

Compte Rendu du groupe SAB 08.04.21

Participants

Sophie Agasse UNIFA ; Hugues CLIVOT Université Reims Champagne Ardennes ; Ines Joffet UNIFA ; Hélène Lagrange Arvalis ; Bruno Felix-Faure EUROFINS-GALYS ; Simone Marx Luxembourg ; Lionel Jordan Meille Bordeaux Sciences Agro ; Stéphanie Sagot LDAR ; François Servain LDAR ; Sophie Xardel Coopérative Lorca ; Catherine Henault INRAE ; Sébastien Kalt AUREA Agrosociences ; Olivier Peltier LHOIST ; Yannick Fonsegrives LHOIST ; François Taulemesse ARVALIS ; Alain Bourdelat Agriculteur ; Najat NASSR RITMMO Agroenvironnement ; David Leduc CRA Pays de la Loire ; Julien David Coopérative EMC2 ; Marie Carré COMIFER ; Pierre Yves Tourlière ; Guillaume Tuffière MEAC ; Sophie Droisier COMIFER ; Mathieu Bihler TIMAC Agro ; Paul Tauvel ITB ; Laurence Patourel

Rédaction du compte rendu : Bruno Felix-Faure, Marie Carré et Hélène Lagrange

Ordre du jour

- Tour de table et informations diverses.
- Les amendements silicatés (roches basaltiques broyées) : chaulage et séquestration du CO₂. Lionel Jordan-Meille (Bordeaux Sciences Agro).
- Bilan Gaz à Effet de Serre (GES) des Amendements Minéraux Basiques (AMB) UNIFA, Section Amendements Minéraux Basiques : Olivier Peltier – Guillaume Tuffière Présentation – échanges
- La fonction pH dans le modèle de minéralisation de la matière organique du sol, notamment en sols acides. Hugues Clivot INRAE Nancy, présentation – échanges.
- Autres points divers : Tour de table sur les attentes des membres du groupe SAB ; Sujets qui pourraient être abordés à nos prochaines réunions ...

● Tour de table et informations diverses.

- Actualité COMIFER : Lionel Jordan-Meille président du Comifer

Rien de définit sur la prise en charges de l'organisation de la prochaine journée technique en 2022 (thème : « les oligo-éléments »), un comité d'organisation transversale aux différents groupes de travail va être mis en place donc si vous êtes intéressé pour aider à l'organisation de la journée, merci de nous contacter.

- Les prochaines Rencontres COMIFER-GEMAS

Les prochaines rencontres sont toujours prévues malgré un contexte sanitaire incertain. Ces rencontres sont prévues dans un double format, à la fois en présentiel et à la fois en distanciel. Pas d'intervention orale sur des sujets du groupe SAB ; un poster de Catherine Hénault.

● Journée technique Comifer « pH et fertilité des sols » du 28/10/2020, bilan de la journée :

222 participants à la journée, provenant du monde entier. Le public en ligne était représenté par 41% de non-adhérents au COMIFER.

Le traitement des questions via le tchat a été fait, et les réponses aux questions ont été mise en ligne sur notre site internet (au moment de la réunion du groupe il restait une partie des questions à traiter).

- Des nouvelles pistes de travail ont été identifiées pour le groupe, à savoir :

Travailler sur un arbre de décisions déterminant les pH optimaux en fonction des objectifs recherchés par l'action de chauler ;

- ➔ Recherche de volontaire pour créer un sous-groupe qui travaillera sur l'arbre de décision, arbre qui sera validé par le groupe SAB à la fin ; Création d'un sous-groupe : Stéphanie Sagot, Sophie Xardel, David Leduc, Hélène Lagrange, Catherine Henault, François Servain, Simone Marx, animation par Hélène LAGRANGE.

Quel objectif pour le groupe ? Un poster pour les rencontres

- Enquête satisfaction présentée par Sophie Droisier COMIFER

- **Points divers à partager par les participants** (exemple : actualités des expérimentations en cours concernant des problématiques du groupe SAB etc...)

Stéphanie Sagot : animation d'un groupe sur le conseil auprès d'agriculteur méthaniseur pratiquant des CIVEs (cultures intermédiaires à vocation énergétique). Principalement sur l'export de ces cultures mises en place dans un objectif de méthanisation. La méthode Comifer conseil PK ne prévoit pas de raisonnement de calcul de doses pour deux (ou plus) cultures par an. Des données d'exportations de CIVEs sont à récupérer si elles existent et une adaptation de la méthode Comifer est à établir. Objectif d'une 1^{ère} ébauche à court terme car des éléments seront présentés pour la réunion du groupe PK le 21 juin. Deux réunions sont prévues en mai et une en juin, si intéressé contacter Stéphanie Sagot.

