

Sous le haut patronage



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

Avec le soutien



Mercredi 28 octobre 2020

9h30-16h45

Visioconférence

EN PARTENARIAT AVEC

AAF :	Académie d'Agriculture de France
APCA :	Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture
ARVALIS - Institut du végétal :	Institut technique agricole
AUREA AgroSciences :	Laboratoire d'analyse et conseil agro-environnemental
CRA Bretagne :	Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne
EUROFINS Galys :	Laboratoire d'analyse
INRAE :	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
LDAR :	Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherche
MAISADOUR :	Groupe coopératif agroalimentaire
TERRENA :	Groupe coopératif agroalimentaire
VIVESCIA :	Groupe coopératif agroalimentaire

SPONSORS



PARTENAIRES MEDIAS



Comité d'organisation

Pascal Denoroy – INRAE – Président du COMIFER

Sophie Droisier – COMIFER

Philippe Eveillard – UNIFA

Bruno Félix-Faure – EUROFINs Galys

Hélène Lagrange – Arvalis – Institut du Végétal

François Servain – LDAR

Le **COMIFER** remercie le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, l'APCA – Chambre d'agriculture France, ses partenaires et sponsors

Lhoist

Auréo AgroSciences

Unifa

Et les partenaires médias, pour leur soutien à l'organisation de cette manifestation.
La responsabilité du Ministère en charge de l'Agriculture ne saurait être engagée.

A propos du COMIFER

Le COMIFER, Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée, créé en 1980, est une association régie par la loi du 1^{er} Juillet 1901. Acteur central de la fertilisation raisonnée, il organise une concertation permanente entre les acteurs de la filière afin d'élaborer et promouvoir des méthodes collectivement validées, encourager des solutions innovantes qui concourent à une agriculture durable, performante et respectueuse de l'environnement. Le COMIFER rassemble près de 400 adhérents issus de l'enseignement, la recherche, les pouvoirs publics, le développement, l'industrie des matières fertilisantes, la distribution et les services.

Référent auprès des pouvoirs publics, le COMIFER réalise à ce titre des études techniques.

Site internet : comifer.asso.fr

LinkedIn et Twitter : @comifer



28 octobre

2020
9h30-16h45 / Distanciel

Sous le haut patronage



Parce que le pH des sols est un paramètre essentiel en interactions multiples, avec,

- la structure physique des sols,
- le cycle de l'azote (volatilisation d'ammoniac, dénitrification),
- l'activité biologique du sol,
- la biodisponibilité des éléments nutritifs (phosphore, oligo-éléments),
- la mobilité des éléments trace métalliques comme le cadmium... la maîtrise des phénomènes d'acidification ou de gestion des cultures adaptée au pH apparaît essentielle.

Pour répondre à ces objectifs, le COMIFER organise une Journée Technique "pH et fertilité des sols" qui présentera

- en matinée : les enjeux techniques et scientifiques déterminés par le pH et portant sur la durabilité de la fertilité des sols
- l'après-midi : les actions mises en œuvre dans divers contextes, pour remédier au risque d'acidification des sols cultivés et des prairies et améliorer la nutrition des plantes dans les différentes valeurs du pH

Programme

- 09:00 Accueil des participants
09:30 Ouverture de la journée - Bruno Félix-Faure - Responsable Agronomie Grandes Cultures et Prairies - Eurofins Galys / Animateur du Groupe de Travail SAB -Statut Acido-Basique- du COMIFER

CONNAISSANCES DES IMPACTS DU PH SUR LA DURABILITÉ DES SOLS, LA PRODUCTIVITÉ DES CULTURES, LES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

Président de séance : Bruno Félix-Faure - Responsable Agronomie, Grandes Cultures et Prairies - Eurofins Galys

- 09:40 Particularité des sols acides et des sols calcaires – Rappel des mécanismes d'acidification
Philippe Cambier - Inrae – AgroParisTech Ecosys
- 10:00 Diagnostic de l'évolution des pH dans les sols agricoles français, à partir de la Base de Données d'Analyses de Terre BDAT - Nicolas Saby – Inrae
- 10:10 Effet du pH du sol sur les émissions de composés azotés gazeux, ammoniac (NH₃) et protoxyde d'azote (N₂O)
Catherine Hénault - Sophie Générmont – Inrae
- 10:30 Questions/Discussion
- 10:45 Fertilité organo-biologique : impacts du statut acido-basique sur l'abondance, l'activité et la diversité des organismes du sol
Matthieu Valé - Responsable technique du pôle Agriculture - Auréa / Animateur du groupe FOrBS "Fertilité Organique et Biologique des Sols" du COMIFER
- 11:05 Questions/Discussion
- 11:20 Pause
- 11:35 Disponibilité du phosphore du sol pour les plantes cultivées et statut acido-basique
Christian Morel / Pascal Denoroy - Inrae
- 11:50 pH et phytodisponibilité des éléments traces métalliques dans les sols agricoles - Jean-Yves Cornu - Inrae
- 12:05 Questions/Discussion
- 12:20 **pH et structure du sol**
Jean-Luc Julien - Académie d'Agriculture de France
- 12:40 Questions/Discussion
- 12:55 Pause déjeunatoire

- 14:00 **ACTIONS MISES EN OEUVRE POUR**
- REMÉDIER AU RISQUE D'ACIDIFICATION DES SOLS CULTIVÉS ET DES PRAIRIES
- AMÉLIORER LA NUTRITION DES PLANTES DANS LES DIFFÉRENTES VALEURS DU PH
 (pour les sols acides comme calcaires)
 Président de séance : Jérémy Guil – Responsable d'équipe Gestion des sols et fertilisation – Chambre régionale d'agriculture de Bretagne
- 14:10 Amendement basique, propositions pour une nouvelle approche du calcul de dose de correction
 François Servain - Laboratoire d'Analyses et de Recherche Ldar
- 14:25 Synthèse des suivis de carbonates résiduels dans les essais aux champs pour l'estimation du besoin en base à l'entretien
 Hélène Lagrange - Arvalis
- 14:40 Questions/Discussion
- 14:55 La pratique du chaulage : particularités des productions fourragères de luzerne et d'herbe
 Anthony Uijttewaal - Arvalis
- 15:10 Dans les limons de l'Ouest, gains de rendement et de marge corrélés avec le pH eau du sol
 Laurent Varvoux - Terrena
- 15:25 Raisonement du chaulage basé sur les analyses de terre pratiquées avec un zonage intra-parcellaire
 Baptiste Cuny - Maisadour
- 15:40 Questions/Discussion
- 15:55 Impact de la fertilisation phosphatée en sols à pH basique (analyses techniques et économiques)
 Philippe Gérard - Vivescia
- 16:10 Questions/Discussion
- 16:25 Conclusions
- 16:45 Clôture de la journée

