de la grande zone « homogène » dans une parcelle étendue) est une meilleure option que celle de suivre l'évolution de l'état du sol en un point donné repéré au sein d'une parcelle

Des problèmes avec des parcelles dont la teneur en éléments grossiers est trop importante ? → La gouge ne renseigne pas sur la teneur en éléments grossiers. La densité apparente et la teneur en C ne sont que celles de la terre fine. La correction des éléments grossiers doit se faire sur la base du pourcentage d'éléments grossiers évalué visuellement sur le terrain / on enlève le volume des cailloux puis on le remet dans l'estimation finale / les minimums détectable changes sont plutôt corrects par rapport aux normes.

Le simple fait de prélever cette couche fait qu'on a des erreurs. Ensuite il y a des augmentations d'erreurs qui font que les renouvellements des stocks apparaissent très longs dans le temps ce qui n'est pas le cas dans la réalité.

En Suisse, les gouges mécanisés sont plus chères que le prélèvement manuel et trop imprécises sur le bilan de masse. Les autorités sont donc prudentes pour imposer ces mesures sur le plan réglementaire / pour l'instant on reste sur des gouges manuelles en attendant d'avoir des gouges mécaniques qui marchent aussi bien (travaux en cours).

Nb : un des problèmes posés par les gouges mécanisées est lié à la perte de terre lors de l'extraction de la gouge du sol. A la main, on peut imposer un mouvement à la gouge enfoncée dans le sol, avant de l'en extraire qui évite ce problème.

Quid des sols avec des teneurs en MO très élevées ? → le protocole n'a considéré que les sols avec moins de 8% de MO, ce seuil permettant de bien écarter le cas des terres noires en Suisse (sols organiques évolués). Ces terres sont présentes sous forme de petites zones dans le parcellaire Suisse en grandes cultures et doivent être évitées. Pour les parcelles entièrement en terres noires, la question est plus complexe, ce sont des sites en perte de carbone avec des horizons organiques qui peuvent faire plus de 30 cm : ne peuvent pas être inclus dans une démarche standardisée pour les sols minéraux.

Il y a déjà une obligation fédérale de faire une analyse sur 0-30 tous les 10 ans mais sur 20 cm. Une hypothèse serait de prélever 0-20 et 20-30 en complément. C'est l'agriculteur qui prélève et qui paye l'analyse sur 0-20 ce qui pose la question de la propriété de ces analyses.

Luxembourg : des analyses de sol tous les 5 ans sur chaque parcelle . Des prix très faibles (subventions). Les données appartiennent à l'agriculteur mais elles sont quand même traitées en interne dans les services publics qui gèrent les subventions sans violer le droit de l'agriculteur. Certaines données sensibles ne font pas l'objet de publications : exemple le pH est publié car pas très lié aux pratiques de l'agriculteur tandis que les données sur le phosphore ne sont pas publiées car risques de retracer les pratiques des agriculteurs.

## Evaluation des stocks de matière organique dans les sols cultivés (Ophélie Sauzet, HEPIA)

La question de la MO devient de plus en plus présente en lien avec les évolutions de climat et les services écosystémiques.

Classiquement, plus un sol est riche en matière organique (MO) mieux c'est : base fonctionnelle en lien avec la fertilité physique des sols. La teneur en MO apparaît comme un indicateur central de la qualité des sols agricoles.

Autres éléments de la fertilité physique des sols : structure, porosité, stabilité, rapidité de drainage, RFU, etc.

Plus de 300 échantillons sur des parcelles situées dans le plateau Suisse ont permis d'évaluer un index de vulnérabilité en 2021 / Randomisation et calcul de moyennes sur les résultats / ensuite, application au champ et évaluation des liens avec les pratiques culturales pour définir des seuils de MO et d'argile. Evaluation basée sur le test bêche méthode VESS qui permet une classification des sols en fonction de leur qualité / valable dans le monde entier.

Teneur en argile et en MO : scoring des sols. La qualité de la structure et le rapport MO/argile sont proportionnels et c'est un bon indicateur analytique à moyen terme.

