



Comité Français d'Étude et de Développement
de la Fertilisation Raisonnée

Réunion du groupe de travail P-K-Mg

08 juin 2023, 09h30 – 16h30, Paris

Participants :

AGASSE	Sophie	UNIFA
BELLENGER	Léo	UNIFA
BRAUD	Armelle	CDDM
COURTY	Pierre-Emmanuel	INRAE
DAVID	Julien	EMC2
DHELLEMES	Grégory	Eurofins Galys
DIEDHIOU	Khady	COMIFER
DROISIER	Sophie	COMIFER
DUTHOIT	Blaise	Rosier S.A.
FONTAINE	Clément	Eurofins Galys
HEURTAUX	Mathilde	ACTA
JORDAN-MEILLE	Lionel	Bordeaux Sciences Agro
LAFLEURIEL	Philippe	Oxyane
LAMBERT	Marc	YARA
LE ROUX	Benjamin	AUREA
LERENDU	Véronique	Corteva Agriscience
MARX	Simone	ASTA - Luxembourg
PITRAT	Thomas	Geocarta
STEFFEN	Maxime	Fertiberia France
TOURLIERE	Pierre-Yves	TIMAC AGRO
VERICEL	Grégory	Arvalis

Compte rendu des échanges : Cf. les supports des présentations pour plus de détails.

9h30 : début de réunion. Tour de table et présentation de l'ordre du jour.

Actualité COMIFER – K. Diedhiou, COMIFER

Rappel des évènements à venir :

- Les Rencontres COMIFER/GEMAS 2023, prévues les 21, 22 et 23 novembre 2023 au Centre des congrès de Tours.
- La prochaine journée thématique du COMIFER prévue le 1^{er} février 2024 à Paris.

Retours sur les travaux récents des autres groupes de travail :

- Le GT azote et soufre a surtout travaillé sur les évolutions règlementaires en lien avec le nouveau Programme d'Actions National « nitrates » et ses impacts sur le raisonnement de la fertilisation azotée. Ces évolutions sont liées à la mise en œuvre d'études techniques au sein de ce GT, notamment pour la production de références sur le bilan azoté des CIVE et l'azote potentiellement libéré jusqu'en sortie d'hiver. Le GT NS a également travaillé sur le raisonnement de la fertilisation soufrée, en se basant sur la présentation des résultats d'essais de Terres Inovia. Un chantier de rénovation de la brochure azote de 2013 a également été lancé.

- La dernière réunion du GT SAB a permis à ses membres de s'informer des projets en cours en lien avec la thématique de travail du groupe et d'aborder les points suivants : le contexte économique du marché des engrais et l'impact sur la filière des amendements minéraux basiques (AMB) ; les AMB dans le Label Bas Carbone en grandes cultures ; la valeur neutralisante des PRO et le lien entre potentiel RedOx et pH du sol.

-Les GT FOrBS et PRO ont organisé une réunion commune en mai 2023. Différents sujets ont fait l'objet des travaux : Statuts organique et biologique des sols suivis au sein des réseaux SOERE PRO et bases de données associées ; valorisation des digestats de méthanisation et effets de leur application sur l'activité biologique des sols cultivés (projet METHA-METHA) ; impact des digestats de méthanisation sur les activités biologiques (projet METHABIOSOL). Un atelier a également permis d'identifier collectivement les sujets à travailler en commun dans les 2 à 3 années à venir.

Revue de littérature P K Mg sur année 2022-2023

- **Tendances récentes – L. Jordan-Meille, Bdx Sc Agro**

Présentation de quelques travaux de recherches en lien avec le raisonnement de la fertilisation PKMg. Les principaux sujets présentés ont porté sur : les transferts de P à l'échelle des bassins versants hydromorphes notamment les sources de pollutions liées à des stocks de P ; la remobilisation du P dans les plantes au moment du remplissage des grains ; effet de matières fertilisantes en agronomie ; essais de longue durée du réseau SOERE PRO avec des bilans cumulés des stocks de P et K dans les sols calcaires : biodisponibilité de P et K plus faibles, malgré des stocks d'éléments en augmentation ; la contribution du P organique à la nutrition des plantes avec une hausse du stock de P dans le sol sur des essais de longue durée : plutôt une accumulation du P, mais pas de lien direct avec la minéralisation ;

relations entre seuils de P et nodulation ainsi que l'effet de ces seuils sur l'azote et les interactions entre les plantes associées.

