

16^e Rencontres

DE LA FERTILISATION RAISONNÉE
ET DE L'ANALYSE

30 ans

21, 22 et 23
novembre
2023

Centre
des congrès
de Tours

Le rendez-vous biennal des professionnels de la fertilisation raisonnée

PROGRAMME & RÉSUMÉS

Avec le soutien


MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE

Liberté
Égalité
Fraternité


comifer

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


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



LE MOT DES PRÉSIDENTS

” Une fois de plus, nous allons nous retrouver pour partager ce moment charnière et tant attendu de la vie de nos deux associations. Force est de constater que le contact humain reste un ciment important pour notre communauté. C'est finalement assez normal, n'œuvrons-nous pas dans le domaine du vivant ?

Nous faisons le plein d'inscriptions avec près de 380 congressistes inscrits, dont une soixantaine à distance, ce qui fait de 2023 un de nos meilleurs millésimes. Nous accueillons aussi un nombre record d'étudiants issus de différentes écoles d'ingénieurs (Institut Agro Rennes-Angers, AgroParisTech, Bordeaux Sciences Agro, VetAgro Sup) et de lycées agricoles (Tours-Fondettes, Obernai en Alsace), l'Université de Lorraine, de Bourgogne Franche-Comté et l'Université Laval du Québec (Canada).

Le programme qui nous attend a été construit à partir de 80 propositions dont un tiers a été retenu par le comité d'organisation pour les présentations orales. Comme lors de chaque Rencontres, certaines interventions permettront de suivre au fil du temps les évolutions associées à des sujets tels que les aspects réglementaires, la maîtrise de la fertilisation azotée ou l'état des connaissances sur les nouveaux indicateurs de qualité des sols.

Mais ce millésime 2023 redonne une place de choix au phosphore et nous réserve aussi d'autres surprises et nouveautés. Tout d'abord, le choix par le comité d'organisation de consacrer une session, indépendamment des contributions reçues, à un thème choisi en lien avec l'évolution des marchés des matières fertilisantes fortement chahutés depuis nos dernières Rencontres en 2021. Ceci a nécessité d'identifier et de solliciter les personnes ressources clés. Deuxième nouveauté, des séances de présentations orales résumées des posters vont se succéder aujourd'hui, de manière à vous en donner la vision la plus exhaustive possible. Ces présentations seront assurées par les étudiants de Bordeaux Sciences Agro. Enfin, le format de ces Rencontres est modifié car nous vous proposons une troisième demi-journée de terrain consacrée aux enjeux agricoles de la méthanisation et à la présentation de résultats agronomiques.

Cette année marque aussi les trente ans du rapprochement du GEMAS et du COMIFER pour l'organisation de ces journées communes, qui ont démarré à Blois, puis ont sillonné la France pour arriver aujourd'hui à Tours. Cette association intime du laboratoire et du champ reste une valeur sûre de nos journées, croise les sensibilités, permet de lutter contre l'entre-soi ; bref, en un mot, d'élargir nos Tours d'horizon.



Lionel Jordan-Meille
Président du Comifer



François Servain
Président du Gemas



wIUZ
La plateforme digitale agronomique et ouverte

WIUZ, s'investit en tant qu'adhérent dans le COMIFER depuis sa création en 2016

Labelisé Prev'N dès 2019, WIUZ soutient le label pour mettre en avant les outils numériques agronomiques sur le terrain.



4,1 millions d'ha suivis



1,3 millions d'ha Plan de Fumure WiuzFertil

COMITÉ D'ORGANISATION

Lionel Jordan-Meille, Bordeaux Sciences Agro, Président du Comifer
François Servain, LDAR, Président du Gemas
Sophie Agasse, Unifa
Pascal Denoroy, Inrae
Sophie Droisier, Comifer
Bruno Félix-Faure, Eurofins-Galys
Marc Lambert, Yara France
Christine Le Souder, Arvalis
Pascal Mathieu, Laboratoire César
Aurélia Michaud, Inrae
Bernard Verbèque

ORGANISATEURS



Le COMIFER, Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée est une association Loi 1901, créée en 1980.

Il organise une concertation permanente entre les acteurs de la fertilisation raisonnée afin d'élaborer et promouvoir des méthodes collectivement validées, encourager les solutions innovantes qui concourent à une agriculture durable, performante et respectueuse de l'environnement.

Les activités du Comifer se concentrent sur :

- des sujets agronomiques traités dans les Groupes de Travail (groupes N&S, PKMg, SAB-Statut Acido-Basique, PRO-Produits Résiduaires Organiques et FOrBS-Fertilité Organique et Biologique des sols) auxquels sont conviés tous les membres de l'association,
- l'organisation d'événements : les Rencontres avec le Gemas tous les deux ans, les Journées Thématiques qui permettent d'apporter un éclairage technique, scientifique et réglementaire (Recyclage du phosphore en agriculture - Qualité de l'air et fertilisation - pH et fertilité des sols - MO dans les sols - Oligo-éléments et contaminants métalliques en agricultures...).

Les discussions au sein des groupes conduisent à l'établissement de références, règles de décision consensuelles, puis à des publications disponibles sur le site du Comifer : <https://comifer.asso.fr>

Acteur référent auprès des pouvoirs publics, le Comifer réalise des études techniques en réponse à des sollicitations émanant du Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire.



Créé en 1977, le GEMAS, Groupement d'Etudes Méthodologiques pour l'Analyse des Sols est une association qui regroupe les laboratoires français pratiquant les analyses de terre et plus largement les analyses liées à la gestion des sols et la fertilisation des cultures.

Le Gemas contribue à structurer les actions collectives des laboratoires, que ce soit en termes de développement techniques, de représentation, de communication ou de formation.

Les adhérents ont comme objectif commun la Qualité de leurs prestations : transparence, normalisation des méthodes d'analyses, pratique des inter-comparaisons et agrément du Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire.



Le Comifer et le Gemas remercient le Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire et l'ensemble des partenaires pour leur soutien à l'organisation des 16^è Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse 2023 à Tours. La responsabilité du ministère en charge de l'agriculture ne saurait être engagée.

SOMMAIRE

Programme des 16 ^è Rencontres Comifer-Gemas 2023	p. 6 à 7
Invité d'honneur - Philippe Noyau, Président de la Chambre Régionale d'Agriculture Centre-Val de Loire.....	p. 8 à 9
Session 1 - Les marchés des matières fertilisantes dans un contexte international marqué par des crises successives.....	p. 10
Résumés de la session 1	p. 12 à 31
Session 2 - Maitrise des pertes d'azote et amélioration de son efficience.....	p. 32
Résumés de la session 2	p. 34 à 39
Session 3 - Fertilisation phosphatée	p. 40
Résumés de la session 3.....	p. 42 à 45
Session 4 - Politiques publiques et requis réglementaires	p. 46
Résumés de la session 4.....	p. 48 à 53
Session 5 - Indicateurs : Evolution des outils et de leur usage.....	p. 54
Résumés de la session 5.....	p. 56 à 61
Vote Prix Meilleur Poster 2023	p. 62
Liste des posters.....	p. 63 à 65
Suite Résumés session 5	p.66 à 69
Session 6 - Elargir nos horizons	p. 70
Résumés de la session 6.....	p. 72 à 77
Session 7 - Usage des digestats	p.78
Résumés de la session 7.....	p.80 à 83
Guide de la Fertilisation Raisonnée du Comifer.....	p. 84
Partenaires	p. 87 à 88
Sponsors.....	p. 89 à 91
Exposants.....	p. 99 à 94
Partenaires Média.....	p. 95

Mardi 21 novembre 2023

- 08:00** Accueil des Congressistes
- 09:00** Ouverture des 16^e Rencontres Comifer-Gemas
par Lionel Jordan-Meille, Président du Comifer - François Servain, Président du Gemas
- 09:10** Présentation des actions agronomiques conduites en région
par Philippe Noyau, Président de la Chambre Régionale d'Agriculture Centre-Val de Loire

SESSION 1 / Les marchés des matières fertilisantes dans un contexte international marqué par des crises successives

- 09:30** Accueil du Président de séance : Jacques Fourmanoir - Vice-Président - Unifa
1. Panorama du marché des matières fertilisantes (Gruere A, IFA)
 2. Impacts sur les productions agricoles et les risques sur la sécurité alimentaire (Santini F., Commission européenne)
 3. Leviers technologiques pour une relocalisation et décarbonation de la production de matières fertilisantes (Hoxha A., Fertilizers Europe)
 4. Leviers agronomiques pour améliorer l'autonomie en azote à l'échelle des exploitations agricoles (Pellerin S., Inrae)
- 10:40** Table ronde / Débats avec la salle
- 11:10** Echelle de l'exploitation : Optimisation de la fertilisation azotée à l'échelle des systèmes de cultures dans un contexte économique tendu ? (Olou A., Arvalis)
- 11:35** Optimisation de la technique d'épandage centrifuge, un gain d'efficacité des engrais (Nourry S., Sky Agriculture)
- 12:00** Conclusion du Président de séance
- 12:15** Déjeuner, visite des stands et des posters **Présentation résumée des posters**

SESSION 2 / Maîtrise des pertes d'azote et amélioration de son efficacité

- 14:00** Accueil du Président de séance : David Leduc - Spécialiste de la fertilisation et de la gestion des sols - Chambre d'Agriculture Pays de la Loire
- 14:05** Identification de pratiques agricoles territorialisées pour réduire les concentrations en nitrates des eaux de surface en Bretagne (Loyon L., Inrae)
- 14:30** Vers une évaluation multicritères coûts bénéfiques des pratiques de réduction des émissions d'ammoniac au champ : les enseignements du projet PolQA (Génermont S., Inrae UMR EcoSys Campus Agro Paris Saclay)
- 14:55** Syppre : des systèmes de culture visant la multi-performance, incluant des objectifs prioritaires de réduction de la fertilisation azotée minérale et d'amélioration de la fertilité des sols. Quel bilan après 5 années d'expérimentation ? (Estienne M., Arvalis)
- 15:20** Conclusion du Président de séance
- 15:35** Pause, visite des stands et des posters **Présentation résumée des posters**

SESSION 3 / Fertilisation phosphatée

- 16:00** Accueil de la Présidente de séance : Christine Le Souder - Ingénieur R&D spécialisée en Fertilisation - Arvalis
- 16:05** Actualiser l'estimation des seuils d'impasse P en France : des propositions opérationnelles (Denoroy P., Inrae UMR ISPA Bordeaux et al.)
- 16:30** Ça phosphore aussi sous les tropiques ! (Bravin M., Cirad)
- 16:55** Conclusion de la Présidente de séance **Présentation résumée des posters**

SESSION 4 / Politiques publiques et requis réglementaires

- 17:10** Accueil du Président de séance : Emmanuel Steinmann - Chef du BESEC - Bureau de l'Eau du Sol et de l'Economie Circulaire - MASA
- 17:15** Mise en œuvre du nouveau règlement européen sur les fertilisants : Etat actuel et difficultés engendrées (Benbrahim M., Rittmo Agroenvironnement)
- 17:25** L'expérimentation pour prouver l'efficacité d'un Fertilisant UE : les requis réglementaires (Eck M., Staphyt)
- 17:35** Questions / Réponses
- 17:45** Comment le contexte économique et les contraintes techniques impactent-ils le nombre de crédits carbone et leur coût d'équilibre dans les projets Label Bas Carbone Grandes-Cultures (Lagrange H., Arvalis)
- 18:10** Conclusion du Président de séance **Présentation résumée des posters**

- 18:25** Conclusion
par Lionel Jordan-Meille, Président du Comifer - François Servain, Président du Gemas
- Visite des stands et des posters
- 20:00** Soirée des 16^e Rencontres Comifer-Gemas 2023

Mercredi 22 novembre 2023

08:30 Accueil des Congressistes

SESSION 5 / Indicateurs : Evolution des outils et de leur usage

- 09:00** Accueil du Président de séance : Jean-Paul Bordes - Directeur général - ACTA
- 09:05** Crop nutrition : Measure to manage (Sylvester-Bradley R., Adas)
- 09:40** Évolutions des teneurs en P, K et Mg dans les sols en France métropolitaine entre 2003-2011 et 2012-2019 à partir des données de la Base de Données des Analyses de Terre (Lemerrier B., Institut agro Rennes Angers et al.)
- 10:05** Evaluation d'indicateurs de la fertilité physique du sol utilisable au champ et associés à des fonctions du sol (Métais P., Arvalis)
- 10:30** Pause, visite des stands et des posters
- 11:10** VOTE / Clôture des votes en ligne - Election du Meilleur Poster 2023
- 11:15** Mise en œuvre de l'outil Agro-Eco Sol : évaluation de la pertinence des bioindicateurs et de l'algorithme de diagnostic des fonctions du sol sur un jeu de données test (Carton-Moreau C., Auréa AgroSciences et al.)
- 11:40** PREVIBEST : Prévenir les risques de Tassement des sols en systèmes Betteraviers. Un outil de diagnostic, support interactif pour le conseil (Martin D., Agro-Transfert, Ressources et Territoires et Leborgne T., ITB)
- 12:05** Conclusion du Président de séance
- 12:10** Remise du prix du Meilleur Poster 2023
- 12:30** Déjeuner

SESSION 6 / Élargir nos horizons

- 14:00** Accueil du Président de séance : Jacques Thomas - Président - AFES
- 14:05** Parangonnage N - Comparaison des pratiques de fertilisation azotée dans différents pays d'Europe de l'ouest (Jordan-Meille L., Bordeaux Sciences Agro et al.)
- 14:30** Potentiels agronomiques d'apports de roches silicatées broyées en grandes cultures, approche théorique et pratique (Desmalles C., Rothamsted Research et UMR ISPA et al.)
- 14:55** La moitié de la disponibilité en phosphore des sols agricoles mondiaux est issue des engrais minéraux phosphatés (Demay J., Inrae, UMR ISPA)
- 15:20** Conclusion du Président de séance
- 15:25** Pause, visite des stands et des posters

SESSION 7 / Usage des digestats

- 15:40** Accueil du Président de séance : Jean-François Delaitre - Président - AAMF
- 15:45** Proposition d'une classification des digestats de méthanisation basée sur leurs propriétés et leurs effets attendus (Michaud A., Inrae UMR SAS)
- 16:10** Metha-BioSol : Impact des digestats de méthanisation sur la qualité biologique des sols agricoles (Cannavacciuolo M., Groupe ESA et Mulliez P., Chambre d'Agriculture Pays de la Loire)
- 16:35** Table ronde : Enjeux et devenir de la méthanisation
- 17:50** Conclusion du Président de séance

17:55 Conclusion de Lionel Jordan-Meille, Président du Comifer et François Servain, Président du Gemas**18:00** Clôture des 16^e Rencontres Comifer-Gemas 2023**Jeudi 23 novembre 2023**

09:00 Visite de la station expérimentale INRAE Nouzilly

- 09:00** Départ en bus du Centre des congrès de Tours
- 09:30** Visite de l'unité de méthanisation - Echanges sur la gestion des substrats, la stabilité dans le temps du digestat, l'implantation sur le territoire et les évolutions depuis sa mise en place
- 10:15** Transfert en bus vers l'essai au champ MétaMétha
- 10:30** MétaMétha : présentation de l'essai, machinisme d'épandage
- 11:15** Transfert en bus vers Inrae de Nouzilly
- 11:30** Pause café
- 12:00** Exposés en salle : Résultats phares MétaMétha et autres programmes (Savoie A., Houot S., Inrae)
- Aspects économiques des digestats au regard d'une fertilisation minérale et de l'évolution des rendements (Foulon Y., Inrae)
- 13:30** Déjeuner à l'Inrae
- 15:00** Départ en bus et retour au Centre des congrès de Tours
- 15:30** Retour au Centre des congrès de Tours

60 participants maximum



INVITÉ D'HONNEUR



Philippe Noyau



BIOGRAPHIE

- Agriculteur en GAEC à Nourray avec son épouse et son frère : grandes cultures / maïs de semence / asperges vertes / noyers / volailles en vente directe / gîte rural
- Président de la Chambre régionale d'agriculture Centre-Val de Loire depuis mars 2019
- Membre du Bureau de Chambres d'agriculture France (ex-APCA), en tant que Secrétaire-Adjoint
- Président de la commission Productions Végétales à Chambres d'agriculture France
- Elu à la Chambre d'agriculture du Loir-et-Cher depuis 30 ans
- Vice-Président de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne

GRANDS ENJEUX DE L'AGRICULTURE EN RÉGION CENTRE-VAL DE LOIRE

Développer et promouvoir des pratiques agronomiques multiperformantes, alternatives et innovantes, est au cœur du projet stratégique 2019-2025 des chambres d'agriculture du Centre-Val de Loire. Cela passe par un grand nombre de leviers : le développement des agricultures certifiées, l'accompagnement des collectifs, l'innovation recherche développement et son transfert, l'animation des filières... Tout l'enjeu est aujourd'hui de poursuivre l'accompagnement des transitions, dans un contexte de changement climatique qui vient questionner le conseil agronomique.

" Les chambres d'agriculture de la région sont investies depuis très longtemps sur le sujet de la fertilisation azotée et plus globalement de la fertilité des sols. Elles ont récemment participé au développement de nouvelles méthodes de pilotage de la fertilisation azotée (développement du service Mes Sat'images, projet PEI SOLINAZO...) et d'indicateurs de fertilité biologique et organique des sols (projet CASDAR PICASOL). La question de l'autonomie azotée des exploitations et de la diversification des sources d'azote est également centrale dans nos réflexions. C'est donc avec grand intérêt que nous prenons part aux 16^{èmes} Rencontres Comifer-Gemas."

PARTENAIRES INSTITUTIONNELS



Chambre régionale d'agriculture du Centre-Val de Loire

accueil@centre.chambagri.fr
<https://centre-valde Loire.chambres-agriculture.fr/>

Contact : Anne BRUNET - Chef de service Développement Environnement Innovation
anne.brunet@centre.chambagri.fr - Tel : +33(0)6.69.49.15.66

La Chambre régionale d'agriculture du Centre-Val de Loire est un organisme public à vocation économique qui représente l'ensemble de la profession agricole auprès des pouvoirs publics, des médias et de l'opinion publique. Grâce à son rôle fédérateur, elle intervient directement dans la définition et la mise en œuvre de la politique agricole de la région Centre-Val de Loire.



www.agriculture.gouv.fr

Chargé du renforcement de l'indépendance alimentaire, le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (MASA) prépare et met en œuvre la politique du Gouvernement pour l'agriculture (y compris pour la politique de l'eau), les industries agroalimentaires, la forêt et le bois, les pêches maritimes et l'aquaculture. En matière d'alimentation, le ministère est chargé de la sécurité sanitaire des aliments et dirige la police unique chargée des contrôles de sécurité en la matière. Le ministère participe également à la mise en œuvre de la feuille de route en faveur de la ruralité, et à l'action du Gouvernement contre le changement climatique et à l'adaptation à ses effets ainsi qu'à la mise en œuvre de la politique gouvernementale en matière de commerce international.

La Direction générale de la performance économique et environnementale des entreprises (DGPE) du MASA a pour principales missions l'accompagnement et le soutien des acteurs du secteur agricole et agroalimentaire français afin de favoriser la relance économique et la transition écologique des filières françaises.

Le Bureau Eau, Sols et Économie Circulaire (BESEC) concourt au sein de la DGPE, à l'élaboration, la mise en œuvre, l'évaluation et au suivi des politiques publiques relatives à la gestion de l'eau, des sols, des intrants agricoles et des déchets des entreprises et des filières, et à la qualité de l'air.

SESSION 1

Les marchés des matières fertilisantes dans un contexte international marqué par des crises successives

Panorama du marché des matières fertilisantes

(Guere A., IFA- International Fertilizer Association)

Impacts sur les productions agricoles et les risques sur la sécurité alimentaire

(Santini F., Commission européenne)

Leviers technologiques pour une relocalisation et décarbonation de la production de matières fertilisantes

(Hoxha A., Fertilizers Europe)

Leviers agronomiques pour améliorer l'autonomie en azote à l'échelle des exploitations agricoles

(Pellerin S., INRAe)

TABLE RONDE

Echelle de l'exploitation : Optimisation de la fertilisation azotée à l'échelle des systèmes de cultures dans un contexte économique tendu ?

(Olou A., Arvalis)

Optimisation de la technique d'épandage centrifuge, un gain d'efficacité des engrais

(Nourry S., Sky Agriculture)

PRÉSENTATION RÉSUMÉE DES POSTERS

SESSION 1

Les marchés des matières fertilisantes dans un contexte international marqué par des crises



Présidée par **Jacques Fourmanoir**

Vice-Président Unifa
Union des Industries de la Fertilisation



Ingénieur de l'Ecole Supérieure des Agricultures d'Angers et titulaire d'un MBA de l'EDHEC (Lille),

Jacques Fourmanoir vit avec passion depuis plus de 37 ans chez Timac Agro. Il y a goûté des responsabilités commerciales en France, au Canada, en Belgique, en Suisse et aux Pays-Bas.

Il a rejoint le Comité de Direction de Timac Agro France, en qualité de Directeur Agrofourniture, il y a un peu plus de 10 ans pour diriger le réseau commercial nord et l'usine de granulation d'engrais du Tréport.

Jacques Fourmanoir est engagé depuis plus de 6 ans à l'Unifa (Union des Industries de la Fertilisation), comme Président de la section des Engrais simples et composés et est administrateur de SOVEEA (Société de valorisation des éco-actions des engrais et amendements).

Depuis juin 2023, il a accepté l'honneur de la Vice-Présidence de l'organisation professionnelle Unifa qui représente les industries de la nutrition des plantes et de la santé des sols.

" Le Comifer est une structure indispensable dans la réflexion scientifique et technique, le débat et le partage des connaissances autour de la fertilisation raisonnée.

L'UNIFA, l'Union des industries de la fertilisation dont j'assume la Vice-Présidence aux côtés de notre présidente, Delphine Guey, en est l'un des membres fondateurs car cette culture de la connaissance et du débat est essentielle dans un monde de plus en plus complexe, où les antagonismes et la confrontation prévalent sur la science et la mise en commun de solutions au service de l'ensemble de la filière agricole. Depuis deux ans, la disponibilité et le prix des engrais ont suscité de nombreuses questions et parfois angoisses à la veille des campagnes de semis.

Le Comifer et le Gemas nous proposent des clefs de compréhension sur la situation du marché des engrais non seulement au niveau français, européen, mais aussi mondial. Cette première séquence de travail permettra de faire le point sur les attentes de la filière agricole, mais aussi sur l'ensemble des solutions mobilisables associées. "

Jacques Fourmanoir

Jacques.Fourmanoir@roullier.com

<https://www.unifa.fr>



PANORAMA DU MARCHÉ DES MATIÈRES FERTILISANTES

Public Summary Medium-Term Fertilizer Outlook / 2023-2027

IFA Market Intelligence Service

This report is a summary of IFA's Medium-Term Outlook, prepared by the Market Intelligence Service to accompany IFA's Medium-Term Outlook Presentation, which is available to IFA members.

This report is authored by:

- Laura Cross, Director
- Armelle Gruère, Program Manager – Demand

With contributions from:

- José de Sousa, Program Manager – Supply
- Hanna Chtioui, Phosphate and Potash Market Analyst
- Etienne Achard, Fertilizer Market Analyst
- Grace Chilande, Fertilizer Demand Analyst
- Sylvie Marcel-Monnier, Project Coordinator

Notes and definitions:

□ All volume data presented in this report is expressed in nutrient metric tonnes unless stated otherwise. Nutrient tonnes reflect the N, P₂O₅ and K₂O content of nitrogen, phosphate and potash fertilizers respectively, rather than the physical weight of the product being used (product tonnes).

□ The terms nitrogen, phosphate and potash are used to denote groups of nutrient-bearing fertilizers which are produced and traded globally. The terms nitrogen, phosphorous and potassium refer to the nutrients required by plants.

□ Annual periods refer to the calendar year unless stated otherwise, and when FY precedes a year, it refers to the Fertilizer Year. The reference period used to report fertilizer consumption varies depending on the country. Countries report fertilizer consumption statistics in 12-month periods that start either in January or in another month.

