

Compte Rendu Groupe NS 10.07.2018

Introduction

En 2016, des sessions ont eu lieu lors des groupes NS afin de déterminer une ligne de conduite pour la suite et notamment les objectifs du groupe et son organisation. De ses sessions est, entre autres, ressorti le besoin de discuter des évolutions possibles et des travaux menés sur le terme mh. Cette journée a donc été orientée autour du terme mh.

Concernant le groupe NS, il a été évoqué à l'assemblée générale la tenue d'une journée sur la volatilisation de l'ammoniac. Une journée qui aurait lieu au 1^{er} trimestre 2019, probablement en Mars, sur Paris.

L'animation du groupe est en évolution, Marc Hervé va quitter progressivement l'animation du groupe. Il sera remplacé par David Leduc et Laurent Varvoux.

Estimation de Mh : des décennies d'évolution,

Caroline LE ROUX (LDAR) David LEDUC (Chambre d'Agriculture Pays de la Loire)

La minéralisation de l'humus a toujours été difficile à estimer et son calcul à évoluer au fil du temps. Au préalable, trois sources de minéralisation d'azote sont identifiées, les résidus de culture, les produits organiques et les matières organiques humifiées.

Le Mh est calculé selon le coefficient K2, le taux de minéralisation de l'azote organique humifié (Mh). Les paramètres du calcul de Mh ont été affinés au cours du temps notamment en fonction des proportions d'argile et de carbonate.

Le calcul du Mh a évolué également avec la prise en compte du stock de MO, le type de sol et les variations de températures et d'humidité, ainsi que le pool d'azote actif avec l'hypothèse que 33% est actif.

La vitesse potentielle de minéralisation est ainsi calculée à partir du K2 et de la teneur de la MO avec intégration d'un facteur (gestion des résidus)

La minéralisation (*Mh*) est le produit de la vitesse potentielle de minéralisation (*Vp*), des facteurs température et humidité (*f[T]*) et (*g[W]*), et des facteurs *FNact* and *Fsyst*.

$$Mh = Vp \times f(T) \times g(W) \times FNact \times Fsyst$$

- ➔ La minéralisation de l'humus est fonction du climat et déterminé par la teneur en azote des analyses des terres et des facteurs systèmes.

En 96, deux référentiels étaient utilisés pour le calcul de minéralisation, basé soit sur les travaux de Laon soit sur les travaux sur les arrières effets des apports de PRO (Brochure ITCF : Fertiliser avec les engrais de ferme de 1991).

Soit 2 visions sur le mh

- Analytique avec un stock d'azote, un modèle de calcul soit une minéralisation nette corrigé d'un coefficient tenant compte de la fréquence de retour des produits organiques.
- Sur la base de table prenant en compte les arrières effets des apports de PRO via des coefficients d'équivalence engrais appliqué aux doses et à la fréquence des produits organiques épandus.

Ces deux approches produisaient des conseils très éloignés (de l'ordre du simple au triple !) ce qui a conduit à des débats importants dans le cadre du groupe et qui questionne sur les réalités très différentes vécu sur le terrain.

Nécessité à ce jour de continuer à affiner ce poste qui représente 70% de l'azote absorbé par les plantes et qui est source de variabilité parfois importante dans la détermination de la dose prévisionnelle d'azote.

Evaluation de la fourniture en azote du sol pour une culture d'endive, mesures dans 7 conditions de cultures et estimation par la méthode des bilans

Laurent CASSAN (APEF)

L'APEF, l'association des producteurs d'endive de France travaille en réseau avec les conseillers techniques de la région, et les organismes de développement agricole. Les retours du terrain faisaient état de l'imprécision de la méthode du bilan et notamment de résultats non satisfaisant par rapport au bilan prévisionnel. Une étude a été menée pour évaluer les estimations des besoins d'azote par la méthode du bilan. Cette étude s'est déroulée sur 7 parcelles d'expérimentation ainsi que 5 parcelles d'agriculteurs.

Selon le bilan azoté de la parcelle, le choix de la variété et le raisonnement de la fertilisation, les apports N sont relativement faibles, de 0 à 60 unités. Il en ressort une exigence particulière sur la précision du bilan azoté. C'est le bilan d'azote fourni par le sol et donc du reliquat utilisable qui permet des déterminer la catégorie du type d'endive à planter. Une variété sensible (besoins en azote <130kgN/ha) ne devant pas se trouver cultivée avec un excès d'azote ce qui serait préjudiciable à sa qualité.