- **Article K : efficacité agronomique des roches silicatées potassiques par rapport à la nutrition en P des plantes (Potassium Fertilizer Value of Raw and Hydrothermally Treated Igneous) - Otmane Raji, UM6P, Maroc**

Présentation de l'université Mohammed VI, ses fondateurs ainsi que les thèmes de recherche dans cette université (principalement lié aux engrais).

Etude exploratoire sur les ressources disponibles au Maroc et leur utilisation directe. Le bilan K mondial est négatif avec un grand écart entre les entrées et les sorties dans les systèmes de cultures. Beaucoup de gisements qui ne sont pas en exploitation.

Des inconvénients avec les ressources conventionnellement utilisées par les pays du sud : coûts élevées d'importation, incertitudes sur les pérennités d'approvisionnement, beaucoup d'érosion et de lessivage. Objectifs : réfléchir à des sources alternatives.

Des minéraux silicatés potassiques dans les roches de type magnétiques sont riches en potassium et peuvent servir d'alternative aux minéraux évaporitiques (type KCl).

Inconvénient : libération du K très lente. Ce travail est effectué dans une perspective d'utilisation directe : on fait un broyage puis on épand les roches broyées dans les sols. Objectif : évaluer la valeur agronomique de ces roches et leur efficacité.

Test de lixiviation pour suivre la libération des éléments nutritifs, dont le potassium / Evaluation de l'efficacité agronomique sur un sol très faible en K et avec une acidité faible / Utilisation du Ray Gras dans l'expérimentation.

Les niveaux d'extraction de K en fonction de différents traitements sont présentés. Le traitement hydrothermal semble être plus efficace pour l'extraction. Le test de lixiviation permet aussi de libérer d'autres éléments. Le rendement optimal est obtenu avec l'application de poudre de roches brutes. Les roches traitées affichent les coefficients d'utilisation les plus élevés. Les roches les moins riches en potassium en libèrent plus car les minéraux qui les composent sont plus facilement solubilisés. Ce n'est pas la teneur en K mais plutôt la minéralogie qui impacte la libération de P.

Cette étude exploratoire a permis d'avoir des idées sur les ressources localement disponibles et les résultats semblent très encourageants. Les travaux vont se poursuivre pour optimiser les traitements des roches et rendre possible leur utilisation en agriculture.



Pilotage fertilisation avec jus de tiges

Julien DAVID (EMC2) & Grégory DHELLEMES (Eurofins Galys)

- **L'analyse de sève en grandes cultures (Grégory Dhellemmes)**

Présentation de l'outil «TopDiag », les éléments mesurés et les méthodes de mesure, l'interprétation des résultats et le conseil. Outil développé depuis les années 80 sur la vigne.

Analyse des éléments minéraux via les flux de sève. Objectif : réaliser un pilotage qui soit le plus précis possible afin d'optimiser un équilibre tout au long du cycle cultural.

L'utilisation de l'outil nécessite des bases techniques particulières avec des notions de confidentialités. Le délai de réalisation des analyses est très court et il faut des compétences particulières pour l'analyse des résultats.

Exemple de pilotage en parcelles agricoles : une cinquantaine de pieds de blé sont utilisés pour faire l'analyse. Le prélèvement se fait 3 heures maximum après le lever du soleil (+ transport en glacière). Délai de 3 à 4 jours d'analyse en labo afin de pouvoir agir rapidement sur la parcelle en cas de besoin.

L'analyse labo : extraction des jus de sèves par pressage (on évite le broyage) ; dosage par colorimétrie ; mélange de phloème et de xylème.

Processus automatisé : recontextualisation avant de faire des interprétations. Le labo fait ces analyses sur 11 cultures aujourd'hui.

Détermination de valeurs-cibles selon la variété, l'espèce ; utilisation de données issues d'expérimentations internes, de la littérature ou des historiques d'analyses du labo.

Conseil : priorisation des apports de soufre, potassium, magnésium et autres oligoéléments.

Intérêts : connaissance des déséquilibres d'absorption et optimisation des apports / prise en compte des impacts climatiques sur la nutrition de la plante / meilleure compréhension du fonctionnement physiologique de la plante en lien avec certains éléments nutritifs / baisse d'intrants / mieux coller aux besoins de la plante / baisse de la sensibilité des plantes aux maladies avec une anticipation de l'apparition de symptômes (en lien avec l'analyse de sève ou l'analyse foliaire)

Des différences de réponse d'une culture à une autre ? → c'est surtout sur l'interprétation que ça se joue.

Quid de l'analyse plante entière ? → elle n'est pas aussi précise que le diagnostic sur certaines parties de la plante.