□ In this report, "fertilizer year" (FY) refers to all 12-month periods. FY 2022 refers to the year starting in January 2022 for most countries in Latin America, Africa, East and Southeast Asia and EECA. For other regions including North America, WCE and South Asia, FY 2022 started in Q2 or mid-2022 and will end in Q2 or mid-2023. Fertilizer years do not always match crop marketing years used to report statistics on crop area, yield and production.

Disclaimer of Liability for IFA Reports/Presentations

IFA endeavors to base its reports and presentations on accurate information, to the extent reasonably possible under the circumstances. However, neither IFA nor its members warrant or guarantee any information IFA publishes or presents, and they disclaim any liability for any consequences, direct or indirect, arising from the use of or reliance upon IFA publications or presentations by any person at any time.

BACKDROP TO THE FERTILIZER OUTLOOK

More than a year has now passed since the onset of the war in Ukraine. In that time, the world faced the prospect of a fertilizer supply shortage, and prices reached record highs in Q2 2022. As a result, an unprecedented focus was placed on the importance of fertilizers and the crucial role they play in feeding the world.

Despite the challenges associated with sanctions, high raw material costs and export restrictions, global fertilizer supply was better in 2022 than the pessimistic case of the three scenarios presented by IFA in [May 2022](#).

A number of factors facilitated this better-than-expected supply situation:

- Governments clarified that the flow of food and fertilizer exports from Russia should not be impacted by sanctions.
- Trade was facilitated by governments, NGOs and industry, who stepped in to support fertilizer supply chains.
- New trade partners emerged, particularly in economies with low exposure to the US dollar.
- Raw material prices declined as energy markets adjusted to reduced reliance on Russian supply.

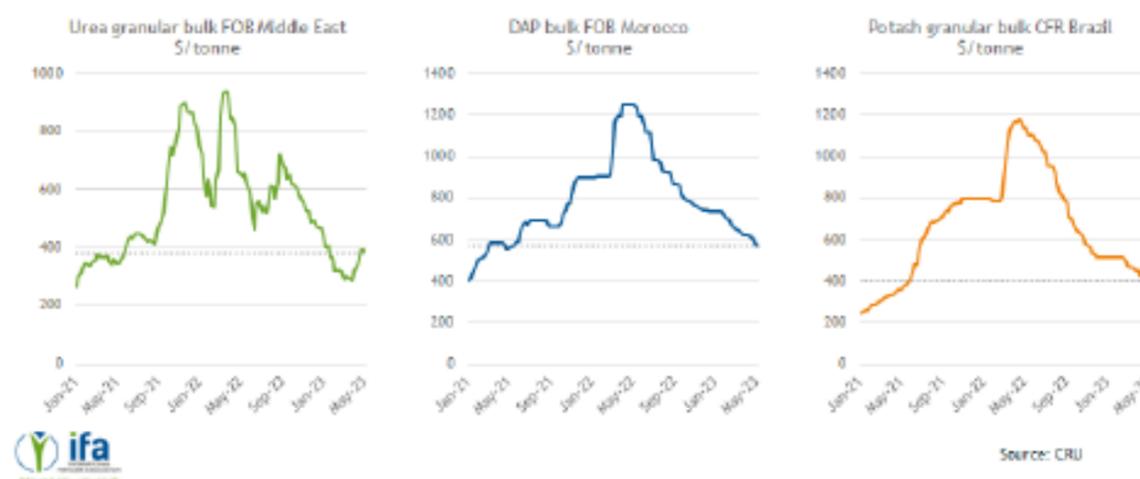
Fertilizer prices have declined from the peaks of Q2 2022, improving affordability for many farmers. However, the impacts of poor affordability were still felt throughout 2022, with many buyers deciding to delay or skip fertilizer applications.

Furthermore, the world has entered a high interest rate environment in efforts to curb inflation, which has placed an additional financial burden on fertilizer buyers. Several emerging economies have seen their currencies depreciate against the US dollar, which in the most extreme cases has more than offset the decline in international fertilizer prices. Smallholder and subsistence farmers remain more exposed to input costs, as they lack the end market and credit facilities that benefit commercial farmers' ability to pay for inputs.

In the short term, uncertainties remain in the fertilizer supply chain, namely the fate of the Black Sea Grain Initiative, potash exports from Belarus, and energy price developments in H2 2023. Affordability continues to rank highly as a driving factor behind fertilizer use although other agricultural fundamentals are expected to reappear as major drivers in the coming years, and will be underpinned by the balance between food security and environmental protection.

This report outlines recent developments in global supply and demand of fertilizers, and presents IFA's five-year outlook.]

Fertilizer prices have fallen from their Q2 2022 peaks



SUPPLY FORECAST

As described above, fertilizer supply was better than initially expected in 2022, however it was by no means plain sailing. One product in particular, potash, saw significantly lower global production, and for nitrogen several regions saw lower output, which was offset by higher production elsewhere.

Global ammonia production is estimated to have declined by 1% to 182.2 Mt in 2022, while phosphoric acid production is estimated to have increased by 2% to 84.8 Mt after a challenging 2021. Global potassium chloride production is estimated to have declined by 15% to 62.1 Mt compared to 2021. However, 2020 and 2021 were peak years for potash supply, and when comparing to 2019 levels, production in 2022 was 6% lower.

Rerouting of trade: Russia leans to the Baltic

Contrary to initial concerns, fertilizer export supply from Russia continued throughout 2022. This is in part due to buyers being reassured over any sanctions risk, as well as a rerouting of trade to countries with less concern over US dollar sanctions risks such as Brazil and India. For example, exports of urea and phosphates from Russia to India increased significantly in 2022, as India took advantage of a risk discount on Russian product. Potash exports from Russia were lower in 2022, however this is understood to be driven more by global demand destruction for potash than any logistical barriers.

While Russia has successfully exported larger volumes of dry bulk fertilizers from its Baltic Sea ports, the same cannot be said for ammonia. The transit of ammonia through Ukraine via pipeline was part of the UN Black Sea Grain Initiative, but as of June 2023, it had not been able to restart. Some ammonia is exported via the Baltic Sea, and increased port capacity is being rapidly built at Ust Luga as well as the port of Taman on the Azov Sea which will reduce the reliance on the pipeline once operational.

Rerouting of trade: Belarus exports east

A significant rerouting of trade has also taken place in the supply of potash from Belarus. A fundamental difference in the status of Russia and Belarus is that sanctions on the Belarusian potash sector are explicit, and the national potash producer is a sanctioned entity. This makes the transit of potash from Belarus via EU territory to the Baltic Sea problematic. Instead, exports of Belarusian potash have pivoted to the east, utilising rail networks to China and Russia. In Q1 2023, record volumes were sent from Belarus to China. While it is unlikely that these two routes will fully replace previous Belarusian export volumes, it is understood that rail capacity through Russia is being expanded with the aim of boosting potential routes for Belarus to export potash to the Baltic Sea in the future.

European nitrogen production hit by gas woes

Europe is a key region in the global nitrogen market because of its role as the marginal cost producer and the influence it has on international price levels. Natural gas costs in Europe have fallen from their record highs in Q3 2022, as the region successfully built up gas inventories in H1 2023. Despite this, some nitrogen plants in Europe continue to operate below full capacity, as lower nitrogen prices have made production uneconomic once again. Some fertilizer producers in Europe have gone one step further and permanently closed capacity based on the long-term outlook, with a noteworthy example being BASF in Germany.

Uncertainties also remain over the outlook for gas prices in Europe in winter 2023, which will determine the economic viability of local nitrogen producers.

Capacity forecasts: the investment cycle is changing

IFA's forecasts of capability (the measure of theoretical supply based on typical maximum operating rates) begin with announced capacity increases. The fertilizer capacity investment cycle has changed in two main ways in the last year. The first is that lower fertilizer prices have weakened the investment case to fund new



capacity, and the second is that the industry is becoming more sustainable, underpinned by the energy transition, which raises project costs.

The main drivers of nitrogen capacity growth are centered in low-cost regions, namely Russia where natural gas-based projects are already under construction, and the US where tax incentives have dramatically improved the economics of investing in blue ammonia (when CO₂ emissions are offset using carbon capture and storage).

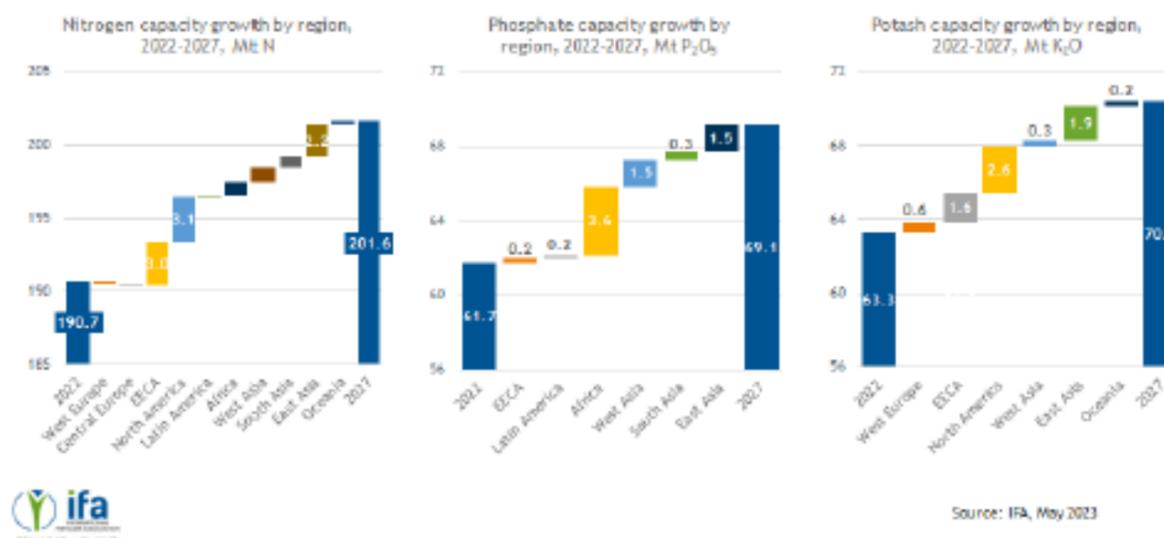
IFA includes 3.5 Mt of green ammonia (produced using carbon-free renewable energy) projects in its five-year forecast, and a much larger volume of prospective green ammonia capacity is under

consideration given its vast potential as a sustainable source of nitrogen as well as adjacent energy market opportunities as a hydrogen carrier.

Phosphate capacity growth is forecast to remain focused in regions with existing production hubs, namely Africa and West Asia. Project activity elsewhere is limited due to a low investment incentive in the current market.

Potash capacity growth is forecast to manifest in long-running projects being developed by new entrants, primarily in Canada and Laos, as well as existing mine development expected to ramp up in Russia in the next five years.

Fertilizer capacity expansions are centred in low-cost regions



Capability will be determined by the pace of recovery in Russia and Belarus, and changing economics elsewhere

Global nitrogen capability is forecast to increase from 156.9 Mt N in 2022, to 170.7 Mt N in 2027, a 9% growth rate. The key contributors to this growth will be Russia, where a rebound in capability is expected as a result of the continued pivot towards the Baltic Sea, including for ammonia, as well as new capacity expansions that are already under construction.

Growth in nitrogen capability will be offset by a lower baseline of output in Europe due to capacity closures on economic grounds.

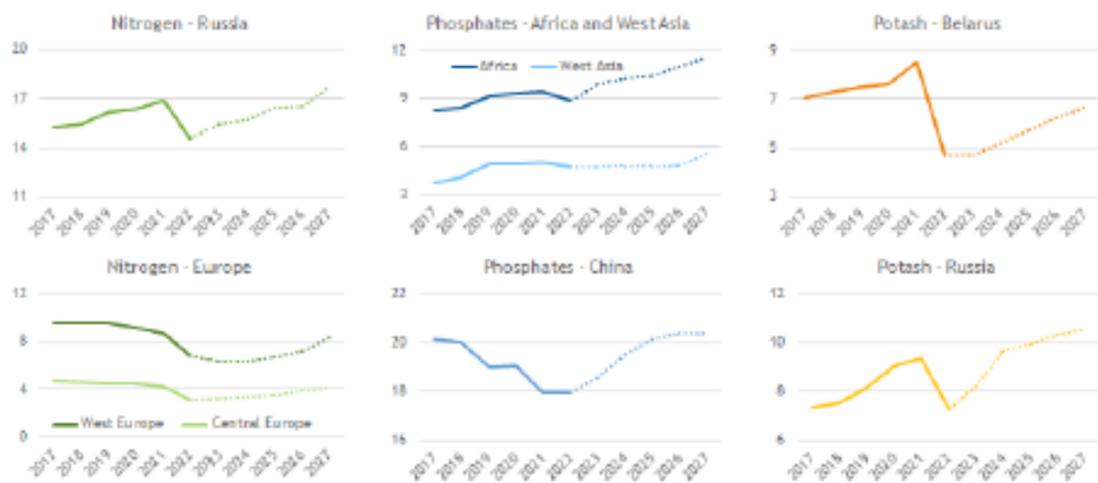
Phosphate capability is forecast to increase from 51.3 Mt P₂O₅ in 2022, to 57.7 Mt P₂O₅ in 2027, a 12% growth rate. This is primarily driven by capacity expansions by existing producers in Africa and West Asia, as well as by a rebound in Chinese capability after several years of operational challenges.



Potash capability is forecast to increase from 46.7 Mt K₂O in 2022, to 54.6 Mt K₂O in 2027, a 17% growth rate. This forecast is dependent on the ability of Belarus to increase alternative

routes to market, assuming that barriers to exporting via Lithuania remain in place over the medium-term.

Key capability forecast assumptions



Source: IFA, May 2023. Capability defined as potential supply based on capacity forecast and typical maximum operating rates

FERTILIZER CONSUMPTION FORECAST

IFA's traditional methodology to prepare global fertilizer demand outlooks is based on a survey of ~50 country experts, representing around 90% of global fertilizer use. The results of this survey are complemented with agricultural and trade data, as well as the latest market information.

In May 2022, IFA developed a new forecasting methodology in response to the start of the war in Ukraine, to reflect that short-term fertilizer use was likely to be more heavily dictated by the availability of fertilizers, with less emphasis on underlying crop forecasts and agronomic considerations. Three forecast scenarios were prepared, reflecting the significant uncertainty in how market conditions could evolve.

While the war in Ukraine and its related uncertainty continued as of May 2023, the fertilizer supply situation was more stable than in the first half of 2022, and medium-term fertilizer demand drivers have reverted to

underlying agricultural fundamentals. As a result, the survey-based methodology has been applied to this outlook.

Poor affordability drove global fertilizer consumption down between FY 2020 and FY 2022

In late 2022, surveyed country correspondents ranked fertilizer prices and crop prices as the most important drivers of fertilizer consumption between Fertilizer Year (FY) 2021 and FY 2023, in every region of the world. Other key factors followed, including government support to farmers, weather, energy prices, fertilizer availability, exchange rates, the economic situation of the country, its political situation, and environmental regulations.

Between Q2 2021 and Q2 2022 fertilizer prices rose to levels not experienced since 2008. Crop prices also increased in the same period, but generally not as much as fertilizer prices. As a result, the cost of fertilizers relative to crop prices surged, affecting farmers' prospective returns.

Fertilizer prices have since declined due to better-than-expected supply for nitrogen (N) and phosphorous (P), demand destruction for P and potash (K) due to delayed or skipped purchases, and declining gas prices. However, as of May 2023 the relative cost of fertilizers compared to crop prices remained higher than in 2020.

Lower fertilizer affordability is the main factor behind the contraction in fertilizer consumption around the world between FY 2020 and FY 2022. Globally, fertilizer use decreased by close to 3% in FY 2021, reaching 194.7 Mt, and by close to 5% in FY 2022, reaching 185.1 Mt. Altogether, global fertilizer use was in FY 2022 15 Mt lower than the record level of 200.2 Mt reached in FY 2020.

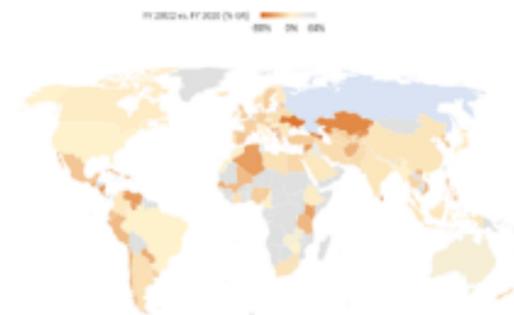
The contraction in fertilizer use in FY 2021 and FY 2022 combined is estimated at 7.6%, close to the 8.4% drop of FY 2008. While the primary factor driving fertilizer use down at that time was poor fertilizer affordability, in FY 2021-FY 2022 a secondary factor related to disruptions in K supply arose. Similar to the 2008 situation, demand destruction was greater for K than for P, and greater for P than for N. K consumption dropped by 12% in FY 2022 vs. FY 2020, compared to 9% for P and 5% for N. These

differentiated declines by nutrient reflect the importance of N for crop yields, as well as the soil capacity to retain P and K. Farmers are more likely to skip P and K applications than N applications, particularly if applications of P and K have been adequate in previous years.

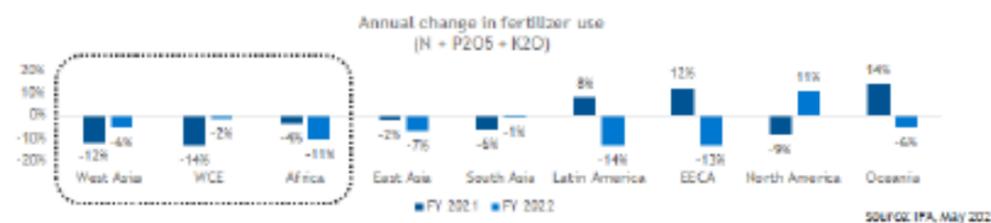
In absolute terms, East Asia and South Asia led the global decrease in the two-year period, accounting for almost 60% of the reduction. In South Asia, fertilizer use in India declined significantly in FY 2021, while it dropped in FY 2022 in Pakistan due to severe flooding. In East Asia, declines in fertilizer use took place not only in China but also in oil palm and rice producing countries.

In relative terms, three regions reduced their fertilizer use by at least 10% over the two years: West Asia (-17%), West and Central Europe (-15%) and Africa (-14%). Turkey led the consumption fall in West Asia as a severe weakening of the Lira aggravated the fertilizer inflation. In WCE, fertilizer use suffered from both the higher prices and the 2022 drought. In Africa, where farmers are very sensitive to higher fertilizer prices, K consumption dropped by almost half (44%), significantly more than in other regions.

Many countries decreased their fertilizer use between FY 2020 and FY 2022



- In absolute terms, East Asia and South Asia were the largest contributors to the global decline
- In relative terms, 3 regions declined by at least 10% over two years: West Asia, WCE and Africa



Global fertilizer use is expected to recover partially in FY 2023

In FY 2023, consumption of fertilizers worldwide is expected to recover by 4% to 192.5 Mt, right above the FY 2019 level of 191.8 Mt. N use is expected to recover by 3% to 109 Mt; and P and K by 5% each to 46 and 37 Mt respectively. Consumption of all three nutrients is forecast to return to or exceed their FY 2019 levels but remain below the record FY 2020 levels.

With cereals accounting for over half of global fertilizer use, the smaller demand for mineral nutrients in FY 2021 and FY 2022 partly reflected a contraction of cereal area. Global cereal area contracted by 1.5% in crop marketing year 2022/23, driven by maize (-3.4%). Some of this maize area was switched to other crops such as soybeans, which require lower amounts of nutrients. In crop marketing year 2023/24, global cereal area is expected to recover slightly, led by a rebound in maize.

At the regional level, South Asia and Latin America are forecast to lead the recovery in global fertilizer use in FY 2023, accounting for almost 60% of the total gain. In South Asia, N consumption is expected to rise by 5% to a record level of 27 Mt; P consumption is forecast to recover partially to 10.7 Mt (+9%); and K to grow from 2.2 Mt, the lowest level in 19 years, to 2.5 Mt (+12%), still the second lowest level in 20 years. Pakistan's use is forecast to recover by 10% following the 2022 floodings.

In Latin America, fertilizer consumption is expected to increase by 7% after a 14% fall, to reach 27.6 Mt, close to the FY 2020 level of 27.7 Mt. In particular, fertilizer use in Argentina could recover from a severe drought caused by La Niña.

In relative terms, West Asia is expected to experience the largest recovery in fertilizer use in FY 2023 (+13%) after suffering the largest drop between FY 2020 and FY 2022 (-17%). WCE and Africa, which also saw significantly lower fertilizer use in FY 2020-FY 2022, are not expected to recover as quickly. Fertilizer use is forecast to rebound by 5% in WCE, and 3% in Africa. In EECA, a partial recovery in Ukraine

fertilizer use could be offset by a reduction in Russia after a record year: winter wheat area contracted due to heavy rains at planting time and winter losses.

Early 2023 is coinciding with the end of three successive La Niña events. La Niña brought rains to Australia, southern Africa, and Southeast Asia, but severe droughts to the southern part of Latin America (particularly Argentina). An El Niño event is likely to start in the second part of 2023. The transition from La Niña to El Niño could bring dryness to large fertilizer consuming regions such as the northern part of Latin America, the southern part of Africa, Southeast Asia and Australia. El Niño could also bring rains to Argentina and other countries that endured La Niña-related droughts in recent years.

After being the top concern for three years, affordability will be one of many drivers of fertilizer consumption in the medium-term

A survey of IFA's country correspondents was conducted in Q2 2023, asking them to rate various factors depending on their expected influence on fertilizer use between FY 2024 and FY 2027. The results of the survey indicate that, according to IFA correspondents, fertilizer affordability remains the top driving factor over the medium-term. But other factors have gained in importance compared to the short-term view: climate change and/or water availability, the international geopolitical situation, government regulations, government support to farmers and/or national food security, the national economic situation, new fertilizer products and/or new technologies on the farm and/or changes in farming practices, and fertilizer availability.

Government regulations on fertilizer use

Nitrogen is the typical targeted nutrient in government regulations, due to concerns about the impact of N losses to the environment. Only a few countries have implemented regulations so far, but for these countries, the effects on N consumption are visible. Three such cases are described below: China, the European Union and New Zealand.



In 2015 the Chinese government launched the Action Plan for the Zero Increase of Fertilizer Use, which targeted the achievement of zero growth in fertilizer and pesticide use by 2020. This objective was achieved quicker than expected, and even exceeded: fertilizer use in China fell by 15% between FY 2015 and FY 2020 (N by 19%), with an annual average decline of 3% (N by 4%). In September 2021, the 14th Five-Year National Agriculture Green Development Plan 2021-25 raised the objective to a reduction in the use of fertilizers as well as an increase in application efficiency. In addition, the 14th five-year plan (2021-25) on Advancing Agriculture and Rural Modernization states that the utilization of animal manure must reach at least 80% in 2025. Between FY 2020 and FY 2022, fertilizer (including N) use decreased by another 7%.

In the European Union (EU), the German Fertilizer Ordinance was revised in both 2017 and 2020, bringing stricter rules for N application in Germany. Germany's N use decreased by 12% between FY 2016 and FY 2019, accounting for almost half of the decline in EU N consumption. Since February 2020, German farmers have not been permitted to apply urea without combining it with urease inhibitor or incorporating it into the soil within four hours. N use fell by a further 8% in Germany in FY 2020. In the Netherlands, a significant reduction in N pollution is targeted by the government by 2030, which should bring N mineral use down.

For the EU as a whole, the Farm to Fork strategy (part of the Green Deal) aims by 2030 to decrease fertilizer use by at least 20% and to reduce nutrient losses by at least 50%. Discussions are ongoing. In any case, the latest EU 10-year agricultural outlook, published in December 2022, forecasts for the period 2022-2032 a slowing of crop yield growth and stagnation in agricultural production, for several reasons including climate change and weather-related events, lower use of plant protection products and synthetic fertilizers, limited access to gene-editing and slowdown of genetic improvements.

Nitrogen cap rules were implemented starting in July 2021 in New Zealand. These cap rules impose a maximum of 190 kg of synthetic N per ha and per year. As a result, N use decreased by 6% in FY 2020, then declined further in FY 2021 and FY 2022 but the most recent declines are caused by the increased fertilizer prices. N consumption in New Zealand is expected to stabilize starting in FY 2023.