Prise en compte de l'argile dans les recommandations : les recommandations étaient basées sur la moyenne du territoire alors que la nouvelle recommandation se base sur les éléments de terrain, mesuré à l'échelle de la parcelle. On voit que certaines parcelles jugées correctes auparavant sont en réalité sous le seuil des recommandations de MO. Cependant, il y a des cas limites qu'il faut continuer à investiguer.

Des études à Lyon et dans le Jura pour étudier la validité de certains seuils : la qualité de la structure / le rapport MO/Argile / capacité du sol à faire face à un stress / lien avec la forme de la MO / etc.

Présentation de quelques exemples d'application de l'indicateur.

Cette approche permet d'identifier la teneur en MO souhaitable dans un sol riche en argile. Cependant les seuils MO/Argile ont été peu testés sur des propriétés autres que la structure du sol.

### **Discussions**

Quid de la saturation des argiles et des limons dans le sol ? → Le classement granulométrique est un peu arbitraire.

Plus il y a d'argile plus il y a de MO.

Les travaux sont encourageants sur le gain de MO pour les agriculteurs. Objectif à long terme : comprendre ce qui s'est passé chez ceux qui ont réussi à atteindre des bons niveaux de MO.

Problème avec des sols crayeux / rester simple et ne pas prendre les sols calcaires mais ces types de sols sont un des cas à retravailler.

Présentation d'un exemple de sols en Luxembourg avec des argiles : Si le taux fixe de 1/13 est maintenu au niveau européen, cela va poser sérieusement des problèmes.

En dessous de 12 à 15% d'argile le rapport carbone sur argile ne fonctionne pas.

Bien savoir contextualiser les teneurs en fonction des régions : → Identifier les systèmes pour lesquels il y a des valeurs de fonctionnalité qui sont bons / être prudent sur les pilotages basés sur des moyennes locales / surtout pas de confusion entre les indicateurs.

Des remarques ont aussi été faites quant au fait que l'évaluation de la qualité des sols intègre la mesure d'autres critères que la structure du sol, ici appréciée au travers du test bêche. Un argument, en revanche cité, en faveur du test bêche est qu'il permettrait une appréciation assez globale des conditions de fonctionnement de la couche supérieures (0-30 cm) du sol.

## **Performances du modèle d'AMG sur un réseau de parcelles des cantons de Genève et de Vaud** **(Jean-Christophe MOUNY, Agro-Transfert-RT)**

Le modèle de bilan humique AMG a été testé en France mais il n'y a pas vraiment eu d'évaluation sur les performances de ce modèle en agriculture de conservation des sols (ACS) car il y a peu d'essais de longue durée en ACS et une multitude de situations culturales sur les essais existants.

Objectif : évaluer la possibilité de prédire les stocks de carbone organique à moyen/long terme des sols agricoles avec le modèle AMG, dans des conditions où le recueil et les mesures des données d'entrée sont faits par des conseillers agricoles ou des agriculteurs eux-mêmes, donc avec un degré de précision atteignable assez différent de celui des jeux de données expérimentaux utilisés jusqu'à présent pour tester le modèle.

Présentation et rappel des principes du modèle AMG : modèle de calcul du bilan humique basé sur les entrées et les sorties de carbone du système de culture.

Présentation des données de l'étude : données issues d'analyses réglementaires réalisées depuis 2010. Parcelles avec des observations et mesures. Données recueillies au sein d'un ensemble de parcelles (108 parcelles dans le panel utilisé) réparties dans les cantons de Genève et de Vaud en Suisse. Parmi les parcelles, quelques prairies de 4 à 6 ans. Les données recueillies initialement dans un cadre réglementaire et utilisées dans le cadre de l'étude pour générer les entrées des simulations sont assez globales. La BDD présente des stocks de C avec des moyennes relativement semblables.

Des données complémentaires, issues d'expertise et de références régionales ont aussi été recherchées pour estimer les rendements des cultures, les biomasses des couverts intermédiaires, la densité apparente du sol, certaines caractéristiques du sol... et ainsi permettre le calcul du stock de carbone initial et du stock final pour chaque parcelle sur une période de 10 ans et de simulation son évolution sur 10 ans.