Acquisition d'un maximum de données en laboratoire pour le conseil / Pas de transposition au champ envisagé pour la réalisation des analyses.

Entre 60-70 euro par analyse.

- **Analyses de sève « TopDiag » en perspective des analyses de sol (Julien David)**

Les agriculteurs de la coopérative EMC2 utilisent les analyses de sève depuis 2020 pour faire des bilans de nutrition, en complément d'analyses de terre.

La coopérative travaille sur un essai pour approfondir certaines normes avec le laboratoire d'analyse et pratique régulièrement des analyses de sève pour comparer l'effet de différents produits sur l'absorption en minéraux par les plantes.

Certaines problématiques ont été identifiées et travaillées dans ce cadre : exemple du bore sur céréales avec des difficultés d'identifier les doses à apporter si les analyses de sève le préconisent.

Environ 700 analyses faites par les agriculteurs de la coopérative. Zone des analyses : Grand -Est, avec des teneurs de sols en P et K élevées. Pour le Mg, les teneurs sont également très élevées dans cette zone.

Selon les analyses de terre, la situation du sol est optimale en P dans la zone.

La biodisponibilité des minéraux du sol ne semble pas optimale dans la majorité des cas. Des symptômes de carence en P apparaissent dans certaines parcelles malgré des apports assez importants de P (difficultés d'absorption par la plante).

Le potassium : des teneurs de K très élevées au niveau du sol, pourtant, une fois sur deux, il y a des carences. C'est encore plus marquant pour le Mg. Les apports en potassium permettent de faire disparaître les signes de carence pourtant le sol en est bien pourvu.

Mg : des résultats d'analyse de sol contradictoires avec les résultats d'analyse de sève qui révèlent que les teneurs en Mg dans les sols ne sont pas suffisants.

Les apports en sortie d'hiver rentrent mieux que les apports au printemps la plupart du temps.

Problème de biodisponibilité des éléments : peut être lié à la nature des argiles ? → L'analyse de sève est aussi liée aux conditions climatiques et aux facteurs physiologiques : prélèvements et analyses à faire quand tout va bien (conditions normales d'absorption).

Au niveau du soufre : c'est systématiquement apporté, mais des problèmes d'absorption sont aussi observés en 2023.

En lien avec la structure du sol et l'horizon B, accumulation de sécheresse, structure prismatique dans les horizons B qui ne se réhumectent pas facilement : conséquence des sécheresses précédentes ?

→ oui dans certains cas mais probablement pas la seule explication.

Mycorhizes et nutrition des plantes - Pierre-Emmanuel COURTY (INRAE)

Les ITK jouent sur les stocks d'éléments nutritifs, leur biodisponibilité et leur utilisation par les plantes.

Les interactions biotiques sont moins développées au niveau des systèmes de culture. D'où l'intérêt de travailler de manière à favoriser ces interactions.

Les symbioses mycorhiziennes sont l'une des symbioses les plus anciennes qui existent. Il y a 7 grands types de mycorhizes, réparties en endomycorhizes à arbuscules (majorité des espèces) et ectomycorhizes (sur les arbres forestiers). A l'exception des brassicacées, environ 80% des arbres terrestres sont associés à des mycorhizes.

Intérêt des mycorhizes : les hyphes sont de diamètre très petit et peuvent aller dans des endroits inaccessibles pour les racines des plantes cultivées. Cela permet d'améliorer la nutrition en eau et en éléments minéraux pour les plantes. Elles augmentent considérablement la surface d'absorption de la plante (extension du système racinaire). Sur la plante, certains transporteurs des éléments nutritifs sont favorisés par les mycorhizes.

3 mois sans culture ni couverture du sol : baisse du pouvoir mycorhizogène du sol d'environ 30%. Il y aura des spores dans le sol mais hyphes et mycéliums vont se dégrader.

Chez les légumineuses, les symbioses mycorhiziennes sont également importantes bien que souvent négligées. Dans les associations céréales-légumineuses, ce sont les champignons (mycorhizes) qui permettent les liens et échanges entre les deux espèces.

In situ, les mycorhizes ont généralement des associations préférentielles. Les écotypes ont des niveaux d'efficacité différents et les mycorhizes réagissent de manière différente selon le milieu.

Services apportés par les mycorhizes : production de glycoprotéines qui stabilisent les sols et réduisent l'érosion ; effet sur la balance hormonale (production de fleurs en parfumerie) ; biocontrôle des pathogènes et réduction des effets négatifs sur les plantes cultivées ; sur les éléments traces et métaux lourds : le champignon a une vacuole de stockage qui va stabiliser ces éléments pour éviter les

transferts vers les nappes (phyto-stabilisation et dépollution) ; amélioration de la qualité de certains produits récoltés (gain commercial).