Many countries have declared in their Nationally Determined Contributions (NDC) their intention to decrease fertilizer use and increase nutrient use efficiency (NUE), but without implementing measures yet. No new measures were assumed to be implemented before the end of the medium-term outlook period.

Government support to farmers

A significant portion of global fertilizer use takes place in countries where the government supports fertilizer purchases by farmers. The largest consuming country where such support exists is India, which accounts for 15% of global fertilizer use and 80% of fertilizer use in South Asia.

In India, the main fertilizer support measure targets urea, the most used product. The Maximum Retail Price (MRP) for urea is fixed at Rs. 242 per 45 kg bag and Rs. 268 per 50 kg bag. The MRP for urea was kept stable for many years and was not raised in 2022 despite the surge in international prices. As a result, in mid-2022 the urea MRP was about ten times lower than international urea prices. Phosphorous and potash do not have a MRP but benefit from Nutrient Based Subsidies (NBS) that are adjusted every year by the government. NBS rates for P were revised upwards in FY 2021 and FY 2022, and NBS rates for K were revised upwards in FY 2022 but this did not prevent a price increase at the farm gate. In addition, the NBS for P were raised significantly more than for K. As a result, K consumption in India contracted significantly more than consumption of P and N between FY 2020 and FY 2022 and is not expected to recover completely by the end of the outlook period.



War in Ukraine

Trends in Russia and Ukraine, the top two markets in EECA, are expected to be contrasted over the medium-term.

Russia consumed a record volume of 5.8 Mt of fertilizers in FY 2022, owing to a record wheat harvest. However, fertilizer use is expected to grow more slowly over the medium-term. Russian farmers are facing reduced returns due to accumulated inventories, shortage of storage and logistics, and difficulties to export due to economic sanctions. In addition, Russian farmers fear shortages of imported seeds and machinery over the medium-term. These factors could limit growth in agricultural production in Russia over the next few years.

In Ukraine, fertilizer use collapsed in FY 2022, falling by 70%. A partial recuperation is expected in FY 2023. Recovery is expected to continue over the medium-term outlook period, but this assumption carries significant uncertainty as the war is still going on. The assumption of progressive recovery in fertilizer use in Ukraine drives fertilizer use in EECA between FY 2024 and FY 2027.

Climate change

Many correspondents ranked climate change or increasing dryness as top factors expected to influence fertilizer use over the medium-term.

Dry conditions affect agricultural production and therefore fertilizer use, but their impact is mostly visible during severe droughts. For example, in WCE the 2022 drought, combined with higher fertilizer prices, had a strong impact on fertilizer use: it fell by 16% in FY 2021. The frequency of droughts has tended to increase in Europe, particularly in the southern regions, over the last decades. Unfortunately, drought conditions are not abating: as of May 2023, Spain, Portugal, and the south of France were already in drought conditions.

In the Southern Hemisphere, agricultural production and fertilizer use are significantly influenced by the El Niño and La Niña events. A rare "triple-dip" La Niña, from late 2020 to

early 2023, brought good rains to Australia and boosted agricultural production and fertilizer use in FY 2020, FY 2021 and FY 2022, lifting Oceania's fertilizer use over this period. However, the upcoming El Niño event is expected to drive FY 2024 fertilizer consumption down in Australia, and therefore Oceania.

Climate change also brings more frequent floods in some places. For instance, Pakistan experienced severe flood in 2022, which negatively affected agricultural production and fertilizer use, down by 12% in FY 2021.

Progressively drier conditions and the upcoming El Niño event have been considered by country correspondents in their contributions to this medium-term outlook. However, it is impossible to forecast severe droughts or floods.

Efficiency in the use of fertilizers will continue to improve

As some regions are getting drier, the use of irrigation is growing, as is the use of Water-Soluble Fertilizers (WSF). This trend is visible in IFA's recent assessment of consumption of Special Products. The use of other types of Special Products, such as Controlled Released Fertilizers and Stabilized Nitrogen Fertilizers, is also growing, driven by various factors including environmental regulations.

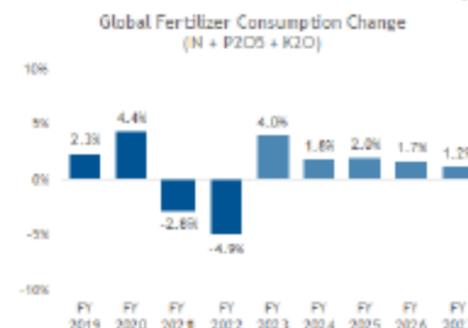
Global Nutrient Use Efficiency (NUE) has improved significantly since the 1990s, as indicated in a new dataset released in November 2022 and prepared by a working group gathering experts in FAO, IFA and several universities. The NUE for N is calculated as the ratio of N outputs over N inputs, taking into account in the N inputs not only mineral fertilizers but also manure applied to soils, biological fixation, and atmospheric deposition. This trend of increasing NUE is expected to continue over the next years, and maybe even accelerate as new products and new technologies become available. Improved efficiency of fertilizers and other nutrient inputs could affect the rate of growth in global fertilizer use.

Between FY 2024 and FY 2027, degressive annual global growth is expected

Globally, growth in fertilizer use is expected to slow over the medium-term, from 4% in FY 2023 (partial recovery) to 1.2% in FY 2027. Moreover,

slowing growth is expected not only for N but also for P and K. By FY 2027, N consumption is expected to reach 115 Mt, 9.4 Mt or 9% more than in FY 2022; P consumption 50.2 Mt, 6 Mt or 14% more than in FY 2022; and K consumption 40.6 Mt, 5.1 Mt or 14% more than in FY 2022.

Fertilizer affordability is forecast to remain driven by affordability throughout the medium-term, and other factors will begin to play a larger role



South Asia and Latin America are forecast to contribute 40% to the growth in global fertilizer use between FY 2024 and FY 2027. Other large contributing regions include EECA, Africa and East Asia. However, the top contributing regions are not expected to be the fastest growing markets: Africa is expected to grow by 17% between FY 2024 and FY 2027, followed by EECA (13%) and West Asia (10%).

Between FY 2024 and FY 2027, regional fertilizer markets can be classified in five types:

1. Driving markets: South Asia and Latin America, with top contributions and comfortable growth rates (5% to 7% between FY 2024 and FY 2027).
2. Mature markets: East Asia, North America and WCE, with average contributions to global growth and low growth rates (2% to 4%). Fertilizer consumption in East Asia is expected to

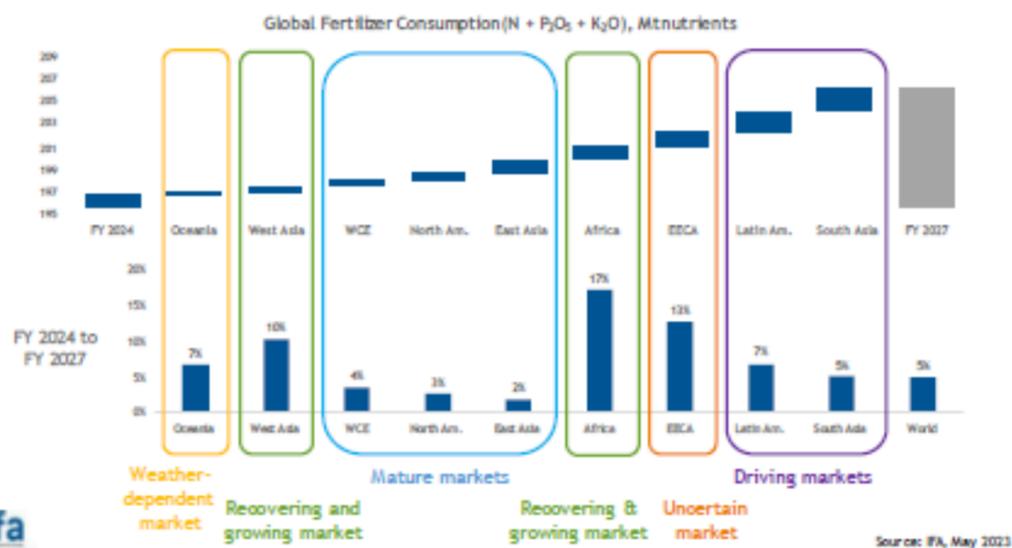
be driven by countries other than China in this period.

3. Weather-dependent market: Oceania, which would grow by 7% over the three years, from an El Niño -affected basis in FY 2024.
4. Recovering and growing markets: Africa (+17%) and West Asia (+10%)
5. Uncertain market: EECA, which would grow by 13% based on an assumed gradual recovery in agricultural production and fertilizer use.

The mix of largest contributing regions depends on the nutrient. EECA, Latin America, South Asia and Africa account for 67% of the growth in world N use between FY 2024 and FY 2027. South Asia, Latin America and Africa account for 65% of growth in global P₂O₅ use growth. Latin America, South Asia and East Asia account for 68% of growth in world K₂O use.



South Asia and Latin America remain the main drivers of global fertilizer use over the medium-term



Demand on track to recover but more complex drivers emerge in the medium-term

After a two-year contraction, driven by reduced fertilizer affordability, global fertilizer use is expected to partially recover in FY 2023. Slowing annual global growth is expected after FY 2023. Affordability will remain the top driver in the medium-term, but other factors are expected to rise in importance.

South Asia and Latin America are the largest drivers of global fertilizer use both in the short-

and medium-term forecast. After a muted recovery in 2023, Africa is expected to be the fastest growing market over the medium-term.

Next to the usual uncertainties surrounding such outlook, the evolving situation in Ukraine represents the highest downward risk: the outlook assumes a progressive recovery in fertilizer use over the medium-term, but any deviation from this trend would affect not only the fertilizer consumption outlook in Ukraine, but also in EECA and in the world.

ifa
INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION
Helping to feed the world sustainably

CONTACT
INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION

49 avenue d'Iéna, 75116 Paris, France | info@fertilizer.org | www.fertilizer.org | T: +33 1 53 93 05 00

international-fertilizer-association-ifa | @fertilizernews | IFAfertilizers

LES IMPACTS SUR LES PRODUCTIONS AGRICOLES ET LES RISQUES SUR LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Fabien Santini – Unité E1 - Gouvernance des marchés agro-alimentaires – Commission européenne – DG AGRI

L'année dernière a été marquée par une crise énergétique sans précédent et entraîné, entre autres, la flambée des prix des engrais et plus généralement, des coûts de production agricoles.

Ce choc a influé sur les décisions des agriculteurs en matière d'achat d'intrants, de semis et de production. Il a également eu un impact sur les prix des denrées alimentaires, soulevant des inquiétudes concernant la sécurité alimentaire dans l'Union européenne.

La Commission a souligné l'importance des engrais pour la sécurité alimentaire dans ses communications de Mars 2022 (sécurité alimentaire) et Novembre 2022 (Garantir la disponibilité et le caractère abordable des engrais), qui ont formé le cadre pour des soutiens financiers européens et nationaux exceptionnels au cours des deux dernières années en faveur des agriculteurs confrontés à la hausse de leurs coûts de production.

L'une des mesures a consisté à établir l'observatoire européen du marché des engrais afin de mieux suivre l'évolution des marchés ainsi que des décisions de la part des agriculteurs. Cet observatoire vise à renforcer la transparence des marchés des engrais et produits fertilisants, tant du point de l'offre que du point de la demande des agriculteurs, afin d'aider les opérateurs économiques à mieux calibrer leurs décisions de production et d'investissement et aux pouvoirs publics d'adapter leurs décisions politiques aux conditions économiques.

Sur le moyen et le long terme, la dimension fertilisation de l'agriculture européenne est un des éléments à prendre en compte pour assurer la durabilité de notre système alimentaire. L'industrie des engrais dans l'Europe reste un secteur important pour le renforcement de la souveraineté alimentaire en Europe et en France, mais elle dépend des importations de gaz naturel ainsi que des importations de phosphates et de potasse. De plus, l'objectif stratégique de l'UE reste celui d'une transition vers un système alimentaire durable défini par la stratégie « De la ferme à la table ». Cette dernière fixe entre autres un objectif de réduction de perte des nutriments de 50% à l'horizon 2030, afin que les cycles des principaux nutriments reviennent dans les limites de la planète (« planet boundaries »). Plus généralement l'UE s'est engagée à réduire ses émissions nettes de gaz à effet de serre d'au moins 55 % d'ici 2030, pour arriver à la neutralité carbone en 2050.

La communication « engrais » de novembre 2022 indique clairement trois leviers d'action dans le cadre de la politique agricole commune en particulier :

- Le soutien aux pratiques agronomiques permettant d'améliorer la gestion des nutriments, que ce soit par des interventions spécifiques ou des pratiques plus générales ayant un aspect bénéfique sur l'efficacité de l'utilisation des nutriments (agro écologie, agriculture biologique, rotations culturales intégrant des légumineuses, agriculture de précision) ;
- Le développement du recyclage des nutriments : la compétitivité et la performance environnementale de l'Union peuvent être renforcées en réduisant la dépendance à l'égard des engrais minéraux et des matières premières importés en déployant et en développant des produits issus de l'économie circulaire, par exemple le recyclage des nutriments provenant des eaux usées, les biodéchets ménagers et de l'agriculture, en particulier l'élevage. Dans ce contexte, le règlement établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE (FPR) tel que révisé en juillet 2022 a ouvert le marché unique aux produits fertilisants organiques.
- Une mise à l'échelle rapide de l'ammoniac vert, produit avec des énergies renouvelables. Ces produits souffrent encore d'un écart de coût de production par rapport aux produits issus d'énergie fossile. La Commission a annoncé des mesures en la matière dans le « Règlement pour une industrie « zéro net ». Concernant la compétitivité des engrais verts vis-à-vis de certains pays tiers, l'application intégrale du mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (CBAM) une fois qu'elle sera pleinement en place à partir de 2026, jouera un rôle important.



LEVIERS TECHNOLOGIQUES POUR UNE RELOCALISATION ET DÉCARBONATION DE LA PRODUCTION DE MATIÈRES FERTILISANTES

Antoine Hoxha – Directeur général - Fertilizers Europe

Fertilizers Europe represents the majority of fertilizer producers in Europe and is recognized as the dedicated industry source of information on mineral fertilizers.

The association communicates with a wide variety of institutions, legislators, stakeholders and members of the public who seek information on fertilizer technology and topics relating to today's agricultural, environmental and economic challenges.

<https://www.fertilizerseurope.com/>



LEVIERS AGRONOMIQUES POUR AMÉLIORER L'AUTONOMIE EN AZOTE À L'ÉCHELLE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES

Sylvain PELLERIN, INRAE

UMR 1391 ISPA "Interactions Sol-Plante-Atmosphère", Centre INRAE de Bordeaux Nouvelle-Aquitaine, 71 Avenue Edouard Bourlaux, CS 20032, 33883 Villenave d'Ornon Cédex, France ; sylvain.pellerin@inrae.fr

L'azote est un élément indispensable à la croissance des plantes, entrant dans la composition des protéines. Certaines formes d'azote sont aussi des polluants, comme l'ion nitrate qui réduit la potabilité de l'eau ou l'ammoniac qui dégrade la qualité de l'air. En France l'usage des engrais azotés a fortement augmenté depuis les années 1950 jusqu'aux années 1990, avec à la clé une augmentation des rendements mais aussi des impacts sur l'environnement. Parallèlement, les enjeux qui ont orienté les recherches conduites sur cet élément ont fortement évolué. Dans les années 1960-1970, l'enjeu était de déterminer les doses optimales à apporter pour que la disponibilité en azote ne limite pas le rendement, dans un contexte où l'objectif prioritaire était de produire. Dans les années 1980-1990 les premières alertes sur l'altération de la potabilité de l'eau par les nitrates et l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques ont fortement orienté le système de Recherche-Développement vers la limitation des pertes d'azote vers l'eau. Dans les années 2000-2010 les problèmes de qualité de l'air liés à la volatilisation ammoniacale puis la mise en évidence de la contribution du protoxyde d'azote (N₂O) aux émissions de gaz à effet de serre ont en partie réorienté les efforts vers la limitation des pertes gazeuses. Le concept de cascade de l'azote (Galloway et al., 2003) a cependant montré les limites d'une stratégie de limitation des fuites ciblée sur certains postes de perte en particulier, et à l'inverse l'intérêt d'une stratégie fondée sur une limitation en amont de l'usage des fertilisants.

Les préoccupations liées à l'autonomie des exploitations agricoles vis-à-vis de la ressource en azote sont plus récentes, sans pour autant avoir été absentes des travaux antérieurs, très orientés sur la limitation des fuites. La crise Covid, et plus récemment la guerre en Ukraine, ont remis à l'ordre du jour les préoccupations d'autonomie et de souveraineté alimentaire. Du fait de l'usage d'engrais azotés, l'agriculture française est vulnérable à ce qui peut affecter la fabrication, la distribution et le prix des engrais azotés, la disponibilité en énergie et en gaz fossile notamment. Dans un article récent, Pinsard et Accatino (2023) ont montré qu'une réduction progressive sur 30 ans de la disponibilité en engrais azoté et en aliments protéiques importés réduirait la production agricole française de 68%, les systèmes les plus spécialisés étant les plus vulnérables à court terme. Ces travaux confirment les conclusions de Barbiéri et al (2021) obtenues à l'échelle mondiale.

Trois grandes catégories de leviers sont mobilisables pour réduire la dépendance aux engrais et accroître l'autonomie des exploitations agricoles vis-à-vis de la ressource en azote :

1. Favoriser l'entrée d'azote par les espèces fixatrices. Ces espèces, parmi lesquelles on trouve plusieurs légumineuses cultivées (pois, féverole, soja, luzerne...), ont la particularité d'héberger dans des nodules fixés à leurs racines des bactéries (rhizobiums) ayant la capacité de réduire le diazote de l'air en ammoniac. L'azote ainsi fixé est ensuite associé à un squelette carboné et transféré vers la plante pour la synthèse des protéines. Ces espèces n'ont pas besoin d'apport d'azote par des engrais, et l'azote fixé peut bénéficier aux cultures suivantes de la succession. En France les surfaces en légumineuses ont diminué depuis les années 1990, et près de 50% des protéines nécessaires à l'alimentation animale sont aujourd'hui importées (soja principalement). Accroître la part des espèces fixatrices d'azote dans les successions est donc un levier mobilisable pour réduire la dépendance aux engrais, améliorer l'autonomie protéique des élevages, et réintroduire de la diversité dans les rotations.

2. Recycler. Les animaux d'élevage rejettent dans leurs effluents une part importante de l'azote qu'ils ingèrent (de l'ordre de 70% pour une vache laitière). A condition d'être bien utilisé, cet azote est aussi efficace que l'azote des engrais minéraux pour satisfaire les besoins de la plante. L'observation des pratiques montre cependant que la fourniture d'azote par les effluents d'élevage est souvent sous-estimée par les agriculteurs, conduisant à des apports d'azote minéral de complément au-delà de ce qui serait nécessaire. Les limites au recyclage sont (i) la ségrégation géographique entre les régions d'élevage et de grande culture, (ii) la variabilité et l'incertitude sur la composition des effluents et (iii) le rapport N/P des effluents d'élevage, généralement plus faible que celui des plantes, ce qui fait qu'une fertilisation organique raisonnée sur N conduit à des apports de P excédentaires.

3. Réduire les pertes. Hormis le diazote gazeux (N₂) très stable les autres formes d'azote, dites réactives, se transforment et/ou se déplacent facilement dans l'environnement. Il en résulte que le cycle de l'azote dans les systèmes agricoles donne lieu à des pertes importantes (lixiviation des nitrates et volatilisation ammoniacale). Le système de recherche-développement a identifié divers leviers pour minimiser ces pertes, parmi lesquels l'ajustement

des apports aux stricts besoins des cultures, le calcul du bilan prévisionnel azoté, le fractionnement des apports, l'enfouissement. Au niveau réglementaire, les cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN), qui soustraient l'azote du sol au risque de lixiviation par immobilisation, ont été rendues obligatoires (sauf dérogation) dans les zones vulnérables nitrates de l'Union Européenne. Des calculs de bilan montrent cependant que les pertes restent importantes, et les indicateurs de qualité des masses d'eau vis-à-vis de leur teneur en azote s'améliorent peu. L'effort de réduction des pertes reste donc d'actualité, à la fois pour limiter les impacts environnementaux et réduire la dépendance aux engrais.

L'objectif de cette communication sera d'explorer les progrès qui ont été faits relativement à ces trois leviers, d'identifier les marges de manœuvre qui subsistent et de repérer les freins à leur mise en œuvre. Les leviers techniques à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation agricole sont travaillés de longue date, mais les progrès des connaissances sur le cycle de l'azote et ses interconnexions avec d'autres enjeux permettent aujourd'hui d'explorer des leviers plus systémiques dans le cadre du système agri-alimentaire global.

BARBIERI, P., PELLERIN, S., SMITH, L., RAMANKUTTY, N., SEUFERT, V., NESME, T. 2021. Global option space of organic agriculture is delimited by nitrogen availability. *Nature Food* 2, 5, 363 DOI10.1038/s43016-021-00276-y

PINSARD, C., ACCATINO F., 2022. European agriculture's robustness to input supply declines: A French case study. *Environmental and Sustainability indicators* 17, 100219 DOI10.1016/j.indic.2022.100219



Sylvain PELLERIN est Directeur de Recherches à l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE). Il a travaillé sur la biodisponibilité du phosphore (P) dans les sols et la modélisation de son prélèvement par le système racinaire des plantes. Ses recherches se sont ensuite élargies à l'étude du cycle du P dans les systèmes agricoles, à plusieurs échelles spatiales emboîtées, de la parcelle au territoire. Ses travaux actuels portent sur les liens entre l'activité agricole et les cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote et du phosphore, aux échelles spatiales larges, jusqu'à l'échelle globale. Il est l'auteur de 110 publications scientifiques dans des journaux internationaux à comité de lecture. Il est chef adjoint du département AgroEcoSystem d'INRAE, et co-animateur d'un grand programme transversal sur l'adaptation de l'agriculture au changement climatique et sa contribution à l'atténuation.



OPTIMISATION DE LA FERTILISATION AZOTÉE A L'ECHELLE DES SYSTEMES DE CULTURE DANS UN CONTEXTE ECONOMIQUE TENDU

Aristide Olou¹, Luc Champolivier², Francesca Degan¹, Vincent Lecomte², François Taulemesse¹, Grégory Véricel¹, Valérie Leveau¹

¹ ARVALIS - Institut du végétal, 3 rue Joseph et Marie Hackin 75016 PARIS

² TERRES INOVIA, 11 Rue de Monceau 75008 PARIS

La volatilité du prix des engrais, les risques de pénurie, comme les préoccupations environnementales et l'évolution de la réglementation, nécessitent une gestion toujours plus poussée de la fertilisation azotée. La recherche de l'efficacité technique reste le point clé, mais l'efficacité économique doit prendre sa place. Les années 2022 et 2023 ont vu les charges d'engrais en moyenne multipliées par deux ou trois pour les grandes cultures, avec des prix des matières premières qui ont aussi augmenté, puis redescendu provoquant pour la récolte 2023 un ciseau des prix. Aujourd'hui, la gestion de la fertilisation se raisonne essentiellement culture par culture, mais la question est posée d'une optimisation annuelle au niveau du système de culture ou de l'exploitation. La présente étude propose une approche méthodologique exploratoire. L'objectif est de déterminer, à l'échelle d'un système de culture composé d'un assolement déterminé, la quantité d'azote à apporter sur chaque culture pour viser un optimum technico-économique global, tout en respectant les normes de qualité des productions. Cette approche inclut également la possibilité d'intégrer une contrainte de disponibilité de l'azote.

La méthode développée s'appuie, pour chaque culture du système, sur deux types de courbes de réponse à l'azote utilisées à des fins d'optimisation : réponse du rendement en grains à l'azote d'une part et réponse de variables associées à la qualité à l'azote pour prendre en compte les aspects qualitatifs de la récolte d'autre part. Les courbes de réponse du rendement à l'azote, ajustées avec des formalismes quadratique ou quadratique plateau, ont été construites pour les principales grandes cultures à partir de données d'essais des instituts techniques (Arvalis et Terres Inovia). Concernant les courbes de réponses de la qualité, la variable ciblée pour les céréales à pailles est le taux de protéines des grains modélisée par une fonction linéaire. Pour les oléagineux, il s'agit du taux d'huile qui est négativement corrélée au rendement.