Les résultats ont montré que pour quatre parcelles le bilan calculé a été assez exact avec un écart faible de N exporté. Pour les trois autres parcelles les écarts sont élevés, entre 70 et 100 u, soit une sous-estimation très importante de l'azote fournie par le sol. Ce problème d'estimation est important car si le bilan avait été plus précis une autre variété aurait été plantée.

Un calcul a posteriori a été effectué, avec les données de climat réel, pour estimer le bilan d'azote. Ce dernier a été amélioré mais seulement pour un de ces trois cas.

Au final, l'utilisation de la méthode du bilan sous-estime la quantité d'azote pour près d'un cas sur deux. Ainsi aujourd'hui sur le terrain, le conseil tient très peu compte du bilan et de la minéralisation. Aujourd'hui le calcul est fait selon l'ancienne formule et l'historique de la parcelle.

Les questions qui se posent aujourd'hui sont :

- Quelles influences de la culture de l'endive sur la minéralisation de la MO ?
- Quelles études mettre en place pour améliorer le bilan prévisionnel ?

L'APEF est aujourd'hui intéressée pour participer à un autre réseau d'essai pour continuer d'étudier la précision du bilan azoté sur l'endive.

Le réseau Mh Breton : un projet de R&D sur la minéralisation des sols de l'ouest, Thierry MORVAN (INRA) Laure BEFF (INRA) Yvon LAMBERT (Chambre régionale d'Agriculture de Bretagne)

Ce projet a été conduit entre 2010 et 2015 en partenariat avec des laboratoires d'analyse. La minéralisation reste difficile à prédire malgré les différents travaux qui ont été menés. Le calcul du mh selon le comifer est inadapté dans le contexte Breton du fait des apports de pro importants et fréquents depuis les années 60, de la diversité culturale, des fonds géochimiques et du climat très favorable à la minéralisation.

Grace à un réseau régional de 137 parcelles cultivées en maïs non fertilisé pendant 5 années consécutives (2010-2014), organisé en triplète : une parcelle référence uniquement conduite en fertilisation minérale depuis 10 ans au moins et 2 parcelles système ayant reçues des PRO en quantités variables, pour identifier l'effet système.

Sur chaque parcelle le flux de minéralisation (M_n) net est mesuré :

Bilan N annuel :

$M_n = (R_f - R_i) + N_p(\text{ export plante}) + Lix$ (lixiviation) est très proche de Mh car pas d'apport de PRO récent et 2 années de culture de maïs (2010 et 2011 sans apports d'azote avant le début des mesures.

Grace à STICS établissement d'un bilan normalisé ($BN = M_n/J_n$) permettant avec les mesures répétées dans le temps de vérifier le formalisme $mH = V_p * J_n$

Afin de construire un indicateur système, le projet a considéré deux indicateurs, I Cult, qui synthétise l'historique culturel de la parcelle sur la moyenne des bilans N des 15 dernières années, et I Pro, qui est une estimation du flux de minéralisation lié aux apports organiques sur une moyenne de 3 ans.

Afin de prendre en compte le climat, celui-ci est modélisé, calculé sur le modèle Stics, et les jours normalisés. Les J_n dépendent fortement du climat mais des variations importantes sont observées en fonction des types de sol.

Les résultats vérifient bien l'hypothèse du travail du projet au travers d'une grande variabilité des valeurs de minéralisation. Les répétitions dans le temps ont permis de comparer statiquement les

bilans sur les 3 années. L'hypothèse d'égalité du bilan normalisé sur les 3 années s'est révélée juste sur 43 parcelles mais fautive sur 24 parcelles, en découle le questionnement suivant :

- Incertitude sur le temps normalisé ? oui mais pas significatif
- Questionnement sur le formalisme $Vp.Jn$: ce formalisme n'est pas suffisant, et souligne le besoin d'un terme supplémentaire pour solidifier le calcul. Un indicateur Em , extra minéralisation, a été ajouté.

Le problème est que cet Em est impossible à calculer ainsi une démarche pour évaluer l'aptitude du formalisme simplifié $mh = vp.jn$ à prédire la minéralisation moyenne du flux Mh Maize (azote fourni par le sol utilisable par le maïs) a été mise en place.