- **Les amendements silicatés (roches basaltiques broyées) : chaulage et séquestration du CO₂.**

Par Lionel Jordan-Meille (Bordeaux Sciences Agro). PPT mis à disposition du groupe

Cette présentation est une information brève en prévision d'une approche plus approfondie ultérieurement.

Cette présentation fait suite à deux demandes arrivées récemment auprès de Lionel le motivant à effectuer une recherche bibliographique sur le sujet pour vérifier le pouvoir neutralisant, et la séquestration du CO₂ des roches basaltiques silicatées.

Les amendements silicatés sont des roches d'origine magmatique, dont certaines sont liées à des cations type Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺. Plus il y a de silice moins il y a de ces autres cations. On recherche donc des roches riches en silice et en calcium et magnésium de type Olivine, Basalte etc...

Sur les gisements de ces roches il n'existe pas d'étude en France mais des études ont été faites en Angleterre et indiquent des emplacements de gisement (cf carte PPT) ; on en retrouve également au Danemark où on peut trouver de la poudre de roche érodées par les glaciers qui se retrouve en solution dans les eaux, qui au séchage devient de la poudre de basalte : entre 1/2/3 µm en fonction de la finesse de la texture .

Attention : cette roche ne se dissout pas comme du CaCO₃; ce sont des formes plus complexes par ex Feldspath. L'altération de la roche ne correspond pas à un processus de dissolution mais à de l'altération géologique (la durée de vie des cristaux de roche silicatées va de 112 ans pour l'anorthite à 34 millions d'années pour le Quartz).

Comparaison de l'altération d'un amendement silicaté (par exemple l'olivine) à la dissolution du CaCO_3 :

- Sous l'angle neutralisation
 - o Si l'équation suivante (eq 1) se déroule et que le Mg ne se recombine pas alors VN 1.25
 $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 4\text{H}^+ + 4\text{HCO}_3^- \rightarrow 2\text{Mg}^{2+} + 4\text{HCO}_3^- + \text{H}_4\text{SiO}_4$
 - o Pour le CaCO_3 , l'équation (eq 2) est $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$; VN = 1.78 → $\text{CaCO}_3/\text{CaO} = 100/56 = 1,78$

D'après ces équations, l'olivine a une VN plus faible que le CaCO_3 . Or, en réalité, l'olivine ne réagit pas bien en condition acide (eq 1).

- Sous l'angle Séquestration du C ; avec ($\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$)
 - o Pour l'olivine : bilan = -2 CO_2
 $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{Mg}^{2+} + 4\text{HCO}_3^- + \text{H}_4\text{SiO}_4 \rightarrow 2\text{MgCO}_3 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 - o Pour le CaCO_3 : bilan = 0 CO_2
 $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

D'après ces équations, l'olivine permettrait de séquestrer 2 CO_2 en comparaison au CaCO_3 .

Questions :

- Olivier Peltier : L'équation présentée n'est pas stabilisée, les 2H sont instables donc il y a une production de CO_2 à la fin qui viendrait contrebalancer le CO_2 séquestré normalement. Non ? dans les articles : peu de chance de recombinaison et une évacuation vers la mer, mais ce point est à vérifier à retravailler. Il faut voir les conditions pédoclimatiques exactes et donc quelle équation est favorisée

Des résultats de 2 expérimentations sont présentés :

- Etude 1 : 20% de rendement en plus pour du sorgho avec apport de basalte (quel pH au départ de l'expérimentation ? -> on ne sait pas pourquoi il y a un effet positif)
- Etude 2 : Innocuité : mesure du chrome et du nickel, plus la poudre d'olivine est fine plus la solution du sol présente du Ni ; il y a un risque avec l'amiante également. Un écart de pH est observé, pH > pour de l'olivine broyée (broyée à combien ? quelles différences significatives ?)

Pour rappel, la silice n'est pas considérée comme un élément majeur indispensable.

Séquestration du CO_2 : elle est estimée par mesures indirectes. Par projection théorique des résultats du laboratoire au champs, il semble que les roches silicatés (olivine, basalte, Wollastonite) sont un moyen efficace pour la capture du CO_2 , au moins aussi efficace que la reforestation.