Au-delà de la réponse moyenne des cultures à l'azote, une grande variabilité des courbes de réponse est observée dans les jeux de données d'entraînement. Afin de gagner en précision et de prédire la réponse à l'azote la plus adaptée à la situation d'une exploitation donnée, une segmentation des courbes de réponse par culture est réalisée sur le critère de la dose d'azote à apporter à l'optimum technique.

A partir des courbes de réponse à l'azote par culture, les instituts agricoles proposent déjà des matrices permettant de déterminer, pour une culture donnée, l'ajustement de dose totale prévisionnelle d'azote permettant d'atteindre un optimum technico-économique caractérisé par la meilleure marge brute « azote » possible. Cette méthode est ici appliquée au système de culture. A l'échelle d'un système de K cultures, le modèle recherche la meilleure répartition de l'azote entre ces K cultures qui permettra de maximiser la marge brute « azote » totale sous contraintes de l'assolement présent et de la quantité d'azote disponible, et en fonction des courbes de réponse à l'azote de chaque culture, de leur prix de vente, de leur surface, du prix de l'azote et de la rémunération de la qualité (grilles de bonus-réfaction appliquées au prix de vente). Les résultats détaillent par culture dose d'azote, rendement, qualité et marge obtenue.

La méthode a été mise en œuvre sur un système de culture en argilo-calcaire moyen de la ferme type ¹ « Champagne berrichonne sec (sans irrigation) » de la Ferme Arvalis. Les résultats obtenus ont une valeur d'illustration et ne doivent en aucun cas être généralisés. Le système de culture comprend du colza, du tournesol, de la lentille, du blé tendre et des orges d'hiver et de printemps. La dose moyenne d'azote apportée sur l'exploitation est de 154 kg N/ha, allant de 0 à 192 kg N/ha selon les cultures. Les rendements utilisés sont les rendements moyens de 2018 à 2021. La ferme type est par construction une ferme dite performante sur le plan technique, l'hypothèse de départ est donc que les cultures sont conduites à l'optimum technique et atteignent les normes en termes de qualité. La quantité d'azote disponible à l'échelle du système est celle historiquement utilisée, à savoir 154 kg N/ha.

Les scénarios de contexte économique se définissent par (i) 3 scénarios sur les prix de vente des cultures (moyenne 2018-2021, 2022, 2023), (ii) 3 scénarios de prix d'achat de l'azote (0.78 €/kg N, 2.0 €/kg N, 2.5 €/kg N), (iii) 1 scénario de quantités d'azote disponibles à l'échelle du système (100 %) (iii) 3 scénarios de rémunération de la qualité (absence de rémunération de la qualité, rémunération de la protéine dans les céréales à paille, et rémunération de la protéine dans les céréales à paille et du taux d'huile dans les oléagineux) selon une grille moyenne. Les scénarios testés permettent d'étudier des ratios entre le prix de vente des cultures et le prix d'achat de l'azote qui évoluent avec par exemple un ratio blé/azote entre 0.8 et 2.4 et un ratio colza/azote entre 1.8 et 5.3.

On observe que quelle que soit la disponibilité de l'azote, ce sont les variations liées aux prix des cultures et de l'azote qui vont entraîner les plus grosses évolutions de marge azote à système constant.

Dans le contexte 2018/2021, l'optimum technico-économique à l'échelle du système de culture proposé par le modèle est très proche de l'optimum technique observé : marge équivalente, intégralité de la dose disponible utilisée et de légers écarts dans la répartition entre cultures sont constatés. Dans le cas du scénario économique le plus défavorable étudié, à savoir pour un prix de l'azote à 2.5 €/kg N, un prix du blé à 210 €/t et de colza à 440 €/t, l'optimum technico-économique est atteint en utilisant environ 80% d'azote dans le scénario où 154 kg N/ha sont disponibles. La marge azote dégagée à l'optimum technico-économique à l'échelle du système est supérieure d'environ +13 à +16 €/ha par rapport à la pratique historique (optimum technique) dans le même contexte économique selon la prise en compte ou non de la rémunération de la protéine. Les doses d'azote par culture (hors lentille) évoluent en baissant de -15 à -51 kg N/ha sans rémunération de la qualité et de 0 à -51 kg N/ha si une rémunération de la qualité des céréales est prise en compte. Les conséquences de cette optimisation sont notamment des baisses de rendement sur les blés, colza et tournesol et de taux de protéines sur les céréales. Concernant les oléagineux, une hausse des teneurs en huile est observée.

Cette méthodologie ouvre des perspectives de gestion de l'azote sur des critères technico-économiques à l'échelle du système de culture. Certains aspects présentent toutefois des perspectives d'amélioration pour lever certaines limites du modèle. Parmi ceux-ci, l'hypothèse forte que les pratiques actuelles de fertilisation correspondent à un optimum technique pourrait être retravaillée pour gagner en précision. De même, une définition plus fine de la pente de réponse du rendement à l'azote des cultures pourrait par exemple être atteinte en tenant compte des interactions avec l'environnement de culture.

La suite de ces travaux pourrait reposer sur un élargissement de l'algorithme pour intégrer une optimisation de l'assolement permettant de maximiser la marge « azote » tout en intégrant certaines contraintes du système.

Mots clés : fertilisation azotée, courbe de réponse, optimum technico-économique, système de culture, pénurie



Aristide Olou

Ingénieur R&D au sein du pôle Economie et Stratégie d'Exploitation d'Arvalis depuis 2020. Je suis titulaire d'un diplôme d'ingénieur agroéconomiste à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès en 2017 et d'un master en économétrie et statistique à l'Ecole d'Economie d'Aix-Marseille en 2019. Mes travaux portent sur l'évaluation ainsi que la gestion de la performance et du risque économique dans les exploitations agricoles.

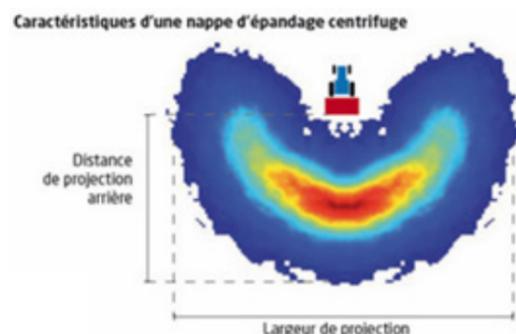
¹ Une ferme type est une exploitation fictive représentative d'un système de production dans un contexte pédoclimatique précis (segment) et caractérisée par une cohérence d'assolement, de rotations et d'itinéraires techniques. Une ferme type est par définition performante.



OPTIMISATION DE LA TECHNIQUE D'ÉPANDAGE CENTRIFUGE, UN GAIN D'EFFICACITÉ DES ENGRAIS

Serge Nourry

Sky Agriculture



Quel est l'impact de la vitesse d'avancement sur la qualité de l'épandage centrifuge ?

Aujourd'hui, la vitesse d'avancement est de plus en plus importante dans l'exécution des travaux dans les champs. Les technologies embarquées sur les tracteurs agricoles permettent des variations fortes de la vitesse d'avancement, et autorisent une adaptation aisée et optimale de la vitesse d'utilisation. Les semis rapides avec des semoirs TCS ou mono-graine sont désormais possibles à des vitesses allant jusqu'à 20km/h.

Le fauchage des graminées à 25Km/h est assez courant aujourd'hui.

L'épandage d'engrais n'échappe pas à cette tendance et bien au contraire, quand le sol est porteur et bien nivelé (exemple : épandage sur blé 3ème apport) les vitesses peuvent aller jusqu'à 25-30km/h.

Ceci nécessite donc de faire évoluer les outils portés et tractés pour absorber ces variations.

Le constat de l'influence de la vitesse de travail sur la qualité de l'épandage a été réalisé lors de travaux menés en collaboration avec INRAE, Institut Agro Dijon et SKY Agriculture.

Ce constat montre une déformation de la nappe vers l'avant et une augmentation des densités en latérales.

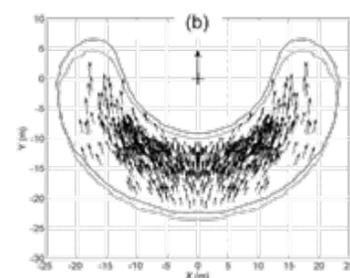


Figure 1 : Vue déformation de la nappe à 20km/h

Le besoin de trouver une compensation s'est avéré nécessaire.

Sky Agriculture propose une solution basée sur la technologie ECONOV (gestion de la largeur par GPS).

Cette solution appelée SPEED CONTROL permet, grâce à la modification dynamique du point de chute de l'engrais sur le disque d'épandage une compensation en continu et inversement proportionnelle à la vitesse d'avancement. Pour l'opérateur c'est totalement transparent, le SPEED CONTROL est actif dès que le GPS est utilisé en mode automatique avec la fonctionnalité ECONOV.

S1 / LES MARCHÉS DES MATIÈRES FERTILISANTES DANS UN CONTEXTE INTERNATIONAL MARQUÉ PAR DES CRISES SUCCESSIVES

Une éco-évaluation du SPEED CONTROL a été réalisée en collaboration avec l'INRAE.

Cette Eco-évaluation montre l'intérêt de la solution proposée.

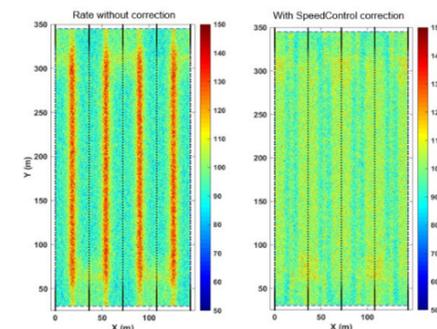


Figure 2 : Vue spatiale des gains

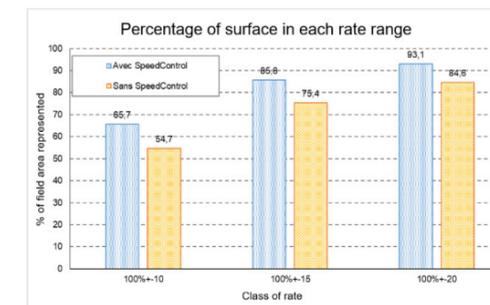


Figure 3 : Apport en % des surfaces bien épandues

Conclusion

La vitesse d'avancement a un effet systématique, prévisible et quantifiable sur l'épandage.

La solution « SPEED CONTROL » mise en place apporte plusieurs avantages à l'utilisateur :

- Impacts agronomiques et environnementaux (rendement, qualité protéine par exemple...)
- Possibilité de travailler avec des vitesses élevées tout en conservant la qualité d'application et le débit de chantier augmenté.
- L'amélioration est d'autant plus importante que la largeur de travail est grande.

Biblio: Study and compensation of the effect of the tractor speed variation on a centrifugal fertilizer spreader / 2021 / SIMA Agritech day/ -Emanuel Piron, Denis Miclet, INRAE-Lionel Léveillé, Gwennvel Arribard, SKY agriculture -Sylvain Villette, Agro Sup Dijon.



Serge Nourry

Chef Produit Fertilisation SKY Agriculture

Avec un cursus en Agroéquipements, il réalise :

- la veille technologique afin d'identifier les tendances, les nouveaux usages et services. Ecouter les acteurs du monde de la fertilisation, écouter les utilisateurs (agriculteurs, ETA, CUMA), comprendre le besoin, identifier les contraintes, analyser les marchés, imaginer et proposer des solutions pour demain.
- l'accompagnement des équipes de vente, avec la réalisation des argumentaires, des supports d'aide à l'utilisation des machines (manuels, tutos, quick start), des formations produits à destination du réseau de revendeurs.

SESSION 2

Maitrise des pertes d'azote et amélioration de son efficience

Identification de pratiques agricoles territorialisées pour réduire les concentrations en nitrates des eaux de surface en Bretagne

(Loyon L., Inrae)

Vers une évaluation multicritères coûts bénéfiques des pratiques de réduction des émissions d'ammoniac au champ: les enseignements du projet PoQA

(Génermont S., Inrae UMR EcoSys Campus Agro Paris Saclay)

Syppe : des systèmes de culture visant la multi-performance, incluant des objectifs prioritaires de réduction de la fertilisation azotée minérale et d'amélioration de la fertilité des sols. Quel bilan après 5 années d'expérimentation ?

(Estienne M., Arvalis)

PRÉSENTATION RÉSUMÉE DES POSTERS

SESSION 2

Maitrise des pertes d'azote et amélioration de son efficience



Présidée par **David Leduc**

Consultant agronomie,
Spécialiste de la fertilisation et de la gestion des sols
Chambre d'agriculture Pays-de-la-Loire



Technicien supérieur de formation, David Leduc débute en 1998 à la Chambre d'agriculture de Seine Maritime en tant qu'opérateur d'expérimentation dans le domaine des grandes cultures.

En 2000, il prend la responsabilité des travaux de recherche sur la fertilisation azotée et ses impacts sur l'environnement. Au fil des années, les thématiques s'étoffent pour couvrir l'ensemble des domaines de la fertilisation, des amendements et du travail du sol. A partir de ses travaux, il établit des outils et des préconisations qu'il transmet directement auprès des producteurs.

A partir de 2003, il adhère au COMIFER et s'implique de plus en plus dans différents groupes de travail nationaux. En 2013, David Leduc rejoint la Chambre d'agriculture de Loire Atlantique (puis est transféré en 2018 à la Chambre d'Agriculture Pays de la Loire). Il devient conseiller agronomie du secteur du vignoble nantais et animateur d'un groupe « Dephy » dans le cadre d'Ecophyto. Avec l'émergence de la télédétection par drone, il revient vers la recherche appliquée et quitte progressivement le conseil de proximité.

Aujourd'hui, il travaille activement au développement et au déploiement du projet Mes Satimages et appuie le réseau des Chambres d'agriculture dans le domaine de la fertilisation. Il coanime depuis 2019 le groupe Azote et Soufre du COMIFER.

« Les Rencontres Comifer-Gemas » sont le rendez-vous incontournable pour qui s'intéresse à la fertilisation en France. Toujours riches de rencontre et d'échange, elles permettent de profiter des contributions des nombreux acteurs qui nourrissent l'évolution de la gestion des nutriments en agriculture. Pour mes dixièmes rencontres personnelles, j'ai l'honneur de présider une session dédiée à la maîtrise des pertes et à l'amélioration de l'efficience de l'azote. Cette session permettra d'appréhender cet enjeu crucial à travers 3 exposés qui les abordent à différentes échelles : le champ, le système de culture et le territoire. »

David Leduc
david.leduc@pl.chambagri.fr
<https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/>



IDENTIFICATION DE PRATIQUES AGRICOLES TERRITORIALISÉES POUR RÉDUIRE LES CONCENTRATIONS EN NITRATES DES EAUX DE SURFACE EN BRETAGNE

Laurence Loyon,

INRAE

Dans le cadre de la révision du programme d'action « nitrates », les pouvoirs publics bretons se posent la question de différencier les mesures au regard des différences spatiales (i) des pressions et caractéristiques des bassins versants et (ii) de la réponse aux mesures déjà mises en œuvre.

En effet, depuis plus de 30 ans, la Bretagne met en œuvre des mesures pour réduire les fortes concentrations en nitrates des eaux superficielles. Des améliorations majeures de la qualité de l'eau ont eu lieu mais on observe depuis 5 ans une concentration moyenne régionale constante (environ 36 mg/l) avec des situations diverses entre bassins versants. Pour certains bassins versants, la réduction est plus limitée (voire une situation en augmentation) et n'est pas conforme aux objectifs fixés par les pouvoirs publics. Cette réponse limitée aux mesures de réduction des fuites d'azote est due à la complexité du transfert de l'azote du sol aux systèmes hydriques.

Pour répondre aux attentes des pouvoirs publics bretons, l'objectif de cette étude est d'identifier des pratiques agricoles spécifiques spatialisées pour réduire la concentration en nitrates dans les eaux de surfaces de 66 bassins versants bretons.

Cette identification des pratiques agricoles spécifiques est effectuée à partir d'une analyse (i) des données publiques relatives aux pressions azotées, culturales, hydro géomorphologiques et pédologiques et de facteurs climatiques et (ii) de l'évolution des teneurs en nitrates des eaux superficielles disponibles pour les 66 bassins versants depuis 2000. L'analyse statistique sur les données de concentration en nitrates des eaux de surface a permis d'estimer la tendance de l'évolution des concentrations en nitrates depuis l'année 2000. Tous les bassins versants affichent une baisse des teneurs en nitrates. Néanmoins, la baisse constatée entre 2000 et 2019 ne suit pas la même dynamique selon les bassins versants.

L'analyse statistique identifie trois groupes de bassins versants se distinguant à la fois par l'ampleur de la contamination par les nitrates et par le taux de diminution des concentrations entre 2000 et 2019 : (-0.4 mg NO₃/l/an) pour 26 bassins versants, (-0.8 mg NO₃/l/an) pour 29 bassins versants et (-1.5 mg NO₃/l/an) pour 11 bassins versants. Dans ce dernier groupe, 4 bassins versants présentent des valeurs extrêmes et ponctuelles en nitrates. Une seconde analyse statistique a permis d'identifier (i) les indicateurs les plus explicatifs de l'évolution des concentrations en nitrates depuis 2000, (ii) de classer les indicateurs les plus caractérisant des 4 groupes de bassins versants et (iii) de mettre en évidence la diversité des pressions (azote et pratiques culturales) entre bassins versants et entre groupes d'évolution des concentrations en nitrates dans les eaux superficielles.

Des pratiques agricoles spécifiques ont alors été ciblées pour les bassins versants à enjeux définis par les pouvoirs publics. En fonction du type d'élevage prédominant sur le bassin versant, le stockage au champ des fumiers, la fertilisation minérale et organique restent encore des leviers d'actions nécessaires pour réduire la concentration en nitrates dans les eaux de surfaces en Bretagne.

Mots-clés : Pression azotée ; Pratiques agricoles ; Programme d'action « nitrates » ; Mesures spécifiques ; Spatialisation ; Bassin versants ; Bretagne

Références des auteurs sur le sujet traité

BRGM. INRA (2008). Bassins versants bretons en contentieux européen : typologie et modélisation de l'évolution des concentrations en nitrates - Rapport final Phase 2 - BRGM/RP-56408-FR. 131p.

Creseb (2014) Outil d'aide à l'identification d'actions – Paramètre « Azote ». Aide à l'identification des actions pour l'amélioration de la qualité de l'eau pour le paramètre « Azote ». 52 p

Durand. P., Raimbault. T., Oehler. F., Robert. B., and Salmon-Monviola. J. (2014). "Modélisation agro-hydrologique des bassins versants à algues vertes. 584p

Dupas. R., Ehrhardt. S., Musolff. A., Fovet. O., and Durand. P. (2020). Long-term nitrogen retention and transit time distribution in agricultural catchments in western France. *Environmental Research Letters* 15. 115011.

Loyon L (2012) Impact du stockage au champ des fumiers d'élevage sur les pollutions diffuses d'azote et de phosphore. Convention Onema 2012- Action 111. Rapport Bibliographique. 42p

Pellerin. S., Butler. F., et Guiard-Van Laethem. C. (2014). "Fertilisation et environnement. Quelles pistes pour l'aide à la décision ?" Editions Quae. EAN13 : 9782759220571.

Peyraud. J.-L., Cellier. P., Aarts. F., Béline. F., Bockstaller. C., Bourblanc. M., Delaby. L., Donnars. C., Dourmad. J. Y., Dupraz. P., Durand. P., Faverdin. P., Fiorelli. J. L., Gagné. C., Girard. A., Guillaume. P., Kuikman. P., Langlais. A., Le Goffe. P., Le Perchec. S., Lescoat. P., Morvan. T., Nicourt. C., Parnaudeau. V., Réchauchère. O., Rochette. P., Vertes. F., and Veysset. P. (2012). Les flux d'azote liés aux élevages. réduire les pertes. Rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective. rapport. Inra (France). 530p.



VERS UNE ÉVALUATION MULTICRITÈRES COÛTS BÉNÉFICES DES PRATIQUES DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS D'AMMONIAC AU CHAMP : LES ENSEIGNEMENTS DU PROJET POLQA

Sophie Générmont

INRAE - UMR EcoSys – Campus Agro Paris Saclay

La réduction des émissions d'ammoniac répond à deux enjeux de taille :

- améliorer la gestion de l'azote en agriculture en réduisant les pertes vers l'environnement : les émissions d'ammoniac après fertilisation azotée représentent en effet quelques % à quelques dizaines de % de l'azote apporté et affectent directement le rendement si aucune correction n'est apportée. L'initiative « Optimiser les ressources en azote » lancée au printemps par le MASA vise à réduire la dépendance de l'agriculture aux engrais de synthèse, dans un contexte de raréfaction des ressources gazières et de l'envolée des prix de ces engrais.
- améliorer la qualité de l'air : l'ammoniac, gaz émis à 94 % par le secteur agricole, est impliqué dans la formation des particules de petite taille (PM_{2,5}) qui sont à l'origine de maladies respiratoires et cardio-vasculaires voire des cancers, et conduisent à une mortalité prématurée des populations exposées à cette pollution, dès ses plus faibles niveaux.
 - o Le sévère épisode de pollution particulaire de mars 2014 a fait émerger dans le débat public la nécessité de mobiliser le secteur agricole pour éviter ou en limiter l'ampleur de ces pics de pollution printaniers : les leviers d'action efficaces évoqués en urgence sont des suspensions des fertilisations et leur report à des moments moins favorables à la formation de particules. Leur mise en pratique soulève néanmoins des questions légitimes sur les effets de telles mesures sur la production agricole.
 - o En dehors de ces épisodes très médiatisés, c'est bien sur une réduction durable des niveaux de concentration en particules que la France s'est engagée en s'inscrivant dans la réduction des émissions des polluants primaires dans le cadre de protocoles internationaux et de directives européennes. Ces engagements sont déclinés à l'échelle nationale dans le plan national de réduction des polluants atmosphériques (PREPA), qui vise à promouvoir les bonnes pratiques agricoles pour l'amélioration de la qualité de l'air et inciter les agriculteurs à les mettre en œuvre.

L'épandage au champ des effluents d'élevage et des produits résiduels organiques en provenance d'autres secteurs d'activité, ainsi que la fertilisation azotée des cultures avec des engrais azotés de synthèse représentent à eux trois environ la moitié des émissions agricoles d'ammoniac en France. Une précédente étude a montré que les techniques mises en œuvre sont particulièrement coût-efficaces pour ces émissions caractérisées par une large couverture spatiale.

Les pouvoirs publics et les agriculteurs disposent ainsi de tout un panel de mesures et d'actions mobilisables selon les circonstances, mais leur efficacité dépend des conditions de leur déploiement. Les conditions agro-pédo-climatiques locales déterminent leur capacité à réduire effectivement les émissions d'ammoniac. Ces émissions ainsi que les potentiels de réduction, sont en effet marqués par de fortes variations spatio-temporelles, les fertilisations étant dictées par les besoins en azote des cultures lors de la reprise de végétation en fin d'hiver, et selon les phases de croissance et de développement des différentes cultures. Mais les conditions météorologiques pilotent aussi les réactions chimiques de conversion des gaz en particules secondaires et les déplacements des masses d'air plus ou moins chargées au-dessus des sources d'ammoniac, avec des effets non linéaires des réductions des émissions sur les diminutions des concentrations en particules.

Le projet PolQA « Politiques d'amélioration de la qualité de l'air grâce aux pratiques agricoles » (Meleux et al., 2022) avait pour objectif d'évaluer l'impact de stratégies de réduction des émissions d'ammoniac sur les niveaux de particules en France, ainsi que leurs coûts et bénéfices. Il a pour cela déployé tout un ensemble d'outils : des bases de données temporalisées et géo-référencées incluant la connaissance des pratiques agricoles, ainsi que des modèles numériques, biophysiques, physiques, chimiques, agronomiques et de chimie transport, ainsi que de monétarisation des impacts sanitaires.