- ➔ Bonne prédiction de Mh Maize donc l'approche simplifiée $Vp.Jn$ peut être acceptée dans le cadre d'une approche opérationnelle de la minéralisation
- ➔ Em se produit sûrement en automne en post absorption du maïs et sans doute pas tous les ans

Un modèle prédictif a été étudié, et pour la prédiction de Vp plusieurs variables complémentaires ont été prises en compte :

- ➔ Modèle GAM (Generalized additive model) qui comprend propriétés des sols, propriétés de la MO indicateur de la minéralisation et de l'historique cultural
- ➔ Bonne prédiction du modèle (44% des points à ± 0.1 et 74% des points à $\pm 0.2 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{Jn}^{-1}$)

Mais ce modèle est difficile à utiliser de manière opérationnelle (nécessite des propriétés des sols parfois difficile à obtenir), ce qui a amené l'équipe à travailler sur la création d'autres modèles prédictifs :

➔ Le modèle choisi : $SOL + I_{sys} + APM$ est un modèle opérationnel qui est un compromis entre facilité d'obtention des mesures et bonnes prédictions (R^2 ajusté 0,5)

L'outil Sol Aid

Un outil qui a été pensé comme un outil web avec un volet expérimental pour valider la stabilité de l'APM dans le temps et des essais de courbe de réponse à l'azote.

Cet outil doit permettre de faciliter le calcul de Mh par les acteurs de terrain y compris quand certaines données sont manquantes (APM). Il permettra également en s'appuyant sur une base cartographique d'estimer plus facilement les facteurs systèmes nécessaires au calcul de Mh .

Il est prévu qu'il soit disponible en 2020.

Questions ?

Sur les 5 ans du programme vous avez éliminé les 2 premières années pour éliminer les effets des pratiques précédentes des pro, est ce qu'il y avait une différence significative ?

L'objectif était d'estimer le terme mh de manière objective et pas d'estimer les impacts des pro, mais ces années vont être évaluées.

L'Extra minéralisation se manifeste certaines années et pas d'autres, est ce que des éléments d'explication ont été trouvés ?

Non pas vraiment, c'est pourquoi un autre modèle a été privilégié pour une pratique opérationnelle.

Les démarches entreprises vont-elles déboucher sur une évolution de la réglementation ?

Le projet a été financé entre autre par la DRAAF donc oui l'objectif est à terme d'avoir des changements dans la réglementation mais pas de date fixée à ce jour. Les résultats du projet seront étudiés par le GREN et l'outil sera testé dès cet automne dans les bassins algues vertes.

Nouveau modèle de prédiction de la minéralisation de l'azote et de l'humus du sol, Eric JUSTES (CIRAD)

L'équation dite du K2 est largement utilisée pour prédire la vitesse potentielle de minéralisation N. elle a été établie en condition sin vitro entre 1980 et 1990.

Les ordres de grandeur prédit sont globalement corrects mais sont insatisfaisant dans certains sols et systèmes de culture (sols sableux, sols riche en MO,...). Il y a un besoin d'amélioration pour plus de robustesse de la méthode.

Un réseau de 65essais au champs en sols nus a été utiliser pour quantifier la minéralisation de N des matières organiques des sols in situ. Cette base de données est représentatives des sols français.

Calcul de la Vp de minéralisation en N :

Après une céréale d'hiver, les pailles sont exportées et on suit l'azote minérale du sol sur 6 à 14 mois. On estime la lixiviation avec LIXIM. De cela on estime la minéralisation calendaire cumulée.

- Regarde le transfert d'azote nitrique entre les horizons
- Bilan d'azote a un temps donné et le défaut d'azote donne la minéralisation vp, corrigé des jours normalisé

La pente de la droite donne alors Vp

Evaluation de l'équation du K2 du Comifer : la gamme de minéralisation est importante ce qui montre une prédiction non correcte.

Une nouvelle équation du K2 a été évaluée ainsi que sa prédiction :

Il s'agissait de ne retenir que des paramètres simples et renseignables par l'agriculteur :

Avec : TNorg, Argile, pH, C/N, CaCO3 on explique 61% de la variabilité observée pour les 65 sols de l'étude.

- Effets de chacun des postes
- Effets système : extra min quand il y a du colza dans la rotation

→ Cette équation gagne en prédiction et en robustesse sur la base de données sols étudiée qui est plutôt représentative des sols français

le paramètre biomasse micobienne est le plus pertinent des paramètres biologiques mais explique très peu de variabilité.