Participation sur inscription payante

Journée payante : 200 € TTC

Tarif réduit pour les adhérents Comifer : 120 € TTC

Etudiant (justificatif à fournir par email) : 90 € TTC

Supports

Résumés et présentations des thèmes abordés

Enregistrements vidéo des interventions dans les actes sur le site du Comifer – comifer.asso.fr

SPONSORS



PARTENAIRES MEDIA



Table des matières

I- Connaissance des impacts du pH sur la durabilité des sols, la productivité des cultures, les enjeux environnementaux et sanitaires ..	6
Particularités des sols acides et des sols calcaires Rappel des mécanismes d'acidification	7
Diagnostic de l'évolution des pH dans les sols agricoles français, à partir de la Base de Données d'Analyses de Terre - BDAT	8
Effet du pH du sol sur les émissions de composés azotés gazeux, ammoniac (NH ₃) et protoxyde d'azote (N ₂ O)	9
Fertilité organo-biologique : impacts du statut acido-basique sur l'abondance, l'activité et la diversité des organismes du sol	10
Disponibilité du phosphore du sol pour les plantes cultivées et statut acido-basique	11
pH et phytodisponibilité des éléments traces métalliques dans les sols agricoles	12
pH et structure du sol.....	13
II - Actions mises en œuvre pour - remédier au risque d'acidification des sols cultivés et des prairies - améliorer la nutrition des plantes dans les différentes valeurs du pH	15
Amendement basique : propositions pour une nouvelle approche du calcul de la dose de correction	16
Synthèse des suivis de carbonates résiduels dans les essais au champ pour l'estimation du besoin de bases.....	17
La pratique du chaulage : particularités des productions fourragères de luzerne et d'herbe	18
Dans les limons de l'Ouest, gains de rendement et de marge corrélés avec le pH _{eau} du sol	19
Raisonnement du chaulage basé sur les analyses de terre pratiquées avec un zonage intra-parcellaire.....	20
Impact de la fertilisation phosphatée en sols à pH basique (Analyses techniques et économiques)	21

I-Connnaissance des impacts du pH sur la durabilité des sols, la productivité des cultures, les enjeux environnementaux et sanitaires

Sous la présidence de Bruno Félix-Faure



Bruno Félix-Faure

Responsable Agronomie, Grandes Cultures et Prairies

EUROFINS Galys

bruno.felixfaure@galys-laboratoire.fr

<http://www.galys-laboratoire.fr>

Bruno Félix-Faure est ingénieur de l'Institut Supérieur d'Agriculture Rhône-Alpes (ISARA) et son cheminement professionnel s'est fait dans le domaine de la fertilisation au sein d'un laboratoire d'analyses agricoles (analyses de sol, de reliquat d'azote, d'effluent d'élevage...). Expert en agronomie au sein d'Eurofins GALYS, il est aussi animateur du groupe SAB (Statut Acido-Basique) du COMIFER depuis 2007. Les laboratoires d'analyses sont très impliqués dans les problématiques de gestion de la fertilité des sols et leurs enjeux agro-environnementaux.

Présentation de la matinée :

La matinée va aborder les enjeux en lien avec le pH des sols, une dimension essentielle de la fertilité. Dans les sols à tendance acide, maintenir le pH à la neutralité est multi-bénéfiques. Le pH intervient à des niveaux divers dans le fonctionnement des sols. Il agit sur leur comportement physique, en particulier dans le cas de structures fragiles, instables avec risque de battance et de prise en masse. La vie du sol, à travers sa diversité, son abondance et son activité, est elle-même liée au pH ; de même que la biodisponibilité des éléments minéraux et par conséquent la nutrition des plantes.

Sur le territoire de la France métropolitaine environ 2/3 des sols cultivés sont concernés par le risque d'acidification. Une meilleure compréhension des mécanismes de ce phénomène et des risques en découlant nous amènera à repenser la pratique d'apports organiques et d'Amendements Minéraux Basiques (AMB) et à constater la convergence entre bonnes pratiques environnementales et bonne gestion du pH. Des bilans azote équilibrés et la mise en place de couverts, en limitant la lixiviation de NO₃⁻ ralentissent l'acidification ; une limitation des phénomènes de volatilisation de NH₃ agit dans le même sens ; et un maintien du pH aux environs de 6,8 réduit les émissions de N₂O.

1/3 des sols cultivés sont calcaires, pour lesquels il n'est guère possible d'abaisser le pH, d'où une adaptation des pratiques de fertilisation, en particulier dans le choix des engrais phosphatés, leur positionnement et une plus forte priorité accordée aux apports d'oligoéléments.

Nous verrons qu'un pH favorable pour un sol sain fait correspondre deux objectifs, celui de supprimer le risque de toxicité aluminique et celui de réduire la biodisponibilité des ETM dans un but de santé humaine.

Particularités des sols acides et des sols calcaires Rappel des mécanismes d'acidification

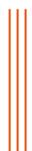


Philippe Cambier
Chercheur, retraité
INRAE
Cambier.P@gmx.fr

Directeur de recherche INRAE (Département Environnement & Agriculture) jusqu'en 2019 Mes travaux de recherche et mes enseignements relèvent de la chimie et la physicochimie des sols. Ils s'appliquent aux problèmes de qualité des sols agricoles et des amendements organiques, et du devenir des contaminants. Je me suis souvent intéressé au rôle du pH et des propriétés acido-basiques des sols dans ce contexte.

Résumé de l'intervention :

On propose de parcourir les éléments et constituants, les processus et les réactions, qui déterminent le statut acido-basique d'un sol, en allant du plus simple au plus complexe. Un sol calcaire possède un pouvoir tampon-pH majeur, son contenu en carbonates, qui maintient (longtemps) son pH aux alentours de 8 malgré l'entrée régulière d'acidité via le dioxyde de carbone de l'atmosphère. Cette entrée est compensée par la sortie de cations majeurs (Ca^{+2} ...). Par exemple les sols fertiles développés sur les loëss carbonatés du Nord de l'Europe restent ou sont restés longtemps alcalins, mais sont souvent aujourd'hui décarbonatés et acides dans leurs premiers horizons. Les sols acides possèdent d'autres pouvoirs tampons. En englobant le sol dans un agrosystème, soumis aux entrées-sorties naturelles et contrôlés par l'Homme, il faut prendre en compte principalement le cycle du carbone, des éléments cationiques majeurs, et de l'azote, pour comprendre son statut acido-basique dans ces systèmes sol-intrant-plante-eau-atmosphère.