Aspects économiques : cette roche pourrait permettre une approche du marché du carbone, cela vaudrait le coût d'un point de vue marchand de vendre la tonne de CO_2 à hauteur de 150 euros et d'épandre cette roche.

Les questions que cela soulève :

- Réelle vitesse d'altération ?
- Menace pour la filière ? ou une opportunité ? compléter le portefeuille de produit ?
- Quels gisements en Europe ?
- Quels prix planchers de rentabilité ?
- Quel poids du coût de transport ?
- Nécessité de réaliser des ACV comparés (Vérifier les ETM, le coût de l'extraction etc...)

Remarques et questions :

Bruno FF : si neutralisation de l'acidité, il n'y a pas piégeage de CO₂ car le bilan est nul. On ne peut pas séquestrer et neutraliser en même temps.

Najat : Quelle est la vitesse d'altération des minéraux silicatés dans les sols français ? il faut des conditions particulières, les microorganismes agissent beaucoup sur les processus d'altération.

Efficacité au niveau du rendement ? Etonnamment il est observé un bon rendement sur grain mais pas de changement sur les racines et la biomasse ; la silice agit beaucoup comme biostimulant en conditions de stress et se traduit par une stimulation, stimulation de la biomasse racinaire comprise.

PY Tourlière : qu'est-ce qu'on cherche le plus ? séquestration ? on oublie en premier lieu la fonction de l'amendement qui n'est pas de stocker le carbone.

Est-ce que l'effet magnésien a été analysé ? Non.

Pour une suite ?

Discussions avec la section des amendements basiques de l'Unifa pour voir s'il serait possible de travailler le sujet, peut être un stagiaire, mais pas dans l'UMR de Lionel mais peut être sous format d'un stage ou de projet scolaire. Le travail reste très théorique pour le moment.

- **Bilan Gaz à Effet de Serre (GES) des Amendements Minéraux Basiques (AMB)**

UNIFA, Section Amendements Minéraux Basiques : Olivier Peltier – Guillaume Tuffière

Présentation des travaux en cours (difficultés rencontrées) – échanges

Le PPT n'est pas mis à disposition du groupe

Suite à des échanges au sein du GT SAB sur les quantités de CO₂ émises lors de la réalisation d'un chaulage, la section de l'UNIFA a décidé de s'emparer de la question. Un bilan a été fait, basé sur 5 indicateurs :

- Emissions à la production de l'amendement (émissif)
- Emissions au transport et épandage (émissif)
- Emission de CO₂ direct lors de l'apport (émissif)
- Réduction des émissions de N₂O suite à une augmentation du pH du sol (réduction des émissions)
- Fixation du CO₂ lié à une augmentation de la production (piégeage)

L'étude est conduite sur deux types d'amendements : chaux vive et calcaire séché pulvérisé.

Analyse sur la production de CO₂ jusqu'à la sortie d'usine, l'ensemble du processus industriel. Une nouvelle ACV est en cours, avec des résultats attendus pour fin 2021 ou début 2022.

Au niveau énergie beaucoup d'effort ont été fait par la profession pour limiter l'utilisation d'énergie. Par exemple, l'utilisation de fours à chaux qui fonctionnent en utilisant de la biomasse qui permettent de ne pas comptabiliser d'émissions CO₂ dans ce processus. L'étude essaye d'analyser le bilan carbone de la production de l'amendement jusqu'au stockage supplémentaire de carbone dans le sol en lien au gain de productivité grâce à l'utilisation d'un AMB.

Remarque :

Hélène Lagrange : le terme de réduction des émissions de N₂O n'est utilisable que si le pH initial est <6.8 voir 6.4. L'augmentation de production est surtout visible lors du redressement. Comment le gain de rendement est estimé dans l'étude ? Ce bilan GES ne sera peut-être pas le même en fonction des pH des sols de départ. Les indicateurs dits de piégeage et de réduction des émissions n'ont pas la même valeur quels que soient le sol et la culture.

Simulation sur la base des émissions de CO₂ classiques :

- Emissions de CO₂ directes :

Pour les calcaires, la dissolution des carbonates pour agir sur le pH s'accompagne d'une émission de CO₂.

Pour la chaux, la décarbonatation des 4,6 % de CaCO₃ résiduel contenu dans la chaux vive est considérée comme totalement dégradé et transformé, en réalité 8,2% de CaCO₃ resterait non dissous.