Conclusion

- Pari tenu, on passe d'une équation du K2 au K7 avec des variables renseignables
- Pas d'amélioration importante avec la prise en compte des variables biologiques testées
- Quid des sols de craie ? Le modèle est difficile à tester en raison des erreurs de mesure du C organique en sols calcaire
- Quid des sols bretons ? réponse de Thierry Morvan ; le modèle n'est pas adapté
- Et le non travail du sol ? Il n'y a pas de raison que ce nouveau modèle ne soit pas valide car le taux de minéralisation en N n'est pas foncièrement modifié

→ Une publication en français est en cours pour expliciter l'ensemble de l'étude

Discussion : premiers éléments

Sur les Vp il y a une même variabilité entre les deux méthodes mais pour expliquer cette variabilité, les facteurs explicatifs sont différents : du au contexte de chaque base de données ?

Comment la problématique de la corrélation entre les variables a été gérer dans le modèle ?

Une analyse fonctionnelle des résidus a été faite, il peut y avoir des confusions d'effets par de corrélation

L'influence du colza et des légumineuses dans la rotation est ce que c'est un effet système ou un effet des résidus ? Le colza et les légumineuses ont à la fois des effets dis système et à la fois des effets du aux résidus de culture. Cela sera à étudier

Suite de la discussion, vers une évolution du calcul du terme Mh dans l'équation du bilan prévisionnel d'azote. Suites à donner.

L'objectif de ce temps de discussion est de partager sur la rénovation de la brochure du bilan azotée et comment faire évoluer l'estimation de Mh.

Dans un premier temps la discussion portera sur une description objective des présentations de la matinée, de ce ce qu'il y a à disposition, puis sur une projection pour la suite.

→ En préalable les deux méthodes présentent un même formalisme général

Outils Eléments de discussion	Mh Bretagne	K7
Domaine de validité	Bretagne : notamment les caractéristiques des sols (massif armoricain), climat océanique + ouest France ? Faible à forte pression organique Haute et moyenne montagne pas présenté dans le modèle mais pourrait être proche L'effet des apports de PRO à plus de 2 ans est intégré à l'équation. Il faudra estimer l'effet des apports dans les 2 premières années et l'ajouter au calcul.	France Métropolitaine Sols calcaires représentés sauf craie Haute et moyenne montagne pas présenté Climat continental mal représenté Système orienté GC ¼ parcelle avec MO dont 50% apports réguliers
Eléments nécessaires	N org : mesure non systématique Argile : pas systématique Sable grossier : pas systématique CEC : facile accès I SYS : facteur système : RPG PAC et historique PRO : pas simple APM : pas de méthode normalisée	Norg : mesure non systématique pH : facile accès Argile après décarbonations C/N mesuré : mesure non systématique CACO3: mesure non systématique Colza facile accès Légumineuse (dans la rotation, pas les cultures intermédiaires) facile accès Pas de facteurs systèmes
Arrière effets	Mh + Mha K résiduel	Déjà pris en compte

- Quelles sensibilités des modèles sur des erreurs sur les différentes données d'entrées ?

Pour le Mh Bretagne : le travail est en cours sur l'analyse avec des données de références

- Beaucoup de similitude entre les deux méthodes : effet système, besoin d'expliquer des surplus de minéralisation
- Jeu de données pour tester les deux méthodes ? En cours chez ARVALIS Institut du végétal ; Terrena intéressé pour participer avec leur jeu de données qui possède une bonne base APM également
- Il faudrait tester le jeu de données breton avec la méthode du K7 (peut-être additionnée d'un facteur CEC) et voir si la prédiction est bonne et sinon comprendre d'où peut venir l'imprécision.
- Idée de créer un sous-groupe de travail interne au groupe NS pour mobiliser et tester de nouveaux jeux de données. Cela pour tester la précision et la robustesse des méthodes.

Fertilisation azotobactérienne et calcul de doses prévisionnelles d'engrais-N, Pierre-Philippe CLAUDE (POLYOR)

La méthode du bilan présente quelques soucis de précision, des problèmes de redondance et biais. La fixation non symbiotique est négligée dans la méthode du bilan alors que des études montrent que les ordres de grandeur seraient de 10/25 kg d'azote par hectare et par an, soit un potentiel agronomique significatif

Des essais ont été menés de 2011 et 2013 sur 60 parcelles d'agriculteurs ou des apports de bactéries (fertilisation azotobactérienne) ont été faits sur les résidus de paille en post récolte, et l'efficacité de l'azotobactérisation a été prouvée avec des équivalences de 18 unités d'azote. Toutefois cela ne doit pas systématiquement entraîner une baisse de la dose X mais doit plutôt être perçu comme un moyen de gagner en efficacité voire de dé plafonner le rendement des cultures.

Points divers

Les points divers n'ont pas été abordés mais vous pouvez retrouver les présentations sous format pdf.