Diagnostic de l'évolution des pH dans les sols agricoles français, à partir de la Base de Données d'Analyses de Terre - BDAT



Nicolas Saby
 Chef de projet
 INRAE-Infosol
 nicolas.saby@inrae.fr
 www.gissol.fr
 bdat.gissol.fr

Docteur ingénieur agronome, j'ai pour mission de développer des systèmes d'information statistique sur les propriétés des sols de France. A ce titre, je suis en charge du pilotage du programme Base de Données des Analyses de Terre. Je pilote également des projets scientifiques d'envergure nationale et européenne pour le traitement statistique des données sur les sols.

Résumé de l'intervention :

Le programme Base de Données des Analyses de Terre (BDAT) du GIS Sol, collecte depuis plus de 15 ans les résultats d'analyses de terre réalisées à la demande des agriculteurs auprès de laboratoires agréés par le ministère en charge de l'agriculture. Cette initiative a permis de capitaliser dans le système d'information national sur les sols plus de 35 millions de paramètres analysés sur des échantillons de surface de sols agricoles prélevés entre 1990 et 2014. Cette étude avait pour objectif de mobiliser ces données pour réaliser un diagnostic de l'évolution spatiale et temporelle du statut acido-basique des sols agricoles non calcaires. A partir d'analyses statistiques mises en œuvre par petites régions agricoles et sur les quelques 1,4 millions de valeurs de pH stockées dans la base, nous avons pu mettre en évidence une tendance à l'augmentation des pH dans plus de 36 % des cas entre 1996 et 2010. A l'inverse, les tendances à la baisse ont été très peu détectées. Ces résultats tendent à prouver que les sols agricoles Français deviendraient moins acides. La méthodologie employée dans les travaux issus de cette base a pour objectif de mettre en évidence des tendances d'évolution générale. Elle ne doit pas être utilisée pour une interprétation « locale ». L'analyse de terre par zone homogène au niveau parcellaire reste **la seule qui peut être utilisée pour un raisonnement d'apport de ces éléments nutritifs dans le cadre de la méthode COMIFER.**

Informations complémentaires :

Rapport de synthèse : <https://prodinra.inra.fr/record/384507>

Saby, N.P.A., Swiderski, C., Lemercier, B., Walter, C., Louis, B.P., Eveillard, P., Arrouays, D., 2017. Is pH increasing in the noncalcareous topsoils of France under agricultural management? A statistical framework to overcome the limitations of a soil test database. Soil Use and Management. <https://doi.org/10.1111/sum.12369>

Effet du pH du sol sur les émissions de composés azotés gazeux, ammoniac (NH₃) et protoxyde d'azote (N₂O)



Catherine Hénault
Chercheur
INRAE – UMR
AgroEcologie Dijon



Sophie Générmont
Chercheur
INRAE – UMR Ecosys – Thiverval Grignon
sophie.genermont@inrae.fr
<https://www.versailles-grignon.inrae.fr/ecosys>

Catherine Hénault travaille sur le fonctionnement physique et biogéochimique des sols et en particulier les émissions par les sols du gaz à effet de serre N₂O (quantification à différentes échelles spatiales, processus microbiens impliqués, modélisation et solutions d'atténuation)

Sophie Générmont, s'intéresse à la volatilisation d'ammoniac au champ et développe des outils à vocation de transfert tant du point de vue de la mesure que de la modélisation, à des échelles locales et régionales.

Résumé de l'intervention :

Cette présentation fait un point sur les liens complexes et les interactions entre la fertilisation azotée des cultures, le pH des sols et des fertilisants, minéraux comme organiques, et les émissions de composés azotés gazeux, en particulier le protoxyde d'azote (N₂O) et l'ammoniac (NH₃), impliqués dans le réchauffement climatique et la dégradation de la qualité de l'air. Ces composés diffèrent par la nature biologique ou physicochimique des processus à l'origine de leurs émissions ainsi que les ordres de grandeur des quantités émises dans l'atmosphère. Ces composés ont toutefois en commun, outre leur lien avec la fertilisation azotée, le fait que le pH des sols est un facteur de contrôle de la dynamique et de l'intensité de leurs émissions, néanmoins sur des gammes de pH pouvant être différentes. Les processus conduisant à leurs émissions entraînent aussi des fluctuations du pH des substrats dont ils proviennent. Si l'on retient la gestion du pH des sols ou des fertilisants comme un des leviers de gestion de ces émissions, il convient alors de préciser les éventuels effets de cette gestion sur chacune de ces formes afin de ne pas générer de transfert de pollution, en particulier entre elles et avec les autres oxydes d'azote.

Informations complémentaires :

Hénault, C., Bourennane, H., Ayzac, A. et al. Management of soil pH promotes nitrous oxide reduction and thus mitigates soil emissions of this greenhouse gas. *Sci Rep* 9, 20182 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56694-3>

Ramanantenasoa M.M.J., Gilliot, J.M., Mignolet C., Bedos, C., Mathias, E., Eglin, T., Makowski, D., Générmont, S. A new framework to estimate spatio-temporal ammonia emissions due to nitrogen fertilization in France. *Sci Tot Environ.* 645:205-219 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.202>

Fertilité organo-biologique : impacts du statut acido-basique sur l'abondance, l'activité et la diversité des organismes du sol



Matthieu Valé

Responsable Scientifique du pôle Agriculture
Auréa AgroSciences
m.vale@aurea.eu
<http://www.aurea.eu/>

Ingénieur agronome et docteur en agronomie, responsable scientifique du pôle agriculture d'Auréa AgroSciences, laboratoire agronomique filiale d'ARVALIS Institut du Végétal. Animateur du groupe FOrBS (Fertilité Organique et Biologique des Sols) du COMIFER. Coordonnateur du projet AGRO-ECO SOL (PIA ADEME dans le cadre du programme Industrie et Agriculture éco-efficientes, en collaboration avec l'INRAE et ARVALIS), qui vise à développer une offre de conseil agroécologique incluant des bioindicateurs de la qualité des sols.

Résumé de l'intervention :

Le sol héberge une grande diversité d'organismes : microflore et microfaune (ex : bactéries, champignons, algues, nématodes), mésofaune (ex : collemboles) et macrofaune (ex : vers de terre). Ces différents organismes sont au cœur des fonctions écologiques assurées par les sols : rétention et fourniture de nutriments, structuration du sol, stockage, recyclage et transformation du carbone, régulation des bioagresseurs, ...

Avec le statut physique (texture, structure) et le statut organique (teneur / stock en carbone et azote organique), le statut acido-basique (pH, calcaire) impacte fortement les composantes de la biologie de sols : abondance (ex : biomasse microbienne moléculaire, Dequiedt et al., 2011), activité (ex : minéralisation de l'azote organique, Clivot et al., 2017) et diversité des organismes du sol (ex : collemboles, Milano et al., 2018).