Pour cela, il a mobilisé les contributions et les expertises des acteurs de la recherche, du développement et de la pratique, favorisant la collaboration entre les deux communautés complémentaires sur ce sujet : l'une centrée sur l'agriculture et s'intéressant depuis plusieurs dizaines d'années aux émissions et dépôts de polluants vers et en provenance de l'atmosphère, et l'autre centrée sur l'atmosphère et s'intéressant plus récemment à la place de l'agriculture dans les questions relatives à la qualité de l'air.

Le projet PolQA a ainsi exploré plusieurs scénarios de mise en œuvre de pratiques d'abattement des émissions d'ammoniac (i) à la fois en urgence face à l'arrivée d'un épisode printanier de pollution particulaire et (ii) sur le long terme pour réduire la contribution de l'agriculture à la pollution de l'air de manière durable. Il a montré tout l'intérêt de multiplier ce type d'études pour alimenter objectivement les débats démocratiques sur les choix politiques d'incitation et d'accompagnement des agriculteurs pour la mise en place de technologies moins émettrices voire pour d'éventuels changements de pratiques.

Références des auteurs sur le sujet traité

- Bedos C., Générmont S., Castell J.-F., Cellier P. (Coordinateurs), 2019. Agriculture et qualité de l'air. Comprendre, évaluer, agir. Collection Synthèse, Octobre 2019, Éditions Quae, Versailles, 324p. ISBN 978-2-7592-3009-9. <https://hal.inrae.fr/hal-02611653>
- Bessagnet B., Meleux F., Favez O., Menut L., Beauchamp M., Colette A., Couvidat F., Rouil L., 2016. Le rôle de l'agriculture sur les concentrations en particules dans l'atmosphère et l'apport de la modélisation. Pollution atmosphérique, N°229 - 230, mis à jour le : 03/05/2017. <https://doi.org/10.4267/pollution-atmospherique.5638>
- Dufosse K., Ramanantenasoa M. M. J., Mignolet C., Trochard R., Gilliot J.-M., Bessagnet B., Générmont S., 2018. An overview of Nitrogen fertilization practices in France. Presented at 20th N Workshop and Side event, Rennes, FRA (2018-06-25 - 2018-06-27).
- Fortems-Cheiney, A., Dufour, G., Hamaoui-Laguel L., Foret G., Siour G., Van Damme M., Meleux F., Coheur P.-F., Clerbaux C., Clarisse L., Favez O., Wallasch M., Beekmann M., 2016. Unaccounted variability in NH₃ agricultural sources detected by IASi contributing to European spring haze episode, Geophys. Res. Lett., 43. <https://doi.org/10.1002/2016GL069361>
- Fortems-Cheiney A., Dufour G., Dufossé K., Couvidat F., Gilliot J.-M., Siour G., Beekmann M., Foret G., Meleux F., Clarisse L., Coheur P.-F., Van Damme M., Clerbaux C., Générmont S., 2020. Do alternative inventories converge on the spatiotemporal representation of spring ammonia emissions in France? Atmos. Chem. Phys., 20, 13481–13495, <https://doi.org/10.5194/acp-20-13481-2020>
- Générmont S., Arteta J., Couvidat F., Crunaire S., Dufossé K., Dufour G., El Msayryb A., Fortems-Cheiney A., Gilliot J.-M., Meleux F., 2022. Rapport technique final du projet Amp'Air : Amélioration de la représentation des émissions agricoles d'ammoniac pour une meilleure prévision de la qualité de l'air en France. APR PRMEQUAL Agriculture et Qualité de l'Air 2016, Convention ADEME n°16-60-C0013. 90 p + annexes.
- Générmont S., Dufossé K., Gilliot J.-M., 2019. Evaluation des pratiques d'abattement des émissions grâce au modèle CADASTRE_NH₃. In 14^{èmes} rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse, Ed. COMIFER-GEMAS, 20-21 nov 2019, Dijon.
- Hamaoui-Laguel L., Meleux F., Beekmann M., Bessagnet B., Générmont S., Cellier P., Letinois L., 2014. Improving ammonia emissions in air quality modelling for France, Atmos. Environ., 92, 584–595, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.08.002>
- Mathias E., Martin E., 2013. Analyse du potentiel de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020 et 2030. Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par le CITEPA, 239 p. <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?sort=-1&cid=96&m=3&id=90653&ref=14223&nocache=yes&p1=111>
- Meleux F., Générmont S., Mathias E., Taulemesse F., Gilliot J.-M., Couvidat F., Schucht S., 2022. Rapport technique final du projet PolQA : Politiques d'amélioration de la qualité de l'air grâce aux pratiques agricoles. APR PRMEQUAL Agriculture et Qualité de l'Air 2016, Convention ADEME n°16-62-C0023, 102p.
- Ramanantenasoa, M. M. J., Gilliot J.-M., Mignolet C., Bedos C., Mathias E., Eglin T., Makowski D., Générmont S., 2018. A new framework to estimate spatio-temporal ammonia emissions due to nitrogen fertilization in France. Science of The Total Environment, Volume 645, pp. 205-219, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.202>
- Rouil, L., Honoré C., Vautard R., Beekmann M., Bessagnet B., Malherbe L., Meleux F., Dufour A., Elichegaray C., Flaud J.-M., Menut L., Martin D., Peuch A., Peuch V.-H., Poisson N., 2009. Prev'air : An Operational Forecasting and Mapping System for Air Quality in Europe. Bulletin of the American Meteorological Society, 90(1) :73–84. ISSN 0003-0007. <https://doi.org/10.1175/2008BAMS2390.1>
- Schucht, S., Colette, A., Rao, S., et al., 2015. Moving towards ambitious climate policies: monetized health benefits from improved air quality could offset mitigation costs in Europe. Environ Sci Policy 2015, 50 : 252-269. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.03.001>



SYPPRE: DES SYSTÈMES DE CULTURE VISANT LA MULTI-PERFORMANCE, INCLUANT DES OBJECTIFS PRIORITAIRES DE RÉDUCTION DE LA FERTILISATION AZOTÉE MINÉRALE ET D'AMÉLIORATION DE LA FERTILITÉ DES SOLS. QUEL BILAN APRÈS 5 ANNÉES D'EXPÉRIMENTATION ?

Marie Estienne¹, Loïc Viguier¹, Eva Deschamps¹, Stéphane Cadoux², Rémy Duval³, Clotilde Rouillon¹

¹ ARVALIS Institut du végétal, F-91720 Boigneville,

² Terres Inovia, F-78850 Thiverval-Grignon,

³ Institut Technique de la Betterave, F-75008 Paris

L'action Syppre (ARVALIS, ITB, Terres Inovia) a pour objectif d'accompagner la transition vers des systèmes de grande culture innovants répondant à un objectif de triple performance : économique, environnementale et productivité. Elle est structurée en trois volets techniques – Observatoire, Plateformes expérimentales, Réseaux d'agriculteurs – complémentaires pour contribuer à la transition vers des systèmes multi-performants (Toqué et al. 2015).

Les trois volets s'incarnent depuis 2016 dans cinq contextes français de grandes cultures : les limons de Picardie, les terres de craie de Champagne, les argilo-calcaires superficiels du Berry, les coteaux argilo-calcaires du Lauragais et les terres humifères du Béarn. Les plateformes expérimentales accueillent sur chaque site un système innovant co-conçu avec des agriculteurs, des conseillers, et des acteurs de la transformation présents sur le territoire. Il est mis à l'épreuve du terrain à côté d'un système témoin représentatif des systèmes pratiqués dans le territoire et optimisé.

Pour répondre aux objectifs de triple performance ainsi qu'aux enjeux locaux, les systèmes de culture innovants mobilisent des stratégies agroécologiques. Elles visent notamment à diminuer la dépendance aux engrais de synthèse (-20% d'azote minéral par rapport au témoin) et aux produits phytosanitaires (-50% par rapport à l'IFT de référence régional), à réduire les émissions de GES (-20% par rapport au témoin) et à augmenter le taux de matière organique dans les sols. Pour cela, divers leviers sont mobilisés parmi lesquels la diversification des cultures et l'allongement de la rotation, l'introduction de légumineuses, la couverture du sol en interculture, la réduction du travail du sol ou encore le recours à des solutions alternatives aux produits phytosanitaires comme les produits de biocontrôle ou le désherbage mécanique.

Dans ce cadre d'objectifs ambitieux, des solutions opérationnelles sont mises au point, en cherchant des compromis entre le maintien de la production, en rendement et en qualité, et la viabilité économique des systèmes de culture.

Après 7 années d'essais, les quantités d'azote minéral utilisées ont bel et bien diminué par rapport au système témoin sur l'ensemble des 5 plateformes : de -15 kg N/ha en Picardie jusqu'à - 50 kg N/ha dans le Berry, en moyenne depuis 2017. Il en résulte une baisse des émissions de GES de -0,3 t eq CO₂/ha/an dans le Lauragais à -1,4 t eq CO₂/ha/an pour l'un des systèmes du Béarn. Les simulations ex ante réalisées en amont de la mise en place des prototypes au champs grâce au modèle CHN AMG prévoient globalement des augmentations de taux de matière organique compris entre 0 et 10%, sauf pour la plateforme du Berry, la parcelle accueillant les essais ayant déjà un taux de matière organique élevé. Ces projections doivent être confirmées par des mesures sur l'ensemble des parcelles, prévues dans les années qui viennent. Néanmoins, à ce stade des essais, on observe une amélioration de la stabilité structurale du sol comparativement au témoin, en particulier sur les sites sensibles à l'érosion comme le Lauragais. Les tendances d'évolution de la matière organique sont en tout cas confirmées par les simulations d'évolution du stock de carbone du sol, faites selon la méthode Label Bas Carbone Grandes Cultures (Soenen et al., 2021) : les systèmes innovants permettent globalement d'augmenter le stock de carbone du sol, sauf quand la présence des cultures à fort résidus diminue dans la rotation et que les couverts ne produisent pas les biomasses attendues du fait d'aléas climatiques comme en Champagne et dans le Berry.

Par ailleurs, l'arrêt du glyphosate depuis 2019 a conduit à la réintroduction du travail du sol pour gérer les adventices, ce qui a pu localement dégrader nos objectifs vis-à-vis des indicateurs de fertilité du sol. Des compromis entre performances à atteindre ont été nécessaires pour préserver les essais.

Si les performances environnementales s'améliorent et ce depuis le début des essais, cela intervient au détriment des performances économiques et de productivité : les systèmes innovants produisent moins en quantité d'énergie et n'atteignent pas les niveaux de marges des systèmes témoins (diminution de la marge directe de -4 à -30% par ha en moyenne depuis 2017). Ce constat traduit la complexité de concilier efficacement ces trois critères dans des systèmes en rupture.

Lors de cette communication, nous présenterons les combinaisons de leviers mobilisés dans les systèmes innovants et détaillerons les résultats de performance obtenus, en termes de réduction des quantités d'azote apportées, de stockage de MO et de bilan carbone. Nous discuterons également des synergies et antagonismes vis-à-vis d'autres indicateurs de performance : rentabilité, productivité.

Références :

Soenen B., Henaff M., Lagrange H., Lanckriet E., Schneider A., Duval R., Streibig J.L., 2021. Méthode Label Bas-Carbone Grandes Cultures (version 1.0). 133p. Disponible sur le site du MTE (<https://www.ecologie.gouv.fr/label-bas-carbone>)

Toqué C., Cadoux S., Pierson P., Duval R., Toupet A.-L., Flenet F., Carroué B., Angevin F., Gate P., 2015. SYPPRE: A project to promote innovations in arable crop production mobilizing farmers and stakeholders and including co-design, ex-ante evaluation and experimentation of multi-service farming systems matching with regional challenges. 5th International Symposium for Farming Systems Design. 7-10 September 2015, Montpellier, France.



Marie Estienne

Ingénieure d'étude au sein du service Agronomie Economie et Environnement d'Arvalis. En charge de la coordination technique de l'action Syppre visant à concevoir des systèmes de culture innovants. Diplômée de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse

SESSION 3

Fertilisation phosphatée

Actualiser l'estimation des seuils d'impasse P en France : des propositions opérationnelles

(Denoroy P., Inrae UMR ISPA Bordeaux et al.)

Ça phosphore aussi sous les tropiques !

(Bravin M., Cirad)

PRÉSENTATION RÉSUMÉE DES POSTERS

SESSION 3

Fertilisation phosphatée



Présidée par **Christine Le Souder**

Ingénieure spécialisée en fertilisation
Service Agronomie – Economie – Environnement -
Direction R&D
Arvalis - Station expérimentale 91720 Boigneville



Ingénieure agronome de formation, et détentrice d'un doctorat de l'INAPG en science du sol. Actuellement ingénieure spécialisée en fertilisation à ARVALIS, au sein de la Direction Recherche et Développement, basée à la Station expérimentale de Boigneville (91) depuis 30 ans.

Au sein de l'équipe Fertilisation, parmi d'autres dossiers, Christine Le Souder s'implique dans la retranscription de la méthode de raisonnement de la fertilisation phosphatée et potassique Comifer dans des logiciels et dans le transfert de la méthode vers les agriculteurs.

Depuis 5 ans, elle s'implique dans l'évaluation de l'ensemble de la fertilité du sol, avec l'étude d'indicateurs biologiques, dans le cadre du projet Agro-Eco Sol.

Au Comifer, animatrice du groupe PK de 1997 à 2014 puis Présidente de 2014 à 2018, au moment de la forte structuration de l'association, marquée par l'embauche d'une Déléguée Générale et d'une ingénieure Chargée d'Etudes.

Récemment au RMT Bouclage, co-animatrice de l'axe 2 depuis mi 2023.

« Les Rencontres Comifer-Gemas constituent toujours un lieu privilégié d'échange pour partager largement les nouveautés en matière de connaissances scientifiques et techniques et d'innovations, ce qui est absolument nécessaire à notre domaine. Elles permettent aussi de générer de nouvelles collaborations, et d'élargir le champ de nos contacts.

Dans le cadre de la session réservée au sujet du phosphore, nous ferons le point d'avancement de travaux sur l'actualisation du raisonnement de la fertilisation phosphatée, d'abord sur le territoire métropolitain, par la Recherche et le groupe de travail PKMg du COMIFER, mais aussi dans un autre contexte qu'est l'Outre-Mer, avec la présentation de leur problématique, à la fois proche et éloignée du premier exposé. »

Christine Le Souder
c.lesouder@arvalis.fr
<https://www.arvalis.fr/>



ACTUALISER L'ESTIMATION DES SEUILS D'IMPASSE P EN FRANCE : DES PROPOSITIONS OPÉRATIONNELLES

P.Denoroy⁽¹⁾, A.Mollier⁽¹⁾, C.Jouany⁽²⁾, C.Montagnier⁽³⁾, P.Castillon⁽⁴⁾ †, R.Duval⁽⁵⁾, L.Champolivier⁽⁶⁾, D.Hanocq⁽⁷⁾, J.-B.Gratecap⁽⁸⁾, F.Thiebaut⁽⁹⁾, P.Gérard⁽¹⁰⁾, C.Dizien⁽¹¹⁾, L.Jordan-Meille⁽¹⁾

⁽¹⁾UMR INRAE BORDEAUX SCIENCE AGRO ISPA, ⁽²⁾UMR INRAE- INPT TOULOUSE AGIR, ⁽³⁾UMR INRAE-AGROPARISTECH ECOSYS, ⁽⁴⁾ ARVALIS, ⁽⁵⁾ ITB, ⁽⁶⁾ TERRE-INOVA, ⁽⁷⁾ CHAMBRE D'AGRICULTURE DE BRETAGNE, ⁽⁸⁾ CHAMBRE D'AGRICULTURE D'EURE ET LOIR, ⁽⁹⁾ CETA DE ROMILLY, ⁽¹⁰⁾ COOPERATIVE VIVESCIA, ⁽¹¹⁾ AGROSOLUTIONS/IN-VIVO

Les valeurs de seuils critique du phosphore (P) dans le sol (P_{crit} , dit « seuil d'impasse » ou encore T_{imp} en France) actuellement utilisés dans le raisonnement de la fertilisation P, sont issues d'essais menés dans les années 1960 à 1990 et d'une méthode d'estimation spécifique, simple mais sécuritaire, ne rendant pas compte de l'ensemble des données disponibles.

Nombre d'essais au champ plus récents (de même que la littérature scientifique internationale) tendent à montrer que ces valeurs de seuil « de référence » seraient surévaluées, car le rendement de ces essais n'apparaît pas affecté par une disponibilité en P du sol (DPS) inférieure au seuil de référence. Ce constat peut induire une perte de confiance dans les propositions du COMIFER, et fausser la comparaison des pratiques courantes pour lesquelles la grille COMIFER est établie (grandes cultures avec travail du sol) avec d'autres pratiques agricoles qui peuvent paraître artificiellement plus pertinentes en situation de DPS inférieure à T_{imp} .

Il est donc important d'actualiser et de mieux justifier les références diffusées.

Pour cela, on a traité l'ensemble des données françaises disponibles permettant de comparer les rendements des cultures à la DPS afin de proposer de nouvelles estimations des valeurs de seuil d'impasse. Les essais concernés sont (1) ceux (clos) ayant servi à l'estimation des seuils d'impasse dans les années 1990, (2) les dispositifs de longue durée encore opérationnels ou plus récents, (3) ceux, pluriannuels menés par des coopératives (collaboration UNIFA-InVivo), (4) ceux menés dans le cadre du CASDAR RIP (2007-2010). Ces données sont traitées en utilisant le modèle de réponse « linéaire-plateau » car il est simple, robuste et aussi précis que d'autres modèles tels que « quadratique-plateau » ou « Mitscherlich » (Jordan-Meille et al., 2023). Cela nous permet d'identifier les essais dont la réponse est exploitable pour estimer le seuil d'impasse à P qui est défini comme la valeur de la DPS au point de rupture entre la réponse linéaire du rendement et du plateau de rendement.

On a cherché à estimer le P_{crit} pour chaque culture existante dans chaque site d'essai. Pour une part importante des situations étudiées, cet ajustement échoue, la réponse de la culture n'étant pas suffisante. Quand P_{crit} peut être estimé, à cette échelle d'étude sa valeur apparaît généralement sensiblement inférieure à celle des seuils d'impasse actuellement publiés. Toutefois, la variabilité des P_{crit} estimés est grande, même à l'intérieur d'une catégorie de cas « culture * sol » limitée.

Pour plus d'opérationnalité et afin de rester proche des principes du raisonnement COMIFER actuel, où les valeurs de seuil d'impasse dépendent de la culture (sa classe d'« exigence ») et du sol du site concerné, on a retravaillé ces estimations de P_{crit} et ses paramètres associés pour proposer une actualisation des typologies de culture et de sols, en visant la simplicité d'usage.

Pour la typologie des cultures, on s'appuie sur la comparaison des P_{crit} et pente de la réponse de chaque culture, à ces mêmes paramètres estimés pour le blé utilisé comme référence, afin de construire des groupes de réponse homogènes.

Pour la typologie des sols, on s'appuie sur la distribution des valeurs de P_{crit} des cultures les plus fréquentes afin d'évaluer les situations où il est nécessaire de distinguer les types de sols.

Les typologies COMIFER actuelles apparaissent ainsi assez pertinentes, mais susceptibles de simplification : réduction à deux du nombre de « classes d'exigence » et regroupement de catégories de sols.

Cependant, la variabilité des P_{crit} calculés dans chaque groupe d'essais après application de ces nouvelles catégories pose encore problème quand on doit extrapoler in fine des valeurs de référence applicables hors des essais. Le choix d'une option à partir du référentiel expérimental actualisé dépend du compromis à trouver entre d'une part la prévention de la perte de rendement et d'autre part la minimisation du coût économique et du risque environnemental de la fertilisation. Ce compromis peut conduire à fixer un seuil de référence plus ou moins élevé que la moyenne des seuils des essais.

Ces nouveaux éléments d'information sont mis à disposition du groupe PKMg COMIFER afin de contribuer à l'actualisation du raisonnement qui sera préconisé par le COMIFER et de son paramétrage.

Les nouvelles valeurs de seuil estimées peuvent d'ores et déjà être testées en conditions réelles pour évaluer leur réalisme en pratique.

Agronome et Ingénieur à l'UMR INRAE-Bordeaux Science Agro ISPA jusqu'en juillet 2023, Pascal Denoroy s'est consacré de 1999 à 2023 à diverses thématiques liées à la fertilisation, dont : pilotage agronomique du logiciel d'interprétation des analyses de terre "RegiFert", test de méthodes innovantes d'analyse de terre, conduite et suivi d'essais de longue durée P-K, animation du COMIFER (animateur du groupe PKMg, vice-président, puis président de l'association).





ÇA PHOSPHORE AUSSI SOUS LES TROPIQUES !

Cécile NOBILE¹, Maëva MIRALLES-BRUNEAU², Rémi CONROZIER³, Amélie FEVRIER⁴, Emmanuel LEGENDRE⁵ et Mathieu N. BRAVIN¹.

¹ CIRAD, UPR RECYCLAGE ET RISQUE ; ² CIRAD, UMR SELMET ; ³ CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA RÉUNION ; ⁴ ERCANE ; ⁵ ASSOCIATION RÉUNIONNAISE DE PASTORALISME (ARP)

Contexte général

L'intensité des flux biogéochimiques de phosphore (P) dans les agro-écosystèmes et en conséquence les quantités apportées au sol par les fertilisants sont généralement bien plus faibles que celles des deux autres principaux éléments majeurs de la nutrition des cultures que sont l'azote et le potassium. Pour autant, le développement de méthodes performantes de raisonnement de la fertilisation phosphatée reste un challenge qui s'explique autant par la réponse des cultures à une déficience en P que par la forte rétention physico-chimique de P dans le sol. Depuis les années 1970, les travaux réalisés en milieu tempéré et notamment en France métropolitaine ont permis de produire les connaissances sur la biogéochimie de P dans les agro-écosystèmes nécessaire au développement de méthodes de raisonnement et d'outils d'aide à la décision en matière de fertilisation phosphatée des principales cultures.

Un manque de connaissances dans les agro-écosystèmes tropicaux et volcaniques

En milieu tropical, l'état des connaissances et de leur traduction sous forme de méthodes de raisonnement et d'outils d'aide à la décision sont bien moins avancés alors que les enjeux y sont au moins aussi forts et les questionnements scientifiques originaux. Les cultures tropicales sont pour partie différentes de celles cultivées en milieu tempéré, avec des rendements et donc des besoins en P potentiellement plus élevés du fait des conditions climatiques particulièrement favorables (i.e. température et pluviométrie moyennes plus élevées). En revanche, la disponibilité de P est généralement considérée comme plus faible dans les sols tropicaux du fait d'une capacité de rétention de P sur la phase solide plus importante que dans les sols tempérés.

Parmi les types de sol majoritairement présents en milieu tropical, les sols développés sur matériaux volcaniques présentent une aptitude élevée à la production agricole mais ne sont souvent pas utilisés à leur plein potentiel. Cela est généralement attribué à une capacité exceptionnelle de rétention des ions phosphates dans ces sols volcaniques qui semble devoir nécessiter pour obtenir un rendement optimal des cultures des apports de fertilisants phosphatés en beaucoup plus grande quantité que pour les autres types de sols tropicaux. En dépit de ces constats, la biogéochimie de P et le raisonnement de la fertilisation phosphatée dans les agro-écosystèmes tropicaux et volcaniques ont été très peu étudiés. Cette thématique a fait l'objet de moins d'une quarantaine de publications depuis les 30 dernières années, alors même que près de 300 travaux ont été publiés sur ce sujet sur les sols volcaniques en général (zones non tropicales incluses) et plus de 2 000 sur l'ensemble des sols tropicaux. Ce manque de connaissances ne favorise pas la transition agro-écologique des agro-écosystèmes tropicaux et volcaniques à travers le monde et en particulier dans l'outre-mer français où ils sont pourtant largement représentés.

En s'appuyant sur l'exemple de l'île de La Réunion, la présente communication a pour objectif de présenter une synthèse des connaissances acquises sur la biogéochimie de P dans les agro-écosystèmes tropicaux et volcaniques et les enseignements qu'il est possible d'en tirer pour améliorer les méthodes de raisonnement de la fertilisation phosphatée des différents types de cultures.