- Réduction de N₂O : par rapport à la totalité de l'apport d'azote on peut limiter les émissions de N₂O avec un pH du sol supérieur à 6,8. Il faut que le pH soit maintenu à 6,8 pour une réduction des émissions avec la dénitrification se faisant alors jusqu'au stade N₂. Un chaulage d'entretien régulier est nécessaire pour maintenir un pH à 6,8.

Le calcul est fait en estimant des apports d'azote sur terres cultivées et sur prairies. Les terres cultivées représentant 40% de la surface et les prairies permanentes 60% de la surface. Une dose d'azote moyenne utilisée de 140 kg N/ha. D'après des données CITEPA, 1% de l'N apporté serait émis sous forme de N₂O. Avec un pH >6.8, on limiterait les pertes de N₂O de 50% soit 3.75 kg N₂O/ha soit 993 kg eqCO₂ évités.

- Stockage du C dans les sols : Le gain de productivité utilisé est de +8 q/ha/an pour maïs- blé-orge et +10% du rendement pour les prairies. L'estimation du stockage de C avec ces nouveaux rendements a été faite avec SIMEOS-AMG. Estimation du stockage à 30ans.

- Bilan global GES des AMB : à l'équilibre voir légèrement en faveur des amendements avec l'ensemble des hypothèses prises en compte.

Questions :

Catherine Hénault : dans son article il y a une présentation du même type de calcul sur le bilan complet et elle arrivait aux mêmes chiffres que ceux présentés, mais moins approfondie sur la question de la fixation du CO₂ dans les sols, mais il reste la question de la durée d'action des produits chaulant.

Najat : la littérature souligne que l'action des AMB se passe principalement en surface. Un effet immédiat qui va durer peut-être quelques jours. Dans un second temps d'autres processus chimiques ont lieu ensuite, avant la baisse progressive du pH. Dans ce second temps on a notamment une modification de la CEC effective, qui augmente, avec des échanges cationiques permettant une augmentation de garniture de la CEC.

Remarque : pour la rédaction du CR, le PPT n'est pas disponible pour vérifier les chiffres.

Pour la suite : les travaux consolidés seront à rediscuter au sein du groupe COMIFER SAB.

- La fonction pH dans le modèle de minéralisation de la matière organique du sol, notamment en sols acides.

Hugues Clivot INRAE Nancy

Présentation – échanges

PPT mis à disposition du groupe : Equation de prédiction de la minéralisation de la MO du sol

Cette intervention fait suite à la journée « pH et fertilité des sols » où des graphiques et des équations des effets pH et CaCO_3 sur la minéralisation (C et N) avaient été présentés. Ces présentations posaient des questions sur la provenance de ces graphiques, les valeurs utilisées et voir si le groupe peut contribuer à approfondir et compléter les données utilisées.

Contexte :

L'erreur de prédiction de N minéralisé dans le sol était plus importante que d'autres variables dans STICS, avec notamment une mauvaise prédiction de la vitesse potentielle (V_p) de minéralisation. Cette première équation de V_p avait été basée sur des données in vitro. Cela montrait donc qu'il y avait une amélioration possible des modèles de simulation.

Objectif : améliorer la prédiction de la minéralisation de la MOS en proposant une meilleure fonction de prédiction de la V_p .

Contexte :

Ce travail fait suite au travail de thèse de M.Valé sur des données in situ. Un certain nombre de sites ont été ajoutés aux données de la thèse. L'étude expérimentale a donc porté sur un total de 65 expérimentations au champ en sol nu (39 sites), et sans apport récent de matière organique.

Les variables descriptives des propriétés du sol sont disponibles, notamment le pH et le calcaire.

Le pH des sols étudiés est compris entre 5,7 et 8,4, et se situe en moyenne autour de 7.5 ; peu de données de pH faible dans la base.

Les teneurs en CaCO_3 sont comprises entre 0 et 436 g/kg. Pas de sol de craies dans la base de données, ils ont été exclus car trop d'incertitude.

Le travail effectué :

1 - Expérimentation au champ avec des suivis réguliers de différentes variables (humidité du sol, N_{min} , données météo...) et en parallèle récolte des variables de propriétés du sol et des cultures.

2 – Utilisation du modèle LIXIM (INRAe) pour calculer la V_p (vitesse potentiel de minéralisation) avec un ajustement des données, teneur en eau et nitrate au cours du temps, calcul de la minéralisation in situ réelle.