Les préférences écologiques des différents organismes du sol sont très variables, mais les situations très acides (pH eau < 5.0) semblent les plus défavorables aux fonctions en lien avec la production de biomasse végétale. Les milieux basiques peuvent également être limitant (nutriments moins accessibles, favorisant des micro-organismes plus opportunistes comme certains phytopathogènes). L'activité microbiologique étant la plus intense à proximité des racines, le lien avec la nutrition végétale est très fort.

La prise en compte de la fertilité organo-biologique pourrait améliorer la gestion du statut acido-basique.

Informations complémentaires :

- Clivot H., Mary B., Valé M., Cohan J.P., Laurent F., Piraux F., Champolivier L., Justes E. (2017) Quantifying in situ and modelling net nitrogen mineralization from soil organic matter in arable systems, *Soil Biology and Biochemistry*. 111, 49-59.
- Dequiedt S, NPA Saby, M Lelievre, C Jolivet, J Thioulouse, B. Toutain, D Arrouays, A Bispo, P Lemanceau, and L Ranjard. 2011. Biogeographical Patterns of Soil Molecular Microbial Biomass as Influenced by Soil Characteristics and Management. *Global Ecology and Biogeography*. 20: 641-652
- Milano, V., Maisto, G., Baldantoni, D., Bellino, A., Bernard, C., Croce, A., Dubs, F., Strumia, S., Cortet, J. (2018). The effect of urban park landscapes on soil collembola diversity: A Mediterranean case study. *Landscape and Urban Planning*, 180, 135-147



Disponibilité du phosphore du sol pour les plantes cultivées et statut acido-basique

Christian Morel

Ingénieur de recherche

INRAE

christian.morel@inrae.fr

<https://www6.bordeaux-aquitaine.inrae.fr/ispa/Recherche/Equipes/BIONUT/Pages-equipe-BIONUT/MOREL-Christian>

Mes travaux portent sur l'étude et l'analyse du cycle biogéochimique phosphore dans les agrosystèmes pour une meilleure compréhension de son fonctionnement. Un des objectifs est d'élaborer une modélisation opérationnelle et prédictive des évolutions des stocks de P en fonction des flux d'entrées et sorties de P. Les thèmes centraux de recherches sont l'évaluation fonctionnelle et mécaniste de la quantité de phosphore du sol disponible pour les plantes cultivées, l'analyse de son évolution à long terme en fonction de pratiques agricoles et des types de sol et de ses conséquences sur la production de biomasse et la nutrition phosphatée. Les agrosystèmes étudiés sont généralement des sols cultivés sous grandes cultures pendant plusieurs décennies dans différentes situations pédoclimatiques et de pratiques culturales (absence d'intrants, recyclage de matières fertilisantes organiques, engrais minéraux, sans-labour). Mes travaux reposent essentiellement sur l'exploitation et le suivi d'essais de longue durée, menés au champ en France et à l'étranger, sur la conduite de la fertilisation phosphatée. Les sorties opérationnelles sont d'affiner le système de diagnostic/prescription de la fertilisation phosphatée en grandes cultures.

Résumé de l'intervention :

Cette intervention a pour objectif de présenter les processus physico-chimiques reliant la quantité du phosphore du sol disponible pour les plantes (P_{dispo}) et le statut acido-basique. La première partie sera consacrée à la présentation des bases théoriques et expérimentales de l'évaluation fonctionnelle et mécaniste du P_{dispo} : détermination de la concentration des ions orthophosphates ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}) en solution et de leur transfert par diffusion à l'interface solide-solution des sols. La deuxième partie illustrera les multiples effets potentiels du statut acido-basique du sol sur la spéciation des ions P dissous et des constituants du sol avec pour conséquence la modification de l'équilibre sol-solution des ions phosphate et de leur répartition entre les 2 phases. Des pH inférieurs à 5-5.5 peuvent induire une toxicité aluminique préjudiciable à la croissance des plantes. L'acidité est le facteur essentiel de la dissolution de minéraux phosphatés insolubles de type apatitique. Pour des pH compris entre 5.5 et 7.5, l'effet du pH et du chaulage sur la nutrition des plantes et le P_{dispo} reste un sujet de débats du fait de multiples effets indirects possibles, variables suivant les propriétés des sols (et du statut calcique en particulier) et des conditions expérimentales. Dans les sols carbonatés (pH de 7.5-8.0), la précipitation de minéraux phosphatés peut pénaliser l'efficacité de la fertilisation phosphatée. La gamme de pH allant de 6.5 à 7 est souvent considérée comme optimale pour l'absorption de P par les plantes.

Informations complémentaires :

Devau et al. Fertilization and pH effects on processes and mechanisms controlling dissolved inorganic phosphorus in soils. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 75 (2011) 2980–2996. **Penn** C.J., **Camberato** J.J. A Critical review on soil chemical processes that control how soil pH affects phosphorus availability to plants. *Agriculture* (2019) 9, 120. **Morel** C., **Fardeau**, J.-C. Agronomical evaluation of phosphate fertilizer as a nutrient source of phosphorus for crops: isotopic procedure. *Fertilizer Research*, 24: (1999) 115–122.

pH et phytodisponibilité des éléments traces métalliques dans les sols agricoles



Jean-Yves Cornu

Chargé de Recherches

INRAE - UMR ISPA

jean-yves.cornu@inrae.fr

<https://www6.bordeaux-aquitaine.inrae.fr/ispa>

Je travaille depuis plus de 15 ans sur le transfert sol-plante des éléments traces métalliques (ETM) nutritifs (oligo-éléments) et contaminants (Cd notamment) et m'intéresse, notamment, aux processus biogéochimiques contrôlant la phytodisponibilité des ETM dans les sols agricoles. Le pH étant un driver clé de la dynamique des ETM dans les sols, j'ai étudié de près son effet sur le transfert sol-plante des ETM ainsi que sur la qualité sanitaire et nutritionnelle des denrées agricoles.

Résumé de l'intervention :

Après un bref rappel de ce que sont les ETM (nutritifs et toxiques) et des enjeux agricoles liés à leur transfert vers les plantes cultivées, cette intervention détaillera les processus biogéochimiques contrôlant la phytodisponibilité des ETM dans le sol et leur degré de dépendance vis-à-vis du pH. Seront abordés notamment les liens entre pH et sorption des ETM sur la phase solide du sol, pH et complexation des ETM en solution de sol ainsi que pH et absorption racinaire des ETM. Enfin, quelques exemples seront donnés pour illustrer comment une bonne gestion du pH du sol permet de lever les carences oligo-minérales et peut contribuer à la qualité sanitaire et nutritionnelle des denrées agricoles.

pH et structure du sol



Jean-Luc Julien

Membre de l'Académie d'Agriculture de France
jeanluc_julien@yahoo.fr

Ancien animateur du Groupe Chaulage du Comifer et ancien membre du conseil d'administration du Comifer. Ancien directeur de la Station Agronomique de l'Aisne puis du Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherche de l'Aisne.