Des exportations par les cultures plus élevées qu'en milieu tempéré

Ce travail s'est premièrement attaché à faire un état des lieux des connaissances concernant l'exportation de P par les principales cultures présentes à La Réunion. Les cultures maraîchères et fruitières cultivées à La Réunion présentent des niveaux d'exportation variables mais relativement similaires à leurs homologues cultivés en milieu tempéré (de 10 à 50 kg P/ha/an). En revanche, la canne à sucre et les prairies temporaires et permanentes de La Réunion exportent en moyenne entre deux et cinq fois plus de P (de 30 à plus de 100 kg P/ha/an) que leurs homologues cultivés en milieu tempéré (15 à 20 kg P/ha/an pour le maïs fourrage et les prairies), du fait de rendements proportionnellement plus élevés.

Une disponibilité dans le sol ré-évaluée à la hausse

Anticipant une très forte capacité de rétention et donc une faible disponibilité de P dans les sols tropicaux et volcaniques comme cela est couramment admis dans la littérature scientifique et technique, les doses d'apport de fertilisants phosphatés préconisées à La Réunion sont en moyenne deux à cinq fois supérieures aux quantités de P exporté par les cultures. Pourtant, les mesures de la capacité de rétention de P réalisées à l'aide de la méthode de dilution isotopique se sont avérées beaucoup plus contrastées, variant en lien avec la diversité pédologique rencontrée sur l'île (vitrisols, nitisols, cambisols, ferralsols et andosols) de valeurs faibles à des valeurs fortes relativement aux références mondiales. Ces résultats indiquent que, pour une partie des sols réunionnais au moins, la disponibilité en P pourrait être régulée par les mêmes processus que dans les sols tempérés. Compte tenu de l'acidité importante des sols de La Réunion (50% des sols présentent un pH \leq 5,5), l'effet alcalinisant de l'apport répété de plusieurs fertilisants organiques s'est également montré capable d'augmenter la disponibilité de P dans le sol au-delà même de la quantité de P apporté.

Vers une amélioration du raisonnement de la fertilisation

Ce travail de synthèse a enfin ouvert plusieurs pistes d'amélioration des méthodes de raisonnement de la fertilisation phosphatée actuellement utilisées à La Réunion. Ce travail a tout d'abord souligné la nécessité de changer l'indicateur physico-chimique utilisé pour déterminer la disponibilité de P dans les sols réunionnais. Pour la canne à sucre, il est apparu nécessaire d'établir les courbes de réponse de la culture à la fertilisation phosphatée pour les principaux types de sol de l'île. Pour les prairies, des travaux complémentaires sont nécessaires pour lever l'apparente contradiction entre des indices de nutrition des plantes globalement satisfaisants et une disponibilité de P dans les sols estimée comme étant majoritairement faible à très faible. Enfin, une diminution des doses fertilisantes préconisées pour les cultures maraîchères et fruitières semble pouvoir être envisagée sur la base d'une évaluation précise des exportations réelles de P.



Mathieu Bravin

Agronome et biogéochimiste du sol, je suis chercheur depuis 2008 au sein de l'unité Recyclage et risque du centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad). Mes travaux s'intéressent à la caractérisation de la biodisponibilité des éléments minéraux dans les agro-écosystèmes tropicaux fertilisés avec des matières fertilisantes d'origine résiduaire (Mafor). J'ai plus particulièrement appliqué ces travaux au raisonnement de la fertilisation phosphatée et à l'évaluation des risques éco-toxicologiques posés par les éléments traces dans le contexte agronomique de l'île de La Réunion où j'ai travaillé de 2011 à 2021.



SESSION 4

Politiques publiques et requis réglementaires

SESSION 4

Politiques publiques et requis réglementaires

Présidée par **Emmanuel Steinmann**

Chef du BESEC
Bureau de l'eau du sol et de l'économie circulaire
Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire



Mise en œuvre du nouveau règlement européen sur les fertilisants : Etat actuel et difficultés engendrées

(Benbrahim M., Rittmo Agroenvironnement)

L'expérimentation pour prouver l'efficacité d'un Fertilisant UE : les requis réglementaires

(Eck M., Staphyt)

QUESTIONS/RÉPONSES

Comment le contexte économique et les contraintes techniques impactent-ils le nombre de crédits carbone et leur coût d'équilibre dans les projets Label Bas Carbone Grandes-Cultures ?

(Lagrange H., Arvalis)

PRÉSENTATION RÉSUMÉE DES POSTERS

Emmanuel Steinmann débute sa carrière en 2006 dans le domaine de l'eau, en tant que responsable du pôle eau et environnement en charge de la police de l'eau et de la prévision des crues au sein de l'arrondissement Picardie du Service de la navigation de la Seine.

Il a ensuite en charge des sujets de planification dans le domaine de l'eau, successivement en tant que chargé de mission à la direction régionale de l'environnement d'Ile de France puis en tant qu'adjoint au chef du bureau de la planification et de l'économie de l'eau au ministère de l'écologie.

En 2017, il embrasse les sujets agricoles, en devenant chef du bureau qualité de l'eau et agriculture au ministère de l'écologie, alors en charge de la mise en œuvre de la directive nitrate et du plan Ecophyto.

Il a rejoint début 2023 le ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire en tant que chef du bureau de l'eau, du sol et de l'économie circulaire.

« Les politiques publiques environnementales et agricoles nécessitent de s'appuyer sur les meilleures connaissances scientifiques pour être crédibles et efficaces. Le COMIFER a démontré toute sa pertinence en apportant des références aujourd'hui devenues incontournables pour la mise en œuvre de la directive nitrates européenne notamment. Les connaissances sur la nutrition des plantes et le fonctionnement des sols continuent de se développer. L'expertise et les savoirs-faire du COMIFER seront d'autant plus importants pour les pouvoirs publics et le monde agricole pour maintenir les politiques publiques à la pointe des savoirs agronomiques. C'est pourquoi je me réjouis de présider la table ronde sur les politiques publiques et les prérequis réglementaires. »

Emmanuel Steinmann
emmanuel.steinmann@agriculture.gouv.fr
<https://agriculture.gouv.fr/>



MISE EN ŒUVRE DU NOUVEAU RÈGLEMENT EUROPÉEN SUR LES FERTILISANTS : ETAT ACTUEL ET DIFFICULTÉS ENGENDRÉES

Mohammed BENBRAHIM¹, Laurent KREMER¹

¹RITTMO AGROENVIRONNEMENT, 68000 Colmar

Le nouveau règlement européen UE 1009/2019 permettant la mise sur le marché des matières fertilisantes et des supports de culture (désignés par le terme Fertilisants : PFC) est rentré en vigueur en Juillet 2022. Ce règlement spécifie les matières premières autorisées (appelées Matières Constitutives : CMC) dans la formulation des fertilisants en termes d'origines et de caractéristiques. Il précise également les modalités de démontrer la conformité de ces fertilisants à ce règlement. Ce nouveau règlement est régulièrement amendé par de nouveaux règlements et textes rectificatifs permettant d'apporter des précisions et/ou des compléments pour la mise sur le marché des fertilisants UE.

1- Etat actuel du règlement européen

1.1- Des nouvelles matières premières autorisées

Depuis sa première publication, ce règlement a connu différents amendements et rectificatifs dont l'introduction de quatre nouvelles matières constitutives : CMC12 : Les sels de phosphate précipités et leurs dérivés (comme les struvites) ; CMC13 : Les matières obtenues par oxydation thermique et leurs dérivés (comme les cendres) ; CMC14 : Les matières issues de la pyrolyse et de la gazéification (comme les biochars) ; CMC15 : Les matières de grande pureté valorisées (principalement des matières minérales issues de certains process). La conformité de ces nouvelles matières premières est régie par un ensemble de caractéristiques et critères liés à l'origine des matières traitées, aux procédés d'obtention et aux paramètres analytiques permettant de caractériser la qualité ou l'innocuité de la CMC.

De même, quelques modifications, précisions et compléments ont été apportés au texte initial. A titre d'exemple, les modalités de la CMC2 (végétaux, parties de végétaux ou extraits de végétaux) ont été élargies à certains procédés (« défilage à une température ne dépassant pas 100°C et sans additif autre que l'eau »). Il est donc impératif de prendre en compte l'ensemble de ces modifications et de ne pas se référer uniquement au texte initial publié en 2019. L'ensemble de ces textes réglementaires est disponible sur le site officiel de l'Union Européenne : <https://eur-lex.europa.eu>. Une version dite consolidée est régulièrement mise à jour par la commission, pour rendre compte de ces modifications : [EUR-Lex - 02019R1009-20221003 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/02019R1009-20221003-EN-EUR-Lex).

1.2- L'utilisation des sous produits animaux est toujours en attente

Plus de quatre ans après la publication du premier texte, et malgré l'existence du règlement des sous produits animaux (SPA) : règlement 1069/1009, précisant les possibilités d'utiliser ces matières pour la fabrication des engrais, le fameux tableau de la CMC 10 n'a toujours pas été édité. Une première ébauche a été éditée en fin 2023 et est à ce jour en cours de discussion. Néanmoins, cette première ébauche ne concerne que les lisiers transformés.

2- Evaluation de la conformité des PFC

2.1- Des organismes notifiés pour évaluer la conformité de certains fertilisants

Ce règlement précise également les modalités d'évaluation de la conformité de ces fertilisants. Elle est basée à la fois sur les caractéristiques des matières constitutives (CMC) et celles des catégories de fertilisants (PFC). La conformité au marquage UE et donc au règlement 1009/2019 nécessite la constitution d'une documentation technique, qui permet ensuite d'élaborer une attestation de conformité. Pour certains fertilisants et/ou pour certaines matières constitutives, la validation de cette documentation technique par des organismes notifiés est obligatoire. La liste des organismes notifiés est publiée et mise à jour régulièrement par l'Europe : <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/>. Ces organismes notifiés ont constitué un groupe de travail pour harmoniser leurs approches au niveau européen et éditer des documents et des guides permettant de faciliter la mise en oeuvre du règlement.

2.2- Création de nouvelles normes harmonisées

Le nouveau règlement exige que les méthodes d'essais et d'analyses visant à vérifier la conformité des fertilisants UE soient fiables et reproductibles. Ceci concerne à la fois les analyses de caractérisation physico-chimique, les essais d'innocuité et les essais d'efficacité pour certains PFC et CMC.

Pour accompagner la mise en application du règlement européen UE 1009/2019, un travail considérable a été entrepris au niveau européen pour élaborer des normes dites « harmonisées ». Différentes commissions de normalisation européennes ont oeuvré au sein de plusieurs groupes de travaux, constitués en grande partie par des industriels et des professionnels de la fertilisation, pour élaborer ces normes. Actuellement, plusieurs dizaines de documents ont été élaborés et édités et sont disponibles sur les sites des instances de normalisation européennes (France : <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/normes>).

Pour les biostimulants qui constituent une récente catégorie d'intrant agricole, 5 documents techniques ont été élaborés puis publiés par les instances de normalisation de chaque pays européen (AFNOR en France). Ces documents dits « Technical Specification » définissent les grandes lignes et critères pour démontrer l'efficacité des biostimulants. Les normes européennes correspondantes à documents sont actuellement en phase finale du processus d'élaboration.

3- Impacts sur la réglementation française

La rentrée en vigueur du règlement UE 1009/2019 a abrogé le règlement CE 2003/2003 qui a régi la mise sur le marché des engrais minéraux en Europe pendant 20 ans. En France, des normes rendues d'application obligatoire permettent aussi de mettre sur le marché des matières fertilisantes et des supports de culture. Aucune norme n'existe cependant pour les biostimulants.

La mise sur le marché Français des matières fertilisantes selon les normes rendues d'application obligatoire restera toujours en vigueur. Toutefois, les normes françaises relatives aux engrais minéraux et aux amendements minéraux basiques faisaient références au règlement CE 2003/2003 pour définir les caractéristiques de certaines dénominations. L'abrogation du règlement CE 2003/2003 nécessite donc des modifications et réajustements pour permettre à nouveau la mise sur le marché de ces dénominations selon ces normes françaises. Des travaux de normalisation au sein du bureau de normalisation en France : BN-FERTI sont actuellement en cours pour résoudre ces difficultés.

Mohammed BENBRAHIM, PhD



Ingénieur de Recherche & Développement au sein de RITTMO AGROENVIRONNEMENT, Responsable du département nutrition et stimulation des plantes. Responsable de RITTMO REGULATORY SERVICES. Docteur en Physiologie végétale. Expert en normalisation BN-FERTI, CEN TC 455.



L'EXPERIMENTATION POUR PROUVER L'EFFICACITE D'UN FERTILISANT UE : LES REQUIS REGLEMENTAIRES

Myriam ECK

STAPHYT

Le Règlement (UE) N°2019/1009 du 5 juin 2019 établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE est entré en application le 16 juillet 2022 et permet dorénavant la mise en marché de matières fertilisantes à travers toute l'Europe. Il s'agit d'une évolution importante car ce règlement inclut une large variété de matières fertilisantes définies dans des PFCs (Catégories Fonctionnelles de Produits) : les engrais minéraux, organiques, organo-minéraux, les amendements minéraux calciques, les amendements organiques, les supports de cultures, les biostimulants des végétaux, les inhibiteurs et les combinaisons de fertilisants.

Avant de pouvoir être mise en marché, le fertilisant UE devra subir une vérification de conformité. Les critères de conformité, qui concernent l'innocuité, l'efficacité et l'étiquetage, seront différents par PFC car les différentes fonctions des produits justifient des exigences différentes en matière de qualité. La notion d'efficacité est bien prise en compte dans ce règlement et sera une composante à part entière de la vérification de conformité avant la mise en marché car il est clairement établi que « Les fertilisants UE devraient être mis sur le marché uniquement s'ils sont suffisamment efficaces ».

Pour certaines catégories de fertilisants UE, l'efficacité est liée aux caractéristiques intrinsèques du produit. Par exemple, l'efficacité d'un engrais est liée à sa teneur en éléments nutritifs ou l'efficacité d'un amendement organique est liée à sa teneur en matière organique. Pour ces types de fertilisants, une analyse suffit à vérifier que les teneurs correspondent aux limites définies dans le règlement, ces limites ayant été établies afin de garantir l'efficacité. Pour d'autres fertilisants UE et notamment les biostimulants des végétaux, les effets de ce type de produits sur les cultures ainsi que les allégations possibles sont vastes. Une simple caractérisation ou une description de la composition ne sauraient donc suffire à garantir l'efficacité. De ce fait, le requis essentiel pour un biostimulant des végétaux en termes d'efficacité est de démontrer la ou les allégations qu'il souhaite afficher sur l'étiquette. Cette preuve doit être nécessairement basée sur des données techniques issus d'essais de démonstration.

Afin d'apporter des outils pour le développement de méthodes d'expérimentation (mais également de méthodes d'analyses), les organismes européens de normalisation ont travaillé sur l'élaboration de normes harmonisées. La parution de ces normes harmonisées était initialement prévue dans le mandat de normalisation pour 2024. Celles concernant les allégations biostimulantes devraient respecter le calendrier et être inscrites au Journal Officiel Européen en avril 2024. Cette inscription leur confèrera le statut de présomption de conformité qui permettra à tout opérateur utilisant ces normes harmonisées de ne pas à avoir à fournir d'autres preuves de la validité de ces méthodes d'essais. La création de normes harmonisées étant un processus relativement long, des spécifications techniques (document avant la norme) sont d'ores et déjà disponibles et elles donnent des recommandations pour évaluer l'efficacité des biostimulants des végétaux.

Pour rappel, un biostimulant des végétaux peut revendiquer une des allégations suivantes :

- a) l'efficacité d'utilisation des éléments nutritifs;
- b) la tolérance au stress abiotique;
- c) les caractéristiques qualitatives; ou
- d) la disponibilité des éléments nutritifs confinés dans le sol et la rhizosphère.

Ces spécifications techniques, qui concernent la démonstration des allégations des biostimulants des végétaux, sont au nombre de 5 et ont été rédigées de la manière suivante : la première définit les modalités générales pour la mise en œuvre des essais puis les 4 spécifications techniques suivantes sont chacune dédiées à un type d'allégation (voir définition donnée précédemment).

Ainsi dans la première spécification technique, on peut retrouver de nombreuses informations sur la manière de mettre en place les essais : modalité témoin à prévoir, nombre de répétitions, création de groupes de culture, nombre d'essais à réaliser, type de dispositif : au champ ou en conditions contrôlées, types de sol, analyses statistiques des données, présentation du rapport, etc.

Pour la première allégation qui concerne l'efficacité d'utilisation des éléments nutritifs, il est proposé comme moyen de prouver cette allégation, d'utiliser des indices basés sur des mesures de teneurs en éléments (par exemple l'azote) dans le sol ou dans la plante (ou parties de plante). Les modalités traitées et non traitées doivent être comparées entre elles afin de prouver que l'application du biostimulant augmente, de manière significative, la disponibilité et/ou l'efficacité d'absorption et/ou l'efficacité d'utilisation de ou des éléments nutritifs concernés.

Dans la 3^{ème} spécification technique, pour démontrer la tolérance au stress abiotique d'une culture à la suite de l'application d'un biostimulant, il est d'abord demandé de vérifier que la plante a réellement subi un stress, soit par l'utilisation d'un témoin approprié, soit en suivant un marqueur de stress (physiologique, biochimique ou génétique). Puis un marqueur agronomique peut être mesuré afin de prouver que la plante stressée ayant reçu l'application du biostimulant a résisté à ce stress en comparaison à une plante stressée n'ayant pas reçu de biostimulant. Ce marqueur agronomique peut concerner un suivi de la germination, la croissance aérienne ou racinaire, la fructification, le rendement, etc.

La spécification technique suivante concerne l'amélioration des caractéristiques qualitatives et plus particulièrement les caractéristiques agronomiques et/ou marchandes des cultures après l'application d'un biostimulant. Enfin la 5^{ème} spécification technique donne des recommandations pour prouver l'augmentation de la disponibilité des éléments nutritifs confinés dans le sol ou la rhizosphère grâce à l'application d'un biostimulant.

Ainsi ces spécifications techniques sont des outils appréciables pour élaborer une méthode d'expérimentation. Il est cependant nécessaire d'adapter chaque protocole à la spécificité du biostimulant testé, de l'allégation et de la culture visée. De plus, ces recommandations doivent maintenant être confrontées à la réalité du terrain et il y aura nécessairement des évolutions dans les modalités d'essais et les indicateurs proposés selon la faisabilité technique et les avancées scientifiques.

Ainsi la mise en œuvre d'essais d'efficacité, bien qu'elle soit facilitée par ces spécifications techniques, reste compliquée et de nombreuses interrogations se posent aussi bien pour les fabricants, les prestataires de services en charge de ces essais mais également les organismes notifiés, responsable de l'évaluation de la conformité.

Staphyt, par son expertise et son expérience dans la mise en œuvre d'essais agronomiques, saura au mieux conseiller les fabricants souhaitant prouver l'efficacité de leur biostimulant dans l'objectif de la mise en marché comme fertilisant EU via le règlement 2019/1009.



Myriam ECK est ingénieur en agronomie (AgroSup Dijon) et responsable réglementaire chez STAPHYT au sein de l'équipe Regulatory qui compte plus de 60 collaborateurs à travers l'Europe. Elle est la référente senior et experte dans la réglementation relative aux matières fertilisantes. Son rôle est de conseiller et d'accompagner les professionnels à la mise en marché, aussi bien en France qu'en Europe.



Comment le contexte économique et les contraintes techniques impactent-ils le nombre de crédits carbone et leur coût d'équilibre dans les projets Label Bas Carbone Grandes-Cultures ?

LAGRANGE Hélène⁽¹⁾, LEVEAU Valérie⁽²⁾, NITSCHHELM Laure⁽²⁾, BERRODIER Marc⁽¹⁾, JEAN Marjolaine⁽¹⁾, HENAFF Morgane⁽⁴⁾, SCHNEIDER Anne⁽³⁾,

⁽¹⁾ARVALIS – Institut du végétal, Baziège (France, 31)

⁽²⁾ARVALIS – Institut du végétal, Boigneville (France, 91)

⁽³⁾AGROSOLUTIONS, Angers (France, 49)

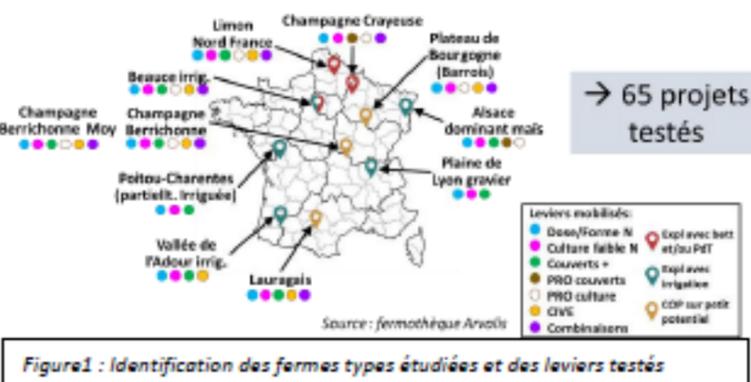
⁽⁴⁾TERRES INOVIA, Grignon (78)

Le Label Bas Carbone Grandes Cultures (LBC-GC)¹, approuvé par le ministère de la transition écologique en août 2021 voit ses premiers projets se mettre en place (49 projets grandes cultures labellisés au 26/10/2023). Afin d'accompagner la construction des projets, les membres du comité de rédaction, Arvalis, Agrosolutions, ITB, ARTB et Agrosolutions ont conduit des études pour évaluer les leviers de réduction d'émission de gaz à effet de serre et de stockage de carbone. La quantification du nombre de crédits carbones labellissables et l'estimation d'un coût d'équilibre pour ses crédits carbone ont été réalisées. Le coût d'équilibre correspond au prix auquel il faudrait pouvoir vendre un crédit carbone (1teqCO₂) pour compenser la perte de marge du projet par rapport à la référence.

L'étude présentée est conduite par Arvalis sur des « fermes types » grandes cultures, représentatives d'exploitations agricoles françaises performantes dans différentes régions. Une ferme type est une modélisation du fonctionnement technico-économique d'un système de production sur un territoire d'étude. Elles sont en majorité plus performantes que des fermes réelles. Chaque ferme type est renseignée dans l'outil SYSTERRE®, permettant de conduire des évaluations sur les indicateurs de performances multicritères. Les

fermes ainsi renseignées sont utilisées comme référence. Sur la base de ces références, des projets LBC-GC sont constitués avec l'activation des leviers bas carbone proposés par la méthode. Les leviers choisis concernent en particulier les pratiques de gestion de la fertilisation azotée ou les pratiques de stockage additionnel de carbone dans les sols (réduction de dose d'azote minérale, utilisation de formes d'azote moins émettrices, choix de cultures fixatrices d'azote ou d'autres moins consommatrices d'azote, utilisation d'engrais et amendements organiques, maximisation de la production des couverts intermédiaires, intégration d'un système de culture avec des CIVEs pour la méthanisation avec retour de digestats). Ils sont étudiés individuellement et en combinaison. Les projets ainsi proposés sont évalués en écart à la ferme de référence en termes d'émissions GES, de stockage de carbone, de bilan carbone, de réductions d'émissions (différence entre le bilan carbone de la référence et le bilan carbone avec mise en place des leviers), de marges économiques, de prix d'équilibre des crédits carbone et de co-bénéfices.