Une relation indirecte existe entre l'importance de la biomasse des couverts et intensité du travail du sol (Indicateur SPIR) et permet de classer types de systèmes de culture.

Une étude de sensibilité des résultats des simulations aux incertitudes sur les données d'entrée a montré que la variabilité de la densité apparente était le paramètre impactant le plus les résultats du modèle AMG.

D'une façon générale, l'étude a montré que le modèle AMG utilisé sur un jeu de données issu d'un grand nombre de parcelles permet quand même de prédire assez bien les évolutions de stocks alors que les données d'entrée disponibles étaient incomplètes et qu'elles ont dû être pour partie estimées. Globalement ces résultats sont très encourageants et améliorer la précision des données recueillies sur le terrain, dans toute la mesure de ce qui sera possible pour les techniciens et agriculteurs chargés de les recueillir permettra encore de réduire les erreurs.

Le jeu de données utilisé n'intégrait pas un nombre suffisant de parcelles conduites depuis longtemps en ACS pour que cette étude permette de trancher la question de la pertinence du modèle AMG, dans son paramétrage actuel, sur les systèmes en ACS

### Discussions

Comparaison de la biomasse avec des valeurs d'indicateur de travail du sol (Stir) ? → Prévu sur un projet en Belgique / Travail intéressant à faire en France aussi.

Sur le travail du sol il y a beaucoup d'impacts / Impact du temps de travail en ACS également.

### **Echange sur des stages pour l'estimation des stocks de carbone**

- Objectif : Dégrossir certains sujets par le biais des stages / bien redéfinir les priorités.
- Stage plutôt ingénieur pour une biblio poussée et une analyse des données
- Sur des méthodes de prélèvements terrain : plutôt BAC+2
- Crédit carbone ? Eléments de conseil agricole ? Confrontation de différentes stratégies d'échantillonnage ? Revalider les méthodes d'échantillonnage des outils ? Travail sur le nombre d'échantillons à prélever ? Partir d'éléments de terrain et rajouter de nouvelles choses ? comparer les différentes méthodes de mesure du carbone au laboratoire ? → Formuler les clairement les différentes questions qui sont en lien avec les deux sujets de stage
- Comparaison de différentes méthodes d'analyse :
  - o regarder la variabilité VS la simplicité/complexité
  - o Partir sur deux prélèvements distincts ou faire un sous-échantillonnage de l'échantillon composite ?
- Evaluer plusieurs méthodes mais surtout sur des sols « difficiles » / tester différents types de matériels
- Faire tous les tests dans la même localité ? Quid de l'accueil du/des stagiaire ? : Meuse (EMC2 couvre une large diversité de type de sol) ; Pays de la Loire (possibilité également d'observer une diversité intéressante)
- Quid des périodes de prélèvement de la densité apparente ? Espacement de 15 jours ? 1 mois ? Autre ? Quelle durée entre 2 prélèvements pour voir des évolutions ?
- Stage en cours à Uni LaSalle sur les modes de prélèvement/ fonction de pédo-transfert.
- Mobiliser les labos sur les méthodes d'analyse car impossible de former le stagiaire sur toute les méthodes d'analyse.
- Quid des parcelles en vigne et Arboricultures ? Des questions existent.
- Sur le maraichage aussi des projets sont prévus par HEPIA.
- Coût des stages : 7000 à 8000 euros pour 2 stages (6 mois et 2 mois ?). Plutôt sur 2024 ou éventuellement reporter l'un des stages sur 2025.
- Valider les premiers sujets si possible d'ici novembre : les animateurs du GT FOrBS vont réaliser une première proposition de sujets de stage à retravailler avec les structures intéressés pour l'accueil, l'encadrement ou éventuellement le financement partiel des stages.
- Les stages vont permettre de commencer à rédiger un doc COMIFER sur la MO.
  
- Autres sujets sur lesquels le COMIFER peut se positionner : Directive Sol avec certains seuils sur les teneurs en éléments nutritifs (consultation publique).

Echanges rapides sur quelques actualités : les évènements du COMIFER à venir (R23 et JT24) et la suite à donner aux travaux communs entre les GT FOrBS et le GT PRO.

**16h30 : Fin de réunion.**