Résumé de l'intervention :

La structure d'un sol est le résultat d'une histoire de plusieurs centaines d'années, où les phénomènes physiques, chimiques et biologiques s'entremêlent. Du point de vue de la fertilité du sol, la structure c'est d'abord des trous, de 30 à 50% du volume total du sol, dont dépendent en particulier :

- La réserve utile en eau, facteur majeur de la fertilité,
- Les niches pour les microorganismes du sol,
- Et pour les racines, l'accès aux ressources nutritives du sol.

Quel peut être le lien entre la structure du sol et le pH, une caractéristique de la solution du sol ? Avant de répondre à cette question, un peu d'histoire : en 1995, François Kockmann relance le Groupe Chaulage du Comifer. André Turpin explique lors de la première réunion que le calcium ne joue aucun rôle dans la hausse du pH. Il a fallu plusieurs années au Groupe Chaulage pour réapprendre les vrais fondements scientifiques du pH. En 1999, à la demande du Groupe Chaulage, une séance de l'Académie d'Agriculture de France est organisée sur le pH par Daniel Tessier.

Nature du lien entre pH et structure du sol

Le Groupe Chaulage avait réaffirmé plusieurs points :

- Ce sont les bases fortes de l'amendement qui font remonter le pH, pas le calcium,
- Ces bases, des anions, arrachent les H⁺ acides du sol et les neutralisent. À la place de ces H⁺ apparaissent des charges négatives, basiques, dans le sol,
- La Capacité d'Echange en Cations effective du sol est la mesure du nombre de charges négatives. Elle augmente donc avec le pH.

Le lien est a priori la CEC effective du sol. La modification de la CEC effective avec le pH est explicitée et l'importance de la nature des cations adsorbée est rappelée.

Les mécanismes expliquant le rôle de la CEC effective sur la structure du sol

Ce diaporama est fondé sur les travaux de Daniel Tessier : il s'est posé exactement la même question du lien entre le pH et la structure du sol ! Il a dirigé la thèse d'Annie Pernès-Debuyser qui a réétudié le célèbre essai des 42 parcelles de Versailles.

De sa thèse, nous retiendrons deux mécanismes majeurs explicatifs :

- L'augmentation du nombre de charges négatives rend les surfaces du sol plus hydrophiles, car l'eau est une molécule polaire. L'affinité du sol pour l'eau augmente avec la CEC effective.
- Parallèlement aux nombres de charges, le nombre de cations bivalents comme le calcium augmente. Ils améliorent ainsi la stabilité structurale des agrégats qui est directement corrélée à la CEC effective.

Conséquences pratiques au champ

En raison de la relation linéaire entre le pH et la CEC effective, plus le pH augmente, plus l'affinité du sol et la stabilité des agrégats augmentent. Cependant, cet effet est plus ou moins visible selon les types de sols. En particulier, l'effet sera peu visible pour les sols ayant très peu d'argile et de matière organique ou, au contraire, beaucoup d'argile ou de matière organique.

La conséquence la plus visible est liée à l'affinité pour l'eau avec pour principaux résultats :

- Après une pluie, l'eau s'infiltré plus rapidement,
- La teneur en eau en surface est donc plus faible, le travail du sol peut se faire plus tôt,
- Et la sensibilité au tassement en surface est diminuée.

La meilleure stabilité des agrégats entraîne une meilleure stabilité des trous. En surface, le risque de battance est diminué et, enfin, la sensibilité au tassement est plus faible, propriété renforcée par la teneur en eau plus faible. On note aussi souvent une moindre sensibilité au tassement en profondeur. La capacité de rétention en eau est augmentée au point de flétrissement. Cela est sensible pour les sols profonds en cas de sécheresse.

Enfin, la porosité du sol peut être améliorée, mais il faut du temps et de nombreux cycles humectation / dessiccation. On note alors une augmentation de la réserve en eau et un meilleur enracinement des cultures. Mais rappelons que l'effet sur le rendement des cultures est toujours indirect et dépend beaucoup des cultures et des conditions climatiques.

La conclusion reprend les points principaux de l'exposé.

Informations complémentaires :

Annie Pernes-Debuyser. 2003. Différenciation des propriétés du sol par des apports d'engrais et d'amendements. Cas de l'essai de longue durée des 42 parcelles (Versailles). Thèse Université de Bourgogne.

Daniel Tessier. Cours de DEA de pédologie. Nancy.

Tessier, Bigorre, Bruand, 1999. La capacité d'échange outil de prévision de propriétés physiques des sols. C.R. Acad. Agric. France.

Joseph Dufey, 2001. Solution du sol, complexe d'échange et garniture ionique : Évolution suite à l'acidification et au chaulage. 5èmes Rencontres Comifer-Gemas.

Vincent Garros, 2000. Amendements calciques et stabilité structurale. Mémoire de fin d'études, ESA de Purpan.

Alexandra Pissot, 2000. Effet du chaulage sur les propriétés physiques du sol. Rapport de stage à l'INRA de Versailles.

Elsass, Chenu, Tessier, 2008. Transmission Electron Microscopy, Preparation Methods and Use. SSSA.

Charlet, Julien, Tessier, 1999. La capacité d'échange et son importance pour la gestion des sols. C.R. Acad. Agric. France.

Garrison Sposito, 1984. The Surface Chemistry of Soils. Oxford University Press, New-York.

II - Actions mises en œuvre pour

- remédier au risque d'acidification des sols cultivés et des prairies
- améliorer la nutrition des plantes dans les différentes valeurs du pH

Sous la présidence de Jérémy Guil



Jérémy Guil

Responsable d'équipe Gestion des sols et fertilisation
Chambre régionale d'agriculture de Bretagne
jeremy.guil@bretagne.chambagri.fr
<http://www.chambres-agriculture-bretagne.fr/>

Ingénieur agronome de formation, Jérémy Guil a rejoint la Chambre régionale d'agriculture de Bretagne en 2017 en tant que responsable de l'équipe Gestion des sols et fertilisation, ce après quelques années d'activités de recherche et de conseil auprès des agriculteurs.

Son équipe développe des activités de recherche et de conseil, nos interlocuteurs sont majoritairement des praticiens mais également des collectivités et représentants de l'Etat.

Le contexte breton les amène à avoir une vision intégrée des problématiques liées aux activités de production agricoles en prenant particulièrement en compte les impacts environnementaux.