Onze fermes types conduites en agriculture conventionnelle ont été évaluées (Figure 1). 65 projets sont constitués sur ces fermes types, 55 génèrent des réductions d'émissions entre 0.01 et 1.24 teqCO₂ par hectare et par an avant rabais. Un prix d'équilibre a été calculé pour chacun des projets dans un contexte économique de prix des intrants et de prix de vente des récoltes correspondant à la moyenne 2016-2020. Il est de 53€/teqCO₂ en médiane et varie entre 4 et 662€/teqCO₂, avec 60% des projets générant des réductions d'émission présentant un coût supérieur à 50€/teqCO₂, ce qui représente une valeur supérieure au prix moyen du marché du carbone actuel qui se situe à environ 44€/teqCO₂ pour les crédits carbone agricoles vendus en France en 2022 (²Info compensation carbone, 2023). Depuis 2020, une hausse importante des coûts des intrants a été observée, en particulier sur les engrais et carburants. Les prix de vente des récoltes ont également fluctué. Les pratiques de fertilisation représentent le poste principal des émissions de gaz à effet de serre sur les exploitations étudiées (entre 42 et 82% du bilan carbone des exploitations). L'impact de cette variabilité et volatilité économique sur les coûts d'équilibre des crédits carbone a donc été étudié avec différents scénarios de prix des intrants et des récoltes dont certains se rapprochent des conditions vécues en 2022 et 2023.



On constate que le contexte économique a un impact important sur les coûts de mise en place des projets et donc le coût d'équilibre des crédits carbone. Les scénarios type 2022 (prix de vente très élevés et charges élevés) présentent plus de situations où les projets ont une marge plus élevée que la référence. Cela est dû le plus souvent à une baisse des charges plus importantes que l'augmentation des coûts qui elle-même est compensée par les prix de vente des récoltes par rapport à l'état initial 2016-2022. Cependant, il y a toujours près de 2/3 des projets qui ont un coût de mise en place >0 et près de la moitié des projets avec un coût >50€/teqCO₂. Sur un 2^{ème} scénario du type 2023 (prix de vente moyens et charges très élevées), on observe plus de projets avec un coût d'équilibre élevé : près de 65% des projets ont un coût d'équilibre supérieur à 50€/teqCO₂.

En complément, des résultats sur des travaux conduits par Agrosolutions sur des fermes réelles sont présentés. A date, 88 exploitations ont été suivies dans le projet Carbonthink dans le Grand-Est. 31 d'entre elles ont proposé des projets label bas carbone grandes cultures. Elles génèrent en moyenne 0,66 crédits carbone/ha/an (après application des rabais) pour un coût d'équilibre d'environ 76€/teqCO₂.

¹ Baptiste Soenen, Morgane Henaff, Hélène Lagrange, Edouard Lanckriet, Anne Schneider, Remy Duval, Jean-Louis Streibig, 2021. Méthode Label Bas-Carbone Grandes Cultures (version 1.0). 133p. Ce document est disponible sur le site du MTE (<https://www.ecologie.gouv.fr/label-bas-carbone>)

² Etat des lieux 2022 de la compensation carbone vue de France, INFO COMPENSATION CARBONE, édition 2023. Etat des lieux de la compensation carbone 2022 - Info Compensation Carbone (info-compensation-carbone.com)



Hélène Lagrange

Ingénieure R&D au pôle agronomie d'Arvalis, en charge en particulier de dossier sur les thématiques sur le carbone du sol, les produits organiques, fertilisation et statut acido-basique des sols. Je suis membre du comité de rédaction de la méthode Label Bas Carbone Grandes Cultures depuis sa création en 2020, j'ai ainsi participé à l'écriture de la méthode grandes cultures et aux travaux sur son évaluation présentés ici. Je co-animatrice le consortium AMG qui a pour objectif de maintenir le modèle de bilan C du sol tout en facilitant son amélioration, évaluation et diffusion. Au sein du COMIFER je co-anime le groupe de travail statut acido-basique des sols (SAB) et je participe aux travaux des groupes FORBS et PRO.

SESSION 5

Indicateurs : Evolution des outils et de leur usage



SESSION 5

Indicateurs : Evolution des outils et de leur usage

Crop nutrition: Measure to manage

(Sylvester-Bradley R., Adas)

Évolutions des teneurs en P, K et Mg dans les sols en France métropolitaine entre 2003-2011 et 2012-2019 à partir des données de la Base de Données des Analyses de Terre

(Lemercier B., Institut Agro Rennes Angers, et al.)

Evaluation d'indicateurs de la fertilité physique du sol utilisable au champ et associés à des fonctions du sol

(Métais P., Arvalis)

VOTE PRIX DU MEILLEUR POSTER

Mise en œuvre de l'outil Agro-Eco Sol : évaluation de la pertinence des bioindicateurs et de l'algorithme de diagnostic des fonctions du sol sur un jeu de données test

(Carton-Moreau C., Auréa AgroSciences et al.)

PREVIBEST : Prévenir les risques de Tassement des sols en systèmes Betteraviers. Un outil de diagnostic, support interactif pour le conseil

(Martin D., Agro-Transfert, Ressources et Territoires et al.)

REMISE DE PRIX DU MEILLEUR POSTER 2023



Présidée par Jean-Paul Bordes

Directeur Général
ACTA



Ingénieur en agriculture de formation, Jean-Paul Bordes a commencé sa carrière dans le conseil en machinisme et hydraulique agricole avant de rejoindre l'institut technique des grandes cultures (ITCF puis ARVALIS) d'abord comme ingénieur régional sur le terrain, puis chef du service agronomie, directeur des actions régionales et enfin directeur de la recherche et du développement.

Investi dans l'agronomie à toutes les phases de son parcours, il a contribué notamment à l'émergence des outils d'aide à la décision au sein de l'institut et au déploiement des services à partir de la télédétection. Il a participé à de nombreuses initiatives nationales (relance agronomique, Fertimieux, Ecophyto, réseaux Dephy, Varenne de l'eau, projet de loi d'orientation et d'avenir agricole,...).

Directeur Général de l'Acta depuis 2018, sa mission le porte à représenter le réseau des instituts techniques en France et en Europe, coordonner les programmes de recherche d'intérêt collectif et développer l'appui aux 19 instituts techniques agricoles, membres du réseau Acta, représentant plus de 2000 collaborateurs.

« Le Comifer est un endroit unique de dialogue et d'échange entre les acteurs techniques, scientifiques et économiques de la fertilisation. Ces 16^e Rencontres Comifer-Gemas existent depuis de nombreuses années -nous fêtons en 2023 leur 30 ans d'existence- et ont su résister à l'érosion du temps en se renouvelant constamment. C'est un peu comme un sol qui vit au rythme des saisons mais, année après année, il est toujours là et reste indispensable pour l'agriculture et la société en général. Que l'on soit agriculteur ou conseiller, pour gérer ou piloter la fertilité du sol, on a besoin de références et d'indicateurs, qui eux-mêmes évoluent au cours du temps pour tenir compte des nouvelles connaissances. C'est l'objet de la session que j'aurai l'honneur de présider en toute humilité et avec grand plaisir. »

Jean-Paul Bordes
jean-paul.bordes@acta.asso.fr
<https://www.acta.asso.fr/>



NUTRITION DES CULTURES : MESURER (LES GRAINS) POUR GÉRER

Roger Sylvester-Bradley

ADAS Boxworth

(Version anglaise d'origine, traduite par "Google Trad." et améliorée par L. Jordan-Meille)

La nutrition des cultures doit encore évoluer pour réduire les coûts / augmenter les marges, limiter encore davantage l'impact sur la pollution et sur le climat et pour améliorer et sécuriser la production alimentaire. Étonnamment, très peu d'agriculteurs du 21^e siècle vérifient les performances nutritionnelles de leurs cultures ! Ainsi, les agriculteurs, et, en amont, leurs conseillers, les acteurs industriels, voire les acteurs politiques, sous-estiment le coût des erreurs de gestion des éléments nutritifs, et ignorent comment les réduire. Cet article démontre par des faits avérés provenant du "Réseau pour une amélioration des rendements" (Yield Enhancement Network, ou « YEN »), que l'agriculture moderne peut et doit vraiment prendre plus en compte la gestion de son intrant majoritaire : les nutriments. Cela doit passer par une analyse plus systématique ce qui est récolté à l'échelle de chaque parcelle. Les "exportations de nutriments (kg/ha)" varient énormément ; ils ne peuvent pas être prédits, mais ils sont faciles et précis à mesurer. Les concentrations de nutriments (% matière sèche) au moment de la récolte indiquent si les cultures ont prélevé une quantité insuffisante, adéquate ou excessive de chaque nutriment. Sans mesures au moment de la récolte, la gestion des nutriments reste spéculative, ce qui empêche toute amélioration des pratiques. De nouvelles données établies au Royaume-Uni montrent que plus de 80 % des cultures, même dans les meilleures exploitations agricoles, présentent une carence d'au moins un nutriment, plus de la moitié en présentent plus d'un, et 20 % des cultures reçoivent un excès d'azote. La carence la plus courante est celle du phosphore, mais les carences en azote, magnésium et soufre sont fréquentes. Et ce, même si la disponibilité du phosphore dans le sol est jugée adéquate sur 80 % de notre SAU. Les valeurs d'exportations de nutriments suggèrent que les prélèvements sont inadéquats dans de nombreuses parcelles, peut-être en raison de mauvaises conditions d'enracinement ou de périodes de sécheresse suivant la fertilisation.

La plupart des différences de rendements enregistrées sont plus liées à l'exploitation agricole plutôt qu'à la saison, à la région, à la variété ou au type de sol. Ainsi, l'amélioration la plus rapide peut être obtenue en comparant les exploitations agricoles entre elles et en apprenant des plus performantes. Le réseau YEN permet aux exploitations agricoles de se comparer et de tirer leçon de leurs différences.

Dans certains cas, il peut s'avérer utile pour les exploitations agricoles de tester elles-mêmes les solutions proposées avant de les adopter à l'échelle de leur SAU. L'adhésion à de nouvelles pratiques a d'autant plus de chances de se réaliser que les exploitations fonctionneront en réseau.

Mots-clés : éléments essentiels, seuils critiques, analyses de grains, prélèvements de nutriments, bilans de nutriments, exportation de nutriments, allocation des nutriments, recherche participative, expérimentations à la ferme

Références de l'auteur sur le sujet

- Sylvester-Bradley, R. & Kindred, D.R. (2014). The Yield Enhancement Network: Philosophy, and results from the first season. *Aspects of Applied Biology* 125, Agronomic decision making in an uncertain climate, 53-62.
- Sylvester-Bradley, R. & Withers, P.J.A. (2012). Scope for innovation in crop nutrition to support potential crop yields. *International Fertiliser Society Proceedings* 700, 1-28.
- Withers, P.J.A., Sylvester-Bradley, R., Jones, D.L., Healey, J.R., & Talboys, P.J. (2014). Feed the crop not the soil: rethinking phosphorus management in the food chain. *Environmental Science & Technology* 48, 6523-6530.
- Sylvester-Bradley, R., Kindred, D.R., Wynn, S.C., Thorman, R.E. & Smith, K.E. (2014). Efficiencies of nitrogen fertilizers for winter cereal production, with implications for greenhouse gas intensities of grain. *The Journal of Agricultural Science* 152, 3-22.
- Clarke, C., Kindred, D., Sylvester-Bradley, R., Ramsden, M. & Berry, P. (2017). A Yield Enhancement Network for oilseeds: estimating potential growth and yield. *Aspects of Applied Biology* 136, Sustainable Intens., 315-322.
- Marchant, B., Rudolph, S., Roques, S., Kindred, D., Gillingham, V., Welham, S., Coleman, C. & Sylvester-Bradley, R. (2018). Establishing the precision and robustness of farmers' crop experiments. *Field Crops Res.* 230, 31-45.
- Sylvester-Bradley, R., Clarke, S., Kindred, D., Roques, S., Berry, P. & Welham, S. (2019). Variation across scales indicates that best progress in crop yields should come from farmer-centric research. Pp. 917-924 in *Precision Agriculture '19*, Ed. J.V. Stafford. 1030 pp., Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- Swarbreck, S.M., Wang, M., Wang, Y., Kindred, D., Sylvester-Bradley, R., Shi, W., Singh, V., Bentley, A.R. & Griffiths, H. (2019). A roadmap for lowering crop nitrogen requirement. *Trends in Plant Science* 24, 892-904.
- Lacoste, M., Cook, S., McNee, M., Gale, D., Ingram, J., Bellon-Maurel, V., MacMillan, T., Sylvester-Bradley, R., & 14 others (2022). On-Farm Experimentation to transform global agriculture. *Nature Food* 3, 11-18.
- White, C., Wilkinson, T., Kindred, D., Belcher, S., Howard, B., Vickers, R., & Sylvester-Bradley, R. (2022). The Bean YEN: Understanding bean yield variation on UK farms. *Annals of Applied Biology* 181, 137-151.
- Berry, P., Williams, J., Sylvester-Bradley, R., Newell-Price, P., Preece, G., Kindred, D. & Clarke, S. (2022). Impact of high nitrogen fertiliser prices on nutrient management of arable and forage crops. *Proceedings of the International Fertiliser Society* 872, 1-30.
- Sylvester-Bradley, R., Roques, S., Baxter, C. & Kendall, S. (2022). Nutrient harvests: the essential yardstick to transform crop nutrition. *Proceedings of the International Fertiliser Society* 874, 2-56.



Roger Sylvester-Bradley est responsable du service "Performances des cultures" au sein du groupe de physiologie des cultures de l'ADAS (Royaume-Uni), et professeur honoraire à l'Université de Nottingham. Après avoir travaillé sur l'influence de la nutrition des cultures sur leur productivité pendant plus de 50 ans, Roger continue de se passionner pour le sujet et repousse sans arrêt son départ à la retraite. Il a créé le réseau "Amélioration des rendements" ("Yield Enhancement Network", YEN) et s'intéresse désormais à la recherche participative en agriculture : ne pas seulement travailler au service des agriculteurs, mais aussi avec eux, leurs conseillers, dans le but d'accélérer les progrès sur le terrain. Ses recherches sont publiées dans plus de 250 rapports et articles scientifiques.

ADAS Boxworth, Cambridge, CB23 4NN, UK
Email: roger.sylvester-bradley@adas.co.uk Tel: +447884 114311

<https://comifer.asso.fr>



ÉVOLUTIONS DU PH ET DES TENEURS EN P K MG DANS LES SOLS DE FRANCE HEXAGONALE ENTRE 2003 ET 2020 À PARTIR DE LA BASE DE DONNÉES DES ANALYSES DE TERRE

Blandine Lemercier, Manon Caubet, Nolwenn Le Pioufle, Eva Rabot, Antonio Bispo, Nicolas Saby

Contexte

Les contraintes économiques et notamment l'augmentation continue des prix de l'énergie affectent le prix des fertilisants, et s'accompagnent d'une réduction générale de la fertilisation phospho-potassique des parcelles agricoles au niveau national, mise en évidence par les statistiques des ventes produites par l'UNIFA (Union des Industries de la Fertilisation). Cette diminution pourrait a priori avoir des répercussions sur la disponibilité des éléments dans le sol, et affecter la fertilité des sols.

En France, la Base de Données des Analyses de Terre (BDAT Info&Sols, INRAE Orléans) regroupe depuis 1990 les résultats d'analyses agronomiques d'horizons de surface de sols cultivés, effectuées à la demande d'agriculteurs sur l'ensemble du territoire hexagonal, par des laboratoires agréés par le Ministère en charge de l'agriculture. Cette base rassemble ainsi, sur la période 1990-2020, plus de 3,6 millions de déterminations de pH (eau), 3,5 millions de déterminations de phosphore (P) extractible issues des trois méthodes d'analyses principales pratiquées en France (Joret-Hébert, Dyer et Olsen) et un nombre équivalent de déterminations de potassium (K) et magnésium (Mg) échangeables. Afin de déterminer si les offres en P, K et Mg du sol et le pH ont significativement varié au cours de la période récente et estimer l'amplitude de cette variation, un diagnostic spatio-temporel a été conduit en comparant les données agrégées en deux périodes temporelles de 9 ans (2003-2011 et 2012-2020).

Méthodologie

Les valeurs brutes ont été étudiées, et les teneurs P, K et Mg ont fait l'objet d'interprétations agronomiques pour évaluer la disponibilité de ces éléments pour les cultures. Ces analyses ont été menées à l'échelle des 713 Petites Régions Agricoles (PRA) de France hexagonale.

Afin d'harmoniser les informations sur le P extractible issues des trois méthodes d'analyse, un indicateur appelé « P équivalent Olsen » a été calculé à l'aide d'une fonction de pédotransfert qui considère le pH et la valeur en P mesurée par la méthode Joret-Hébert ou la méthode Dyer (Hu et al., 2021).

Un algorithme spécifique générant des séries de sous-échantillonnage des données brutes et synthétisant les statistiques a été construit afin de tenir compte des biais possibles issus du mode de collecte des informations. En effet, la répartition spatiale des échantillons peut varier entre les années.

Concernant l'évaluation de la fertilité chimique des sols, un diagnostic agronomique basé sur les seuils d'impasse du logiciel RegiFert® (Denoroy et al., 2004) a été réalisé selon la méthode proposée par Follain et al. (2009). Pour chaque échantillon de la BDAT disposant des informations nécessaires, RegiFert® permet d'évaluer la nécessité d'une fertilisation pour atteindre le rendement potentiel, en tenant compte de la culture, du statut nutritif du sol et d'autres caractéristiques du sol (pH, teneurs en CaCO₃, argile et carbone organique). L'évaluation a été réalisée pour des cultures à faible et forte sensibilité à la disponibilité en P, K et Mg, fournissant des résultats sous la forme de trois classes de fertilité chimique : faible, intermédiaire et élevée, synthétisés par période et par PRA

Résultats

Les évolutions du pH eau des sols non calcaires sont significatives dans 54% de la SAU et mettent en évidence quasiment exclusivement des augmentations.

Concernant l'évolution des teneurs, les travaux précédents réalisés à partir des données de la BDAT ont montré une augmentation en Mg, des teneurs relativement stables en K et une diminution globale des teneurs en P entre 1990-2004 et 2005-2014 (Saby et al., 2016). Les résultats incluant les données les plus récentes confirment ces tendances :

- **P équivalent Olsen** : la très grande majorité des évolutions dont des diminutions, avec 68% de la SAU en baisse significative, moins de 3% en augmentation, et 21% sans évolution significative. Ces évolutions ont une conséquence sur la répartition des classes d'interprétation agronomique pour 33% de la SAU. Ainsi, près d'un quart (24%) de la SAU se trouve en classe de fertilité faible sur la dernière période (2012-2020) alors que ce chiffre s'élevait à 11% sur la période 2003-2011. D'autre part, les PRA qui présentaient une grande majorité de classes de fertilité fortes en P sur les périodes précédentes restent pour la plupart dans cette même classe.

- **Potassium** : les évolutions de teneurs significatives (52% de la SAU) sont essentiellement des diminutions (46%), excepté dans les zones viticoles. L'interprétation agronomique met en évidence une accélération des diminutions de la classe forte au profit de la classe moyenne, sans impact visible sur la classe faible.

- **Magnésium** : les résultats montrent une augmentation des teneurs, qui tend à s'accroître, et des niveaux globaux de fertilité moyens à forts. Il ne semble pas y avoir d'enjeu particulier sur le magnésium en terme de fertilité au niveau hexagonal.

Conclusion et recommandations

Les tendances générales d'évolution des sols agricoles de France hexagonale montrent une augmentation du pH, et du Mg et une diminution du K mais surtout du P. Les diagnostics agronomiques mettent en évidence une variation des effectifs des trois classes de fertilité, y compris pour le phosphore, mais qui reste limitée. Autrement dit, les évolutions constatées en éléments n'impactent pas fortement les préconisations de fertilisation, au niveau hexagonal. Cependant, les évolutions de la disponibilité en éléments nutritifs mises en évidence sur les trente dernières années suivent les tendances observées pour les éléments. Elles incitent donc à la vigilance et justifient le suivi des bilans minéraux à la parcelle agricole et une politique de suivi analytique régulier et raisonné des terres.

Ce travail démontre l'importance de collecter et rassembler ces informations produites dans un cadre individuel pour le pilotage des parcelles afin de les réutiliser dans un cadre général et produire des résultats sur les distributions statistiques des indicateurs de la fertilité des sols agricoles. Cependant ces résultats montrent des tendances à petite échelle, et peuvent masquer une diversité de situations au sein des PRA. En conséquence, ces résultats ne doivent pas être utilisés pour gérer la fertilisation spécifique des parcelles agricoles. L'analyse de terre par zone homogène au niveau parcellaire reste la seule source d'information valable pour un raisonnement la fertilisation dans le cadre de la méthode COMIFER.

Références bibliographiques

- Denoroy, P., Dubrulle, P., Villette, C., Colomb, B., Fayet, G., Shooser, M., Pellerin, S., Pellerin, F., Boiffin, J., 2004. RegiFert, interpréter les résultats des analyses de terre, Techniques et pratiques. INRA, Paris.
- Follain, S., Schvartz, C., Denoroy, P., Villette, C., Saby, N.P., Arrouays, D., Lemercier, B., Walter, C., 2009. A method for assessing available phosphorus content in arable topsoils over large spatial scales. *Agronomy for sustainable development* 29, 371–379. <https://doi.org/10.1051/agro:2008046>
- Hu, B., Bourennane, H., Arrouays, D., Denoroy, P., Lemercier, B., Saby, N.P.A., 2021. Developing pedotransfer functions to harmonize extractable soil phosphorus content measured with different methods: A case study across the mainland of France. *Geoderma* 381, 114645. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114645>
- Saby, N., Gouny, L., Lemercier, B., Denoroy, P., Eveillard, P., 2016. Utilisation des données de la BDAT pour étudier l'évolution spatio-temporelle des teneurs en Magnésium échangeable, Potassium échangeable et Phosphore extractible dans les sols agricoles de France métropolitaine, 89 p.

Blandine Lemercier



Ingénieure de recherche en science du sol à l'Institut Agro Rennes-Angers, elle est responsable de programmes de cartographie des sols, et notamment Sols de Bretagne, et s'intéresse à la spatialisation des propriétés des sols.

UMR Sol Agro et hydrosystème Spatialisation, Institut Agro – INRAE
65 rue de Saint-Brieuc - CS84215
35042 Rennes Cedex
Blandine.Lemercier@institut-agro.fr

Nolwenn Le Pioufle



Ingénieure d'études en traitement des données et suivi de projet à l'unité Infosol de l'INRA d'Orléans, elle travaille sur la gestion et l'analyse statistique des données issues de la Base de Données de la Terre.

UR Info&Sols – INRAE
2163 avenue de la pomme de pin CS 40001 - Ardon
45075 ORLEANS CEDEX 2
Nolwenn.Le-Pioufle@inrae.fr

Eva Rabot



Chargée de recherche en science du sol à INRAE Info&Sols, ses activités de recherche abordent la dynamique récente et future des propriétés physiques et biogéochimiques des sols.

UR Info&Sols – INRAE
2163 avenue de la pomme de pin CS 40001 - Ardon
45075 ORLEANS CEDEX 2

Nicolas Saby



Ingénieur de recherche à l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement, il est responsable de programmes de cartographie des sols, et notamment Base de données des Analyses de Terre, et s'intéresse à l'analyse spatio-temporelle des propriétés des sols.

UR Info&Sols – INRAE
2163 avenue de la pomme de pin CS 40001 - Ardon
45075 ORLEANS CEDEX 2
Nicolas.Saby@inrae.fr



EVALUATION D'INDICATEURS DE LA FERTILITE PHYSIQUE DU SOL UTILISABLE AU CHAMP ET ASSOCIES A DES FONCTIONS DU SOL

Métais P.¹, Tscheiller R.², Merelle F.³, Le Guillou C.⁴, Carton Moreau C.⁵, Valé M.⁵

¹Arvalis, 2 rue Henri Mondor, Biopôle Clermont Limagne, 63360 Saint Beuzire, France

²Arvalis, Station inter-instituts, 6 chemin de la côte vielle, 31450 Baziège, France

³AUREA, 1 rue Samuel Champlain, 17074 La Rochelle cedex 9, France

⁴EODD Ingénieurs Conseils, 171 rue Leon Blum, 69100 Villeurbanne, France

⁵AUREA, 270 avenue de la pomme de pin, 45160 Ardon, France

La fertilité physique du sol est un enjeu majeur pour la performance et la résilience des systèmes de cultures, et il est donc nécessaire de disposer d'outils adaptés pour suivre cette fertilité et ajuster les pratiques en conséquence. Le principal levier de gestion de la fertilité physique à court terme est le travail du sol, énergivore et chronophage, donc très coûteux dans le contexte actuel. Pouvoir s'appuyer sur des indicateurs fiables pour prendre les bonnes décisions de travail ou de non-travail du sol devient alors indispensable.