Les interactions avec la plante peuvent être positives, négatives ou nulles. Certains champignons peuvent avoir un effet délétère sur la plante (contre sélection selon les pratiques culturales).

Les mycorhizes permettent de "recruter" certaines bactéries et microorganismes pour la minéralisation et de meilleurs stockage de carbone dans les sols.

Conséquence des fortes teneurs en P du sol : réduction de la diversité des champignons mycorhiziens et moins bonne valorisation des éléments nutritifs.

Les ITK ont un effet considérable sur les champignons qui vont être présents. Des flux différents selon les associations en place.

Seuil d'efficacité des mycorhizes : dépendent de l'espèce ou du groupe d'espèce ; les systèmes de flux sont différents.

Quid de l'inoculation de champignons dans les parcelles agricoles ? → certaines espèces sont commercialisées et peuvent être bénéfiques.

Point d'avancement du projet « PhosphoBio » **Grégory VERICEL (ARVALIS)**

Contexte du projet : hausse des surfaces en agriculture biologique (AB) ; raréfaction des gisements de matières organiques en AB en lien avec les évolutions réglementaires ; besoin d'autonomie des exploitations en AB (très peu d'apport organique et usage des légumineuses). Bilan phosphore sur différents systèmes : en AB il y a souvent des déficits.

Pour l'azote, les légumineuses sont bénéfiques mais l'efficacité de ces dernières peut s'affaiblir si le P devient un facteur limitant (Interactions phosphore-légumineuse)

Le projet est articulé autour de 4 actions :

- Caractérisation de la fertilité en P des sols en AB
- Estimation de l'effet du statut P des sols sur la productivité des cultures et mise au point d'outils de diagnostic de la fertilité P en AB
- Préviation de l'évolution du statut P des sols en fonction des pratiques agricoles (acquisitions de références adaptées en AB)
- Valorisation et transfert des résultats

Périmètres du projet : 4 territoires / 201 parcelles / 158 agriculteurs / Grandes cultures et environ 30 parcelles en prairie / Enquêtes pratiques culturales / Observation des écarts entre AB et conventionnel.

Quelques résultats :

- Globalement, on observe sur les parcelles en AB des teneurs en P-Olsen assez faibles par rapport au seuil du COMIFER et des disparités entre les territoires (teneurs nettement plus faibles dans les parcelles plus anciennes et les parcelles du Sud-Ouest).
- Etant donné qu'il n'y a pas de seuils adaptés à l'AB, les parcelles sont classées par rapport aux seuils COMIFER, en fonction de l'exigence de la culture, le seuil d'impasse et le seuil de renforcement.

- Présentation de quelques résultats d'enquêtes sur les pratiques d'apport et leur fréquence ainsi que l'effet de ces pratiques sur les teneurs en P du sol : Ex : les fientes en plus de l'azote apportent aussi beaucoup de P.
- Stockage VS déstockage : grande diversité de situations avec un bilan plutôt positif sur 5 ans. Diminution des teneurs en P des systèmes dont les bilans P sont négatifs. Diminution plus lente dans les systèmes avec des bilans P positifs
- Les résultats sur les grandes cultures et prairies ne montrent pas de différences globales de bilan P sur 5 ans entre les territoires.
- L'effet des teneurs en P sur les cultures montre une bonne réponse quand la plante est bien alimentée en N, avec des seuils d'impasse en P plus faibles que les seuils actuels. Décalage de rendement entre les situations carencées et non carencées en N.
- Diagnostic végétaux : une relation entre P et le niveau de biomasse assez robuste avec des indices de nutrition satisfaisants.
- Analyses plantes entières sur quelques espèces, surtout le blé : positionnement des diagnostics foliaires par rapport aux résultats d'analyses de terre sur les parcelles de l'Observatoire. Comparaison des INN aux analyses de terre de l'observatoire.
- Pour avoir des références de teneurs en P des organes exportées adaptées à l'AB : Collecte de données sur différents dispositifs + données de l'observatoire Phosphobio. Des teneurs et flux plus faibles en AB comparé au conventionnel.

✚ Fertilisation starter en sol neutre et alcalin de Rhône-Alpes. Le phosphore seul maître du jeu ? - Philippe Lafleuriel (Oxyane)

Fertilisation starter sur maïs et colza : expérimentation depuis début 2022 ; test de produit starter avec N et P (des formes protégées avec des inhibiteurs qui permettent une libération progressive des nutriments dont l'allégation est de réduire la fixation du phosphore dans le sol, et des formes non protégées).