Présentation de l'après-midi

La gestion de l'acidité du sol est un levier majeur de l'amélioration de la fertilité des sols. Les impacts du pH sur les composantes physiques, chimiques et biologiques d'un sol font qu'il est nécessaire de renforcer les connaissances et poursuivre l'acquisition de références. Les outils performants, utiles au raisonnement et à l'application d'une stratégie de chaulage, sont au cœur de cette séance. Le fond et la forme sont à prendre en compte, au cœur de la stratégie d'apport mais aussi dans la manière de l'apporter au praticien. Ceci de l'acte du conseil à sa mise en œuvre au champ.

Encore beaucoup de conseillers se noient dans des références erronées ou abstraites, quand les agriculteurs chaulent, bon an mal an, à l'aveugle. Et comme l'écrivait si bien Antoine Augustin Parmentier « l'agriculture a aussi ses charlatans ». Nous espérons au sortir de cet après-midi que chacun repartira avec une vision claire de la tâche qui est à accomplir et des moyens utiles pour la réaliser. A commencer par l'actualisation des méthodes de calcul y compris sur les cultures fourragères pérennes puis des remontées terrain appuyées d'analyses technico-économiques jusqu'à la mise en œuvre des principes de l'agriculture de précision. Pour terminer par la gestion d'éléments fertilisants dans les sols basiques.

Amendement basique : propositions pour une nouvelle approche du calcul de la dose de correction



François Servain
Responsable du Département
Innovation et Transfert en Agronomie
LDAR
fservain@aisne.fr

A la fois chimiste et ingénieur agricole, François Servain intègre la Station Agronomique de l'Aisne en 1993. D'abord chargé d'étude en Agronomie, il devient, deux ans plus tard, responsable technique du Laboratoire d'Analyse de Terre. En 2001, les trois laboratoires du Conseil Départemental de l'Aisne se regroupent pour devenir le LDAR. Il devient alors le responsable de la production de cette nouvelle entité. Enfin, en 2015 il devient le responsable du Département Innovation et Transfert en Agronomie du LDAR.

Résumé de l'intervention :

Aujourd'hui, plusieurs modèles de calcul de la dose d'amendement basique à apporter au sol pour corriger le niveau d'acidité coexistent. Certains de ces modèles ne sont pas toujours adaptés compte tenu du niveau d'incertitude qui leur est associé, voire des formalismes mathématiques qui ont été retenus.

Sur la base de travaux antérieurs réalisés au sein du Laboratoire d'Analyse des Sols de l'INRA, devenu INRAE depuis, à ARRAS (Ciesielski et al.), cette intervention permettra de proposer deux méthodes de calculs qui s'appuient sur des déterminations simples et couramment pratiquées lors de l'analyse des échantillons de terre. Bien que s'appuyant sur des données de nature différentes, elles conduisent à des doses préconisées le plus souvent proches.

Ces calculs théoriques devront néanmoins être validés par des observations de terrain.

Informations complémentaires :

Evolution du pH et de la CEC de sols du Nord de la France en fonction des doses de chaulage (CaCO₃).
Influence du carbone organique, Ciesielski et al. , Etude et gestion des sols, vol 15.3, 2008



Synthèse des suivis de carbonates résiduels dans les essais au champ pour l'estimation du besoin de bases



Hélène Lagrange

Ingénieure R&D

ARVALIS – Institut du végétal

h.lagrange@arvalis.fr

<https://www.arvalis-infos.fr/index.html>

Ingénieure agronome AgroParisTech (2014) j'ai effectu e mon mémoire de fin d'étude à Arvalis sur l'étude de la correction des effets de l'acidité du sol sur la production en fourrage des prairies et de l'intérêt du gypse en tant qu'amendement. Aujourd'hui, sp cialis e en fertilisation   ARVALIS au pôle agronomie, je m'occupe des sujets touchant aux thèmes liés au statut acido-basique des sols. Je suis membre du groupe COMIFER SAB.

Résumé de l'intervention :

Le raisonnement du chaulage, tel que recommandé par le COMIFER (Brochure Le Chaulage, des bases pour le raisonner, COMIFER, 2009), est déterminé par l'évaluation du Statut Acido-Basique du sol. Un Statut Acido-Basique souhaitable est défini en fonction du système de culture afin de limiter les risques liés à l'acidité du sol. Le principal indicateur utilisé en France est le pHeau. Trois situations peuvent se présenter : pHeau adapté au système de culture, un chaulage n'est pas nécessaire ; pHeau très inférieur au niveau souhaitable : dans ce cas il faut atteindre rapidement le niveau souhaitable par une stratégie dite de redressement du SAB ; pHeau légèrement inférieur ou au niveau du pHeau souhaitable : dans ce cas on est dans des conditions d'entretien du SAB. En conditions de redressement, pour atteindre ce niveau souhaitable, des besoins de bases, exprimés en Valeur Neutralisante (VN), sont déterminés et permettent de calculer la dose d'amendement à apporter.

Afin d'observer précisément au champ les effets des amendements basiques pour mieux déterminer les besoins de bases permettant de remonter le pHeau du sol, des suivis des carbonates résiduels au cours du temps ont été effectués sur 4 essais conduits récemment par Arvalis. Ces mesures ont permis de mettre en relation une cinétique de dissolution des carbonates avec l'évolution du pHeau du sol. La méthode de mesure des carbonates résiduels utilis e est celle d velopp e par Jean-Yves Baliteau, SADEF (Rencontres COMIFER 2015).

Gr ce à ces mesures, un modèle de calcul de la dose de CaO à appliquer pour remonter le pHeau a été construit. Il prend en compte la masse de terre fine dans laquelle les amendements sont incorporés et de la CECmetson du sol.

La pratique du chaulage : particularités des productions fourragères de luzerne et d'herbe



Anthony Uijtewaal

Ingénieur R&D agronomie et récolte des fourrages
Responsable du Pôle Fourrages
ARVALIS – Institut du végétal
a.ujtewaal@arvalis.fr
<https://www.arvalis-infos.fr/index.html>

Ingénieur agronome AgroParisTech (2013), j'ai travaillé 18 mois sur la fertilisation azotée des grandes cultures et cultures industrielles à Agro-Transfert Ressources et Territoires. Depuis 2015, je travaille les questions en lien avec l'agronomie et la récolte des fourrages au sein du Pôle Fourrages d'Arvalis. J'assure la coordination du programme expérimental. Sur le thème des fourrages et du chaulage, j'ai en particulier suivi l'essai « chaulage des luzernières » sur la station de La Jaillière [44] de 2015 à 2017.

Résumé de l'intervention :

Des essais récents ont été conduits à Arvalis sur le raisonnement du chaulage des productions fourragères. Cette intervention présente les résultats de deux essais.