Rappel Calcul de la V_p sur LIXIM :

1 - suivie au champ des profils d'eau et de N_{min} du sol

2 - cinétique de minéralisation de N en fonction du temps

3 - cinétique de minéralisation de N en fonction du temps normalisé (T° et Hum)

3 – Confrontation de la variable calculée avec des variables explicatives : approche séquentielle afin de créer un modèle de prédiction.

Les variables intégrées dans le modèle (dans l'ordre d'intégration) sont :

- N orga du sol (V_{p1})
- Argile (V_{p2})

- pH (Vp3)
- C/N (Vp4)
- CaCO₃ (Vp5)

La construction de la fonction est une approche empirique statistique. Par rapport à l'équation initiale du K2, les variables sont presque les mêmes, avec ici l'introduction de 2 nouveaux facteurs, le pH et le C/N.

Suite à la confrontation de la corrélation des variables à la Vp : le travail permet de mettre en avant l'efficacité du modèle, plus il est proche de 1 mieux c'est.

- Relation linéaire avec le stock de MOS
- L'argile explicite bien ce qui restait à expliquer
- pH : relation linéaire pouvait à peu près bien prédire le comportement, fonction gaussienne retenue, dans la littérature rien de très clair .

Evaluation de cette nouvelle fonction de prédiction :

Par rapport à l'ancienne équation, l'erreur du modèle a diminué largement, passé d'une erreur de 0,37 à 0,20. Le travail a permis de faire un meilleur modèle de prédiction.

Implémentation dans le modèle STICS

De base, l'efficacité du modèle n'est pas très bonne avec un biais important, une re-optimisation du K2 a été faite avant même d'introduire la nouvelle fonction.

Résultats avec la nouvelle fonction Vp5 : efficacité du modèle améliorée, et diminution de l'erreur relative.

Un travail a été fait sur la base de données sur les sols cultivés pour vérifier que l'introduction de la nouvelle version améliorerait aussi la prédiction dans ce cas-là.

Comparaison de deux versions du modèle AMG V1/ V2 :

AMG simule des évolutions de stocks de C dans le sol en effectuant un bilan entre les entrées de matières organiques et les sorties de C par minéralisation. Cette minéralisation du C est estimée, dans la version 2 d'AMG, par une adaptation de la fonction Vp5 initialement construite pour la minéralisation de l'N.

Les données utilisées pour cela sont issues de la base de données AIAL (consortium AMG, INRAe, Aravis, Agrotransfert, LDAR). La gamme de variation des paramètres sols est présentée dans le PPT. Les pH_{eau} varient entre 6,0 et 8,5 avec la moyenne à 7 ; CaCO₃ varie entre 0 et 781 g/kg.

L'analyse de l'erreur dans le V2 a montré qu'il n'y avait pas d'effet structurant des variables sur l'erreur du modèle, par contre on retrouve cet effet du pH et du C/N, avec donc une sous-estimation de la minéralisation en pH alcalin.

Conclusions :

Le domaine de validité des modèles est applicable avec certaines limites :

- La base de données porte sur des sols de grande culture, et n'est pas transposable pour l'instant sur prairies.

- Qu'est ce qui se passe en pH franchement acide ? pas de réponse à apporter car les essais réalisés sur sol à pH inférieur à 6 sont trop peu nombreux et donc là encore le modèle n'est pas pour l'instant transposable dans ces conditions de sols acides.

Pour la suite :

Poursuivre les travaux d'expérimentations pour compléter le domaine de validité du modèle

Questions :

Sur la construction des fonctions, le tracé de la fonction pH (diapo 8) ne peut pas être utilisé pour montrer indépendamment des autres l'effet du pH sur la minéralisation (de l'N ou du C) ? Effectivement, toutes les fonctions forment un ensemble, on ne peut pas extraire la fonction pH sans prendre en compte les autres facteurs.

Quand on fait varier le pH, est ce que cela a un impact fort sur les sorties ?

- ➔ Oui cela a un impact important dans la courbe de la relation et on voit que c'est dans les pH faibles que l'on peut doubler ou tripler la minéralisation par augmentation du pH.

Comment les membres du groupe SAB pourraient contribuer à aider à travailler sur les questions de validité pour pH et CaCO_3 ?

Partager ou monter des essais en pH faible ; essais tels qu'on puisse utiliser le modèle LIXIM.