Les produits starter permettent d'apporter à une culture une solution fertilisante au moment du semis afin d'avoir une bonne vigueur au départ, une meilleure homogénéité de la levée et éventuellement des effets bénéfiques sur le rendement et la maturité à la récolte.

Evaluation des produits selon deux méthodes : test en conditions réelles (résultats historiques, beaucoup de contraintes mais possibilité d'avoir des données de rendement) et test en jardinières (localisé en Chamagnieu (38), mis en place en 2022, avec les avantages de réunir plus de sols 2 types de sols, plus de modalités, d'explorer des conditions climatiques plus extrêmes qu'en conditions réelles, mais avec les limites de l'extrapolation des résultats et l'absence de données de rendement).

Présentation des caractéristiques des sols utilisés en Chamagnieu (2022) : 1 sol neutre (P205- Olsen satisfaisant - 49 ppm) et 1 sol alcalin (P205- Olsen un peu faible - 24 ppm) . Sol tamisé rapporté pour l'expérimentation.

Objectif de l'expérimentation : identifier les formules additives qui permettent d'avoir l'effet starter optimal starter plus élaboré. Test de 16 modalités avec différentes formes commerciales (Cf. PPT), des doses raisonnables et quelques cas de sur fertilisation.

Des différences observées à l'œil nu sur colza selon la dose de phosphore : pas de conclusions particulières sur les formes d'apport.

Sur sol neutre, on relève essentiellement un effet dose de phosphore, tant en maïs qu'en colza, et un effet secondaire de l'azote sur colza.

Pas d'effet relevé des formes de phosphore, ni des apports de soufre élémentaire.

Sur le sol alcalin : maïs et colza, pas de réponse sur soufre et azote, mais des réponses claires sur le phosphore.

La dose apportée est le facteur premier de réponse au phosphore. Les écarts entre formes de phosphore ne sont pas significatifs.

différentes observées entre DAP et autres produits. Globalement, le DAP semble plus efficace que les autres produits.

Résultat marquant et soumis à discussion : dans le lot, deux produits commerciaux (thiosulfate de potasse et 11-357 apportés en forme liquide) donnent des réponses faibles (presque similaires) cohérentes avec les autres produits

quand ils sont seuls (effet KTS nul, effet P fonction de sa dose) mais leur

association permet d'augmenter considérablement la réponse starter sur maïs, et moins nette sur colza. teneur en P-Olsen disponible.

il y a quand même un effet de Cette synergie qui est difficile à expliquer. Observé sur maïs et moins marqué sur colza.

Effet des autres éléments fertilisants ? Des effets du pH ? (à discuter en GT SAB).

Les doses starter testées semblent élevées mais correspondent quand même aux pratiques habituelles sur le terrain.

Evolutions récentes des bilans régionaux de fertilisation en France **Léo Bellenger (UNIFA)**

Mise à jour des bilans d'études liés à la fertilisation : prise en compte des évolutions des teneurs en PKMg du sol sur la période 2014/2020 (mise à jour de l'étude publiée en 2013).

Même méthode que 2013 pour faciliter les comparaisons. Basée sur les statistiques de livraison d'engrais en France de l'UNIFA.

Rappel des conclusions de l'étude de 2013 :

- diminution de la fertilisation minérale et des excréments des animaux d'élevage (en lien avec les fournitures d'engrais et la baisse du cheptel)
- stabilisation des teneurs en PKMg des sols
- bilan négatif observé dans les régions céréalières (exportation par les grains)

Bilan des mises à jour : premières conclusions

- Le solde moyen de P est globalement équivalent à celui de la précédente étude avec quelques différences et évolutions au niveau régional. Hausse en Bretagne, Normandie et Auvergne. Baisse dans les régions céréalières du fait de la baisse des apports minéraux.

- Pour le K : hausse du solde moyen depuis la dernière étude (environ +3kg K₂O /ha), due à une augmentation des apports au niveau régional et une baisse des exportations par les prairies. Diminution dans quelques régions du fait de la diminution des apports minéraux.
- Pour Mg : forte chute du solde moyen en France qui passe de 5 à 0,5 kg MgO/ha. Chute due à la baisse des apports minéraux.

Globalement, on note une baisse des apports de PKMg par les engrais minéraux, ce qui explique la baisse des bilans régionaux.

Limites de l'étude : manque de précision de certaines données utilisées ; certaines sources communiquent des informations différentes pour la même donnée.

16h30 : fin de réunion.