Le premier est un essai de longue durée conduit sur prairie implantée sur sol acide. Cet essai étudie l'intérêt du gypse pour diminuer la toxicité aluminique. Celle-ci a pour effet de réduire l'enracinement des plantes et limiter l'accès aux ressources du sol comme l'eau et les éléments minéraux. La correction de l'acidité en profondeur dans le cas des prairies de longue durée se heurte à la difficulté d'incorporer les amendements. Principalement utilisé pour lutter contre les inconvénients des sols sodiques, le gypse est un amendement neutre qui n'a pas d'effet intrinsèque sur le pH du sol. D'après la bibliographie internationale, cet amendement pourrait avoir un intérêt pour lutter contre la toxicité aluminique, permettant un meilleur enracinement et améliorant ainsi la production des cultures (Carvalho et Van Raij 1997). Dans l'essai, les effets du gypse sur la production d'une prairie de dactyle ont été suivis pendant 6 ans en comparaison à un témoin non amendé, une chaux et un carbonate de calcium pulvérisé. Les résultats de l'essai ont été complétés par une expérimentation en laboratoire pour effectuer des dosages d'aluminium et de soufre dans les eaux de percolation. L'utilisation du gypse montre une amélioration de la production fourragère par rapport au témoin non amendé pour atteindre le même niveau que les modalités amendées. Le pH du sol des modalités avec du gypse n'est pas modifié. Au laboratoire, on observe une lixiviation de l'aluminium accompagné de soufre. Cette lixiviation de l'aluminium conduirait à réduire la toxicité aluminique.

Le second essai présenté mesure l'incidence de la pratique du chaulage sur la faculté d'implantation d'une luzernière et sa productivité durant les deux années suivant l'implantation. L'objectif de l'essai est de mesurer l'effet d'un amendement calcique à l'implantation d'une luzerne dans une parcelle à pHeau proche de 6. Deux niveaux de pHeau sont visés à l'implantation : 6.5 et 7 pour trouver le pHeau optimal pour la production de la luzerne. Deux types d'amendements calcaires bruts à vitesse d'action plus ou moins rapide sont étudiés afin d'évaluer l'intérêt d'utiliser des amendements à vitesse d'action plus rapide mais également plus coûteux à l'unité neutralisante, lorsque le chaulage est effectué juste avant l'implantation de la luzerne. Les mesures de rendements sont complétées par des calculs économiques. Ainsi, l'essai montre qu'un pHeau optimal pour l'implantation de la luzerne est de 6.5.

Dans les limons de l'Ouest, gains de rendement et de marge corrélés avec le pH eau du sol



Laurent Varvoux

Expert Amélioration de la fertilité des sols

Terrena

lvarvoux@terrena.fr

www.terrena.fr

Texte co-rédigé avec Philippe Eveillard (UNIFA)

Résumé de l'intervention :

L'amélioration de la fertilité du sol et des services écosystémiques qu'il fournit est un élément central de l'approche agro-écologique et un socle important de l'Agriculture Ecologiquement Intensive développée par la coopérative Terrena dans l'Ouest de la France. L'UNIFA et ses adhérents, producteurs d'amendements minéraux basiques, ont demandé à Terrena d'évaluer les résultats technico-économiques des parcelles en relation avec le pH eau dans les limons à tendance acide de l'Ouest de la France (massif armoricain).

Les données sont issues de 3 646 parcelles utilisant le logiciel de gestion de la fertilisation Fertilio Sol (de l'éditeur Wiuz) pendant 4 années successives de 2015 à 2018. Elles comportent au moins une analyse de terre réalisée durant cette période et l'enregistrement des rendements réalisés chaque année.

Les résultats font apparaître un gain moyen de 61€ /ha/an entre la classe de pH eau la plus faible (<6.0) et la plus élevée (>6.9). Ce résultat est statistiquement significatif (test de Wilcoxon) entre les cinq classes de pH eau sur la moyenne des quatre années mais également par culture et par année lorsque l'effectif de parcelles est suffisant.

La quantité moyenne de valeur neutralisante apportée se situe entre 500 et 600 unités de VN en cumul sur quatre ans qu'on peut attribuer aux apports organiques pour un tiers et aux amendements minéraux basiques AMB pour un coût de 23 à 26 €/ha/an peu différent entre les classes de pH eau des terres. L'amélioration du rendement moyen sur les six cultures principales (blé, orge d'hiver, triticale, colza, maïs grain et ensilage) est de 6% sur les quatre ans entre pH eau < 6.0 et pH eau > 6.9 (significatif).

L'enquête agronomique réalisée grâce à la base de données Fertilio Sol sur un grand nombre de parcelles représentatives des limons de l'Ouest permet de mesurer l'effet d'un des paramètres les plus importants du niveau de la fertilité du sol (son statut acido-basique via la mesure du pH) et le résultat sur le plan économique (retour sur investissement pour les agriculteurs) et environnemental (balance azotée ajustée au niveau de rendement quelle que soit la classe de pH). Cette évaluation vient confirmer l'intérêt de la pratique du chaulage dans une perspective d'entretien d'un état favorable du statut acido-basique (valeur optimale du pH) et de la fertilité du sol.

Raisonnement du chaulage basé sur les analyses de terre pratiquées avec un zonage intra-parcellaire



Baptiste Cuny

Responsable Innovation Services

Service Agronomique

Maïsadour

b-cuny@maisadour.com

www.maisadour.com

Ingénieur Agronome de formation et après 5 années passées dans une chambre d'Agriculture en tant que conseiller Agronomie-Environnement, j'ai rejoint depuis 4 ans Maïsadour au sein du Service Agronomique pour développer des services innovants pour nos agriculteurs. Aujourd'hui la coopérative propose un accompagnement mêlant nouvelles technologies (télédétection, objets connectés, modèles numériques, outils d'aide à la décision) et agronomie terrain (analyse de sol, profils culturaux, plan d'application, expertise technique). Je suis chargé, avec mon équipe, de veiller, tester et construire les services de demain autour des thèmes suivants : agriculture de précision, pilotage d'irrigation, fertilité du sol, agro-météo, digitalisation de l'exploitation.

Résumé de l'intervention :

Depuis 3 ans la coopérative s'est lancée dans l'aventure de l'agriculture de précision en adhérant à Be Api. Nous accompagnons ainsi nos agriculteurs vers la modulation intra parcellaire d'intrants : densité de semis, azote, engrais et amendements. Cette nouvelle perspective, amenée par le machinisme, nous a imposé de changer d'échelle pour le raisonnement des apports et passer de la parcelle à l'intra-parcellaire. A partir d'une réflexion sur l'impact de l'historique parcellaire sur la fertilité du sol, nous réalisons ainsi des prélèvements de sol par micro-parcelle (1,3 analyses par hectare). Les résultats sont ensuite intégrés via Be Api et Epicles à un outil d'aide à la décision permettant de réaliser le plan de fumure à chaque micro-parcelle. Pour le chaulage, élément essentiel dans notre contexte de sols sableux acides, cela nous amène à poursuivre nos efforts et à adapter le complément pour corriger les différences intra-parcellaires très marquées même après 50 ans d'application uniforme à la parcelle.

Informations complémentaires :

Be Api – www.beapi.coop



Impact de la fertilisation phosphatée en sols à pH basique (Analyses techniques et économiques)



Philippe Gérard

Expert Innovation Agronomie Environnement

VIVESCIA

philippe.gerard @vivescia.com

www.vivescia.com

Responsable du dossier fertilisation depuis 1998 chez VIVESCIA

Membre du groupe de travail PKMg du COMIFER

Résumé de l'intervention :

Sur le périmètre d'activité de la Coopérative VIVESCIA, les terres de craie représentent une surface conséquente ; ces sols ont pour caractéristiques d'avoir un pH élevé et un fort pouvoir fixateur vis-à-vis du phosphore.

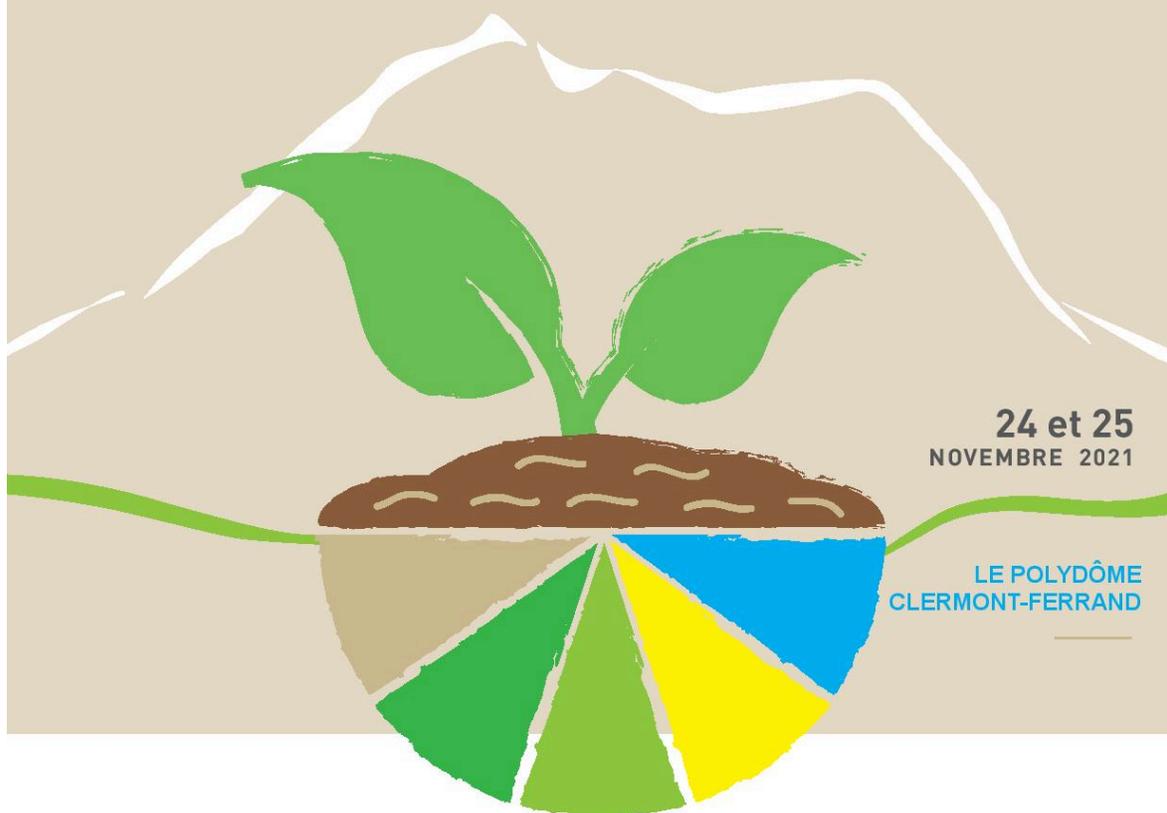
En Champagne-Ardenne, comme dans d'autres régions de France, les ventes d'engrais minéraux sont en diminution significative ; de plus, nous avons constaté également une baisse de 12 % des teneurs des sols en P_2O_5 sur les 10 dernières années.

Le poste fertilisation représente un investissement important dans les charges opérationnelles ; l'objectif de l'intervention est donc de montrer l'impact de la fertilisation phosphatée sur plusieurs cultures d'une rotation type en champagne crayeuse.



15^È RENCONTRES

DE LA FERTILISATION RAISONNÉE
ET DE L'ANALYSE



24 et 25
NOVEMBRE 2021

LE POLYDÔME
CLERMONT-FERRAND

Le rendez-vous biennal des professionnels de la fertilisation raisonnée

450
CONGRESSISTES
ATTENDUS

25
PRÉSENTATIONS
ORALES

50
POSTERS

35
PARTENAIRES
ET EXPOSANTS

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

Gemas
Groupe d'études méthodologiques pour l'analyse des sols



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

Des groupes de travaux aux évènements, études techniques et label, le COMIFER est une association loi 1901 créée en 1980 pour promouvoir les avancées scientifiques, innovations et travaux techniques qui concourent à développer et améliorer les pratiques par l'élaboration de références et de méthodes consensuelles pour une agriculture durable et performante.

Lieu d'information, de concertation et d'échanges, elle fédère les acteurs de la filière fertilisation raisonnée et compte environ 400 adhérents issus de l'enseignement, la recherche, des organisations professionnelles agricoles, instituts techniques, l'agrofourniture, distribution et négoce, le machinisme agricole d'épandage, les services.

Adhérer au COMIFER, c'est

- participer aux études techniques de l'association et à ses groupes thématiques : Azote et Soufre (NS) – Phosphore/Potassium/Magnésium (PKMg) – Statut Acido-Basique (SAB) – Produits Résiduaux Organiques (PRO) – Fertilité Organique et Biologique des Sols (FOrBS)
- échanger sur des problématiques scientifiques, réglementaires, partager des expériences terrain tout en prenant en compte les enjeux environnementaux liés à la qualité du sol, de l'air et de l'eau
- bénéficier de tarifs préférentiels pour les événements COMIFER et accéder aux documents réservés aux adhérents sur www.comifer.asso.fr

SAVE THE DATE !

Prochaine Journée Thématique COMIFER : 10 mars 2021

« Sait-on interpréter les analyses de MO Sol pour l'agriculture ? »

Information et inscription sur comifer.asso.fr

Suivre l'actualité du COMIFER sur  et 