L'indicateur de référence en matière de fertilité physique est le profil cultural (Boizard et al., 2019), mais celui-ci est trop peu mis en oeuvre par les agriculteurs : c'est une méthode destructrice et nécessitant de l'expertise. Fort de ce constat, d'autres indicateurs ont été développés ; on peut notamment citer le test bêche mis au point par l'ISARA (Peigné et al., 2019) qui reprend les mêmes critères que le profil cultural, mais aussi d'autres indicateurs ciblant chacun une fonction précise : stabilité structurale, infiltration de l'eau dans le sol, résistance du sol à la pénétration racinaire, etc.

Ces indicateurs sont-ils faciles à mettre en oeuvre au champ ? Fournissent-ils une information fiable ? Peut-on les utiliser pour évaluer l'effet de pratiques ou pour prendre des décisions ? Sont-ils complémentaires ou redondants ? Face aux nombreuses questions soulevées par l'émergence de ces indicateurs, Auréa et Arvalis se sont associés pour recenser les indicateurs existants, mettre en oeuvre les plus prometteurs et identifier les intérêts et limites de ces derniers.

Dans cette présentation, nous ciblerons trois indicateurs : le slake test selon la méthode décrite par Herrick et al. (2001), le beerkan test (Mumen, 2006) et la pénétrométrie. Chacun d'entre eux a été évalué selon différents critères et objectifs. Dans un premier temps, leur facilité de mise en oeuvre a été objectivée. Ensuite, la répétabilité de la mesure et sa sensibilité aux conditions de réalisation, au milieu et aux pratiques agricoles ont été étudiées. La connaissance de ces informations est indispensable pour pouvoir faire de ces mesures des indicateurs de fonctions du sol. Enfin, une attention particulière a été portée sur les possibilités d'interprétation de ces indicateurs : que peut-on déduire de la mesure de ces indicateurs et est-ce possible de les utiliser pour suivre la fertilité physique du sol, orienter les décisions d'intervention ou évaluer des pratiques agricoles ?

Le slake test consiste à prélever de petits agrégats de sol (de l'ordre du cm) puis à les placer dans l'eau et évaluer leur dégradation selon la méthode décrite par Herrick et al., (2001) pour en déduire la stabilité structurale du sol. Contrairement à d'autres tests de stabilité structurale, cette méthode a l'intérêt d'être standardisée, avec une échelle de notation objective qui s'adosse à l'emploi d'un kit spécifique. Cet indicateur s'est avéré répétable dans notre étude, grâce d'une part à la standardisation du test et d'autre part à un nombre important de répétitions (18 agrégats étudiés). Ce nombre élevé de répétitions n'est pas trop contraignant dans la mesure où le temps de prélèvement et de mesure est court, avec de plus la possibilité de traiter plusieurs agrégats en parallèle. Les résultats obtenus avec cette méthode sont bien corrélés avec la méthode de Le Bissonnais, méthode de référence au laboratoire. Cependant, il est nécessaire de recourir à un matériel spécifique, d'éviter de prélever en conditions trop humide, et de prévoir un temps de séchage des agrégats.

Le test Beerkan permet d'évaluer la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol en mesurant le temps nécessaire à l'infiltration de plusieurs volumes successifs d'eau dans le sol (Lassabatère et al., 2006; Mumen, 2006). Cet indicateur renseigne directement sur la capacité du sol de surface à infiltrer l'eau d'une pluie, cependant, la mesure peut s'avérer très longue, nécessiter de grandes quantités d'eau et plusieurs répétitions au vu de sa variabilité. Il est donc difficile de réaliser suffisamment de répétitions pour obtenir une mesure précise : l'interprétation en classe d'infiltration semble plus prometteuse que les valeurs en elle-même pour une application agriculteur.

Enfin, les mesures au pénétromètre, manuel d'une part et électronique d'autre part, montrent qu'il est tout à fait possible de déceler une rupture de résistance avec une tige manuelle ce qui en fait un outil de diagnostic pertinent pour un agriculteur. Dans les deux cas, l'observation visuelle est indispensable pour identifier la cause d'un changement de résistance (compaction du sol, changement de texture ou front d'humectation). Pour évaluer des différences entre traitements expérimentaux, la valeur de résistance moyenne sur 50 cm s'avère un indicateur pertinent à conditions de connaître l'humidité du sol. Le rapport entre la résistance maximale atteinte dans la couche arable et la résistance minimale dans l'horizon pédologique sous-jacent permet d'indiquer la présence d'une zone dure dans la couche arable.

Au-delà de ces premiers résultats, ce travail mérite d'être poursuivi pour pouvoir construire des référentiels d'interprétation de ces indicateurs et des outils de pilotage adossés.

Mots clés : Slake test, Beerkan test, pénétromètre, stabilité structurale, infiltration, compaction, répétabilité

Bibliographie :

Boizard, H., J. Peigné, J.-F. Vian, A. Duparque, V. Tomis, et al. 2019. Les méthodes visuelles d'évaluation de la structure du sol au service d'une démarche clinique en agronomie. *Agron. Environ. Sociétés* 9(2): 55–76.

Herrick, J.E., W.G. Whitford, A.G. de Soyza, J.W. Van Zee, K.M. Havstad, et al. 2001. Field soil aggregate stability kit for soil quality and rangeland health evaluations. *CATENA* 44(1): 27–35. doi: 10.1016/S0341-8162(00)00173-9.

Lassabatère, L., R. Angulo-Jaramillo, J.M. Soria Ugalde, R. Cuenca, I. Braud, et al. 2006. Beerkan Estimation of Soil Transfer Parameters through Infiltration Experiments—BEST. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70(2): 521–532. doi: 10.2136/sssaj2005.0026.

Mumen, M. 2006. Caractérisation du fonctionnement hydrique des sols à l'aide d'un modèle mécaniste de transferts d'eau et de chaleur mis en oeuvre en fonction des informations disponibles sur le sol. : 213 p. <https://hal.inrae.fr/tel-02823458> (accessed 5 December 2022).

Peigné, J., S. Cadoux, P. Métais, and J.-F. Vian. 2019. Des méthodes bêches dérivées de la méthode du profil cultural. *Agron. Environ. Sociétés* 9(2): 87–94.



Pascale Métais

Arvalis

Vote Prix du Meilleur Poster

Vote en ligne jusqu'au mercredi 22 novembre au matin selon les critères suivants

Intérêt scientifique / technique

Originalité

Clarté des résultats / compréhension

Lisibilité / 500 mots maximum



offert par



POSTERS

47 posters - 5 pôles thématiques



Qualité globale des sols

- 1- Guide d'interprétation à l'analyse des bioindicateurs Microbioterre : un nouvel outil pour un conseil opérationnel à la parcelle agricole (R. Tscheiller et al., Arvalis)
- 2- Des tableaux de bord évaluant les services attendus de la fertilité des sols : des outils en coconstruction pour piloter la transition agroécologique (AS. Perrin et al., Terres Inovia)
- 3- Adaptation et utilisation du modèle AMG pour simuler l'évolution du stock de carbone du sol sous une culture énergétique pérenne : cas du miscanthus (JC. Mouny, Agro-Transfert Ressources et Territoires)
- 4- Impacts des pratiques agricoles sur la qualité biologique des sols sur un réseau de fermes utilisant des digestats (A. Hermant et al., CA de Côte d'Or)
- 5- Effet d'un apport répété de digestats sur la qualité biologique des sols agricoles (A. Hermant et al., CA de Côte d'Or)
- 6- Dige'O : Une plateforme expérimentale en plein champs et dispositif pédagogique de l'impact des digestats de méthanisation sur l'agroécosystème (M. Johnson et al., Etablissement Public Local d'Enseignement Professionnel Agricole (EPLEFPA) du Bas-Rhin)
- 7- Gérer la stabilisation de la matière organique du sol par la fertilisation raisonnée : le projet MaCaN (T. Guillaume, Agroscope)
- 8- Etude de l'effet du chaulage sur la structure du sol, analyse d'un essai longue durée en Pays de la Loire (H. Lagrange, Arvalis)

Evolution des méthodes, pratiques et bilans de fertilisation

- 9- Quelle méthode choisir pour déterminer des seuils d'impasse en P ? Modèle statistique et mise en œuvre (L. Jordan-Meille et al., Bordeaux Sciences Agro)
- 10- Proposition d'un référentiel pour raisonner les apports en P et K en culture de tomate et de laitue (A. Rousselin, Aprel)
- 11- L'agriculture de précision : un atout pour rendre les sols plus résilients face au changement climatique (L. Varvoux, Terrena)
- 12- Amplitude de la dose optimale d'azote au sein d'une parcelle : conséquences sur la modulation intra-parcellaire (V. Bruel, BeApi)
- 13- Evaluation d'une méthode de pilotage de la fertilisation azotée sur culture de pomme de terre (D. Eybalin, Arvalis)
- 14- Pour une meilleure compréhension de la nutrition des plantes en Agriculture de Conservation des Sols (A. Lemoine, CA Pays de la Loire)
- 15- Interactions entre fertilité phosphatée et azotée pour la culture de maïs (D. Hanocq, CA Bretagne)
- 16- Etat des lieux de la fertilité en phosphore des sols de parcelles conduites en AB (G. Véricel, Arvalis)
- 17- Evolution des bilans régionaux de fertilisation P, K et Mg en France de 1988 à 2022 (L. Bellanger, Unifa)



Maîtrise des transferts vers l'air et les eaux

- 18- Un territoire pilote pour mieux comprendre les émissions et la dispersion de l'ammoniac (A Guezengar, CA Bretagne)
- 19- Développement de l'outil web Agrivision'air : une prévision de la volatilisation de l'ammoniac à l'épandage (L. Oddos, CA Bretagne)
- 20- La volatilisation d'ammoniac des digestats : quelle perte de valeur fertilisante et quel impact sur la qualité de l'air ? (C. Decuq, Inrae)
- 21- Réduire les émissions de gaz à effet de serre des engrais azotés : l'hydrogène vert et les micro-organismes comme levier (M. Steffen, Fertiberia France)
- 22- INRAE Transfert Metys EnVisaGES – Mesurer les pertes d'azote par volatilisation à l'épandage de différents fertilisants azotés selon différents modes d'application pour une meilleure gestion de l'azote en agriculture
Projet régional PEI PARTAGE, Grand-Est (AS. Lissy, Inrae)
- 23- Accompagner les agriculteurs vers une meilleure gestion de l'azote : les usages du Syst'N® dans le projet GAZELLE (J. Chauvin, Agro-Transfert Ressources et Territoires)
- 24- Réduire les émissions du gaz à effet de serre N₂O par les sols en agissant sur le fonctionnement de l'enzyme N₂O réductase (H. Bréfort - C. Hénault, Inrae)
- 25- Impact de l'apport des produits chaulant sur les émissions de CO₂ du sol : des effets contrastés observés à différentes échelles (C. Rousset - C. Hénault, Inrae)
- 26- Quantification des teneurs en nutriments dans les sols des parcours de poules pondeuses (V. Poulain - F. Obriot et al., Ldar)
- 27- Fertilisation azotée du blé : Solide ou Liquide ? Effets de la présentation physique des engrais azotés minéraux sur la dynamique d'absorption de l'azote. (M. Lambert, Yara France)

Matières fertilisantes : réglementation, MAFOR, engrais verts

- 28- Quelles sont les conséquences du nouveau règlement UE 2019/1009 sur la qualité d'un produit fertilisant issu du traitement des eaux usées ? (M. Blanc, CA Charente-Maritime-Deux-Sèvres)
- 29- FERTI.CLICK : un outil numérique pour améliorer la connaissance et l'usage des fertilisants (F. Ehrhardt, Rittmo)
- 30- Mes données Ferti : une solution mutualisée pour la collecte et la diffusion maîtrisée des données pour les matières fertilisantes (J. Leobon, Agro Edi Europe)
- 31- Mise au point de méthode de détection d'azote de synthèse dans des engrais organiques (D. Billard et al., Afaïa en partenariat avec Eurofins Nantes)
- 32- Effet direct et arrière-effet azoté des apports de Mafor en culture de canne à sucre (A. Février et al., eRrcane)
- 33- Emergence d'une filière de mise en circularité des nutriments. L'exemple du démonstrateur Kolos (F. Brun, LEESU, Ecole des Ponts, Univ Paris Est Creteil)
- 34- Bilan N et P du système d'assainissement français : état des lieux et potentiel pour la fertilisation agricole (T. Starck, Programme OCAPI, laboratoire LEESU)
- 35- Fertiliser, amender les sols avec du fumier équin (P. Doligez, IFCE)
- 36- Autonomie en engrais organiques : résultats d'un essai système de maximisation de l'usage des engrais verts en maraichage biologique (E. Langard et al., EPLEFPA Les Sillons de Haute Alsace)
- 37- Fertilisation des sols par apport de composts de biodéchets auto-produits en maraichage biologique (P. Cannavo, Institut Agro, EPHOR)
- 38- Restitutions de carbone et d'azote par les résidus d'une culture de luzerne (P. Thiebeau et al., UMR A 614 INRAE-URCA Fractionnement des AgroRessources et Environnement (FARE))

Matières fertilisantes : biostimulants et nouveaux intrants

- 39- Comment les microbes peuvent être les piliers de la nutrition végétale de demain (L. Villar, Agrauxine by Lesaffre)
- 40- Utilisation de Sphingomonas sediminicola et de Rhizobium leguminosarum comme biointrants microbiens pour le développement d'une agriculture durable (V. Sarazin, Sadef)
- 41- Peut-on améliorer l'efficacité des biostimulants pour la fertilisation azotée en étudiant leurs effets biologiques ? (J. Broutin et al., Inrae)
- 42- Valorisation des digestats par extraction des fractions biostimulantes - Effets sur la croissance du seigle d'hiver et la biodiversité du sol (M. Salomez, Total Energies)
- 43- Biostimulants non microbiens du sol pour améliorer l'efficacité des engrais par une mycorhization accrue des racines (A. Le Gall et al. Olmix)
- 44- Plus qu'un engrais organique : le potentiel du Frass de vers de farine (Tenebrio molitor) comme alternative aux engrais minéraux (E. Bohuon, Ynsect)
- 45- Du sulfate d'ammonium d'origine animale pour remplacer les engrais azotés de synthèse : du développement d'un pilote mobile à l'évaluation de l'efficacité azotée au champ (M. Moreira, CA Bretagne)
- 46- Effets de la Technologie TOP-PHOS sur la biodisponibilité du P dans le sol et nutrition P des plantes (M. Arkoun, Agro Innovation International – Laboratoire Nutrition Végétale – TIMAC Agro)
- 47- Optimisation de la production d'acide phosphorique pour les engrais (A. Wavreille - B. Van Massenhove, Prayon)





MISE EN ŒUVRE DE L'OUTIL AGRO-ECO SOL : ÉVALUATION DE LA PERTINENCE DES BIOINDICATEURS ET DE L'ALGORITHME DE DIAGNOSTIC DES FONCTIONS DU SOL SUR UN JEU DE DONNÉES TEST

Carton Moreau C.¹, Valé M.¹, Le Souder C.², Hourcade D.²

¹AUREA, 270 avenue de la pomme de pin, 45160 Ardon, France

²Arvalis, Station Expérimentale, 91720 Boigneville, France

Evaluer les aptitudes culturales des sols agricoles et appréhender l'impact des pratiques nécessite des outils de diagnostics et de conseils adressant l'ensemble des composantes de la fertilité. En complément des analyses de terre physico-chimiques et des observations terrain, inclure la composante biologique dans ces outils apparaît essentiel pour évaluer et piloter la diversité des services que l'on attend des sols (support fertile de la production, stockage du carbone, limitation des émissions de gaz à effet de serre, régulation des bioagresseurs...).

Le projet Agro-Eco sol est né d'une volonté de pouvoir accéder à une gestion agroécologique des sols incluant l'ensemble des pratiques agricoles et à des outils d'évaluation et de conseil fiables, pratiques et reproductibles. Conduit de juillet 2017 à octobre 2022, il est porté par Auréa AgroSciences, en partenariat avec l'INRAE et ARVALIS.

Grâce à du transfert de technologie entre la recherche et Auréa, la mise en œuvre de ruptures technologiques sur les différentes étapes du processus analytique (prélèvement, préparation, mesure) et l'acquisition de nouvelles références, un large panel d'indicateurs est opérationnel pour réaliser le diagnostic fonctionnel (Tableau 1).

Tableau 1 : liste des indicateurs mobilisés dans le projet

Indicateur	Méthode
Observations terrain	<ul style="list-style-type: none"> Etat de surface, pierrosité, profondeur test bêche
Caractérisation physico-chimique	Granulométrie, calcaire, pH, carbone organique, azote total, CEC, éléments nutritifs
Caractérisation de la matière organique	<ul style="list-style-type: none"> Fractionnement granulométrique de la matière organique Carbone oxydable au $KMnO_4$ Carbone vivant (fumigation / extraction) Azote Biologiquement Minéralisable (ABM)
Abondance et diversité des bactéries et champignons	<ul style="list-style-type: none"> ADN microbien total Abondance relative des champignons (ADNr 18S) et des bactéries (ADNr 16S) (ratio F/B) Diversité taxonomique par séquençage ADN haut débit
Activité microbienne	Activités enzymatiques <ul style="list-style-type: none"> Cycle du Carbone : β-Glucosidase, β-Galactosidase Cycle de l'Azote : Uréase, Acylamidase Cycle du Phosphore : Phosphatase, Phosphatase alcaline, PDE (phospho-diesterase) Cycle du Soufre : Arylsulfatase
Abondance et diversité des vers de terre, des carabidés, des collemboles et des nématodes	Identification par piégeage et analyse morphologique

Basé sur la confrontation entre des niveaux attendus et mesurés de fonctions agronomiques, environnementales et écologiques du sol, ce diagnostic débouche sur des propositions de leviers agronomiques pour entretenir ou améliorer les services rendus par le sol (Le Souder et al., 2021).

La définition des niveaux attendus, ainsi que des relations entre indicateurs et processus du sol repose sur la littérature scientifique, la mise en œuvre de modèles mais également de dires d'experts. La pertinence de ces algorithmes a été évaluée sur huit essais longue durée traitant différents leviers agronomiques (Tableau 2), pour un total de 64 modalités analysées. En complément de ces essais analytiques, le diagnostic Agro-Eco Sol a été testé sur une centaine de parcelles agricoles réparties sur l'ensemble du territoire métropolitain.

L'analyse de ce jeu de données (pratiques culturales, observations terrains, analyses physiques, chimiques et biologiques) contribue à l'amélioration de l'outil Agro-Eco Sol.

- Il complète les référentiels de distribution des indicateurs, et affine la connaissance de leur variabilité selon le contexte pédoclimatique.
- Cette mobilisation inédite d'un tel panel d'indicateurs permet d'étudier les relations entre bioindicateurs, et d'évaluer les éventuelles corrélations / redondance.
- Les essais analytiques complètent les connaissances sur l'impact des pratiques culturales sur les indicateurs
- Ces parcelles d'essais fournissent un premier retour d'expérience sur la mise en pratique de ces indicateurs
- Grâce à la bonne connaissance de ces dispositifs et à la disponibilité, sur certains, de valeurs de fonction mesurées, il est possible d'enrichir et de consolider des liens Indicateur – Fonction, ou encore Combinaisons d'indicateurs – Fonction.

Tableau 2 : liste des essais longue durée mobilisés

Lieux	Dépt	Partenaires	Facteur étudié	Nb modalités analysées
La Jaillière - AMB PRO	44	Arvalis	Chaulage et PRO	5
Oulmes	85	ChAg 85, Trivalis, Arvalis	PRO et Ferti N	6
St Hilaire en Woëvre	55	Arvalis	Travail du sol et résidus	5
Boigneville - SdC	91	Arvalis	Rotation Bio + variabilité Type de sol + travail du sol/CI	19
Poix	51	AREP	Système de culture, couverts	10
Pusignan, St Ex INNOV	69	Arvalis + coll.	Travail du sol et SdC	8
SYPPRE Lauragais	31	Inter-instituts	Systèmes innovants (rotation, travail du sol, couverts)	4
SYPPRE Béarn	64	Inter-instituts	Systèmes innovants (rotation, travail du sol, couverts)	7

Le projet est accompagné par l'ADEME dans le cadre du programme « Industrie et Agriculture éco-efficientes » du programme des Investissements d'Avenir.

Mots clés : Bioindicateurs du sol, diagnostic fonctionnel, référentiels, analyse de terre, conseil

Le Souder C., Valé M., Chlebowski F., Ranjard L., Maron P-A., Dequiedt S., Hedde M., Cortet J., Cheviron N., Mougin C., Saby N., Villenave C., Dizien C., Soenen B. (2021) Agro-Eco Sol, un outil de diagnostic des fonctions du sol basé sur des bioindicateurs; structure et règles générales d'interprétation, 15^{ème} Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre (GEMAS COMIFER, Clermont-Ferrand, 24-25 novembre 2021)



PREVIBEST : PREVENIR LES RISQUES DE TASSEMENT DES SOLS EN SYSTEMES BETTERAVIERS

Damian Martin¹, Rémy Duval², Pierre Dul², Annie Duparque¹, Vincent Tomis¹, Thomas Leborgne²

¹Agro-Transfert-Ressources et Territoires

²Institut Technique de la Betterave

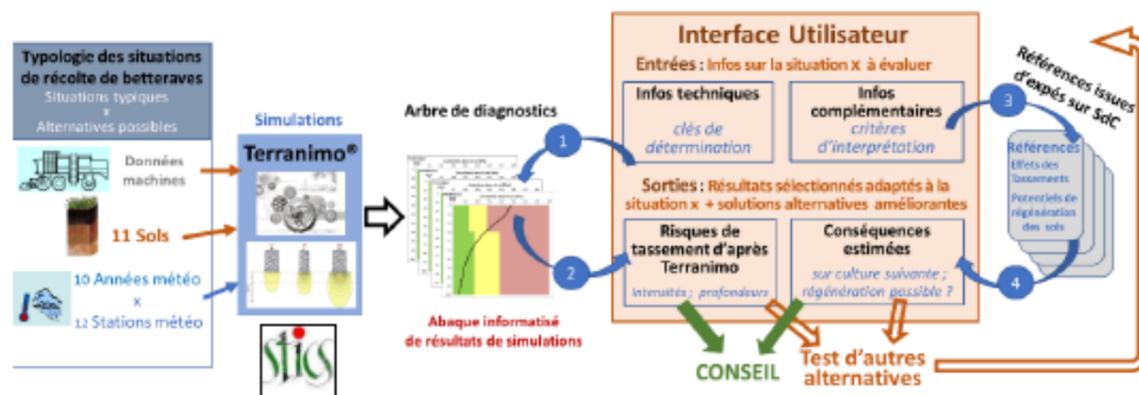
Contexte et enjeux

La préservation de la qualité des sols est un enjeu majeur de l'agroécologie et de la durabilité des systèmes d'exploitation. L'évolution récente et rapide des types de matériels utilisés dans les chantiers de récolte de betterave sucrière, caractérisés par des charges à l'essieu très élevées, et en parallèle la nécessité pour l'industrie sucrière d'augmenter les durées de campagne d'approvisionnement des usines, concourent à accentuer les risques de générer des tassements en profondeur dans les systèmes de cultures betteravières. Ces tassements profonds, non corrigibles par des interventions mécaniques ultérieures, peuvent avoir des conséquences agronomiques sur les cultures (occupation racinaire limitée, moindre accès à l'eau, etc.). L'ITB, Agro-Transfert RT et Tereos ont construit le projet PréviBest¹ dans l'objectif, après avoir évalué expérimentalement les conséquences de tassements profonds sur la productivité des cultures suivantes, d'élaborer une première version fonctionnelle d'un outil d'aide à la décision tactique qui facilite les choix des agriculteurs, des responsables de chantiers (CUMA, ETA), des services d'approvisionnement d'usines sucrières, afin d'éviter la formation de tassements profonds lors des récoltes de betteraves.

Principes et fonctionnement de l'outil

Les règles de décision mises en jeu par l'outil reposent sur un double diagnostic de risque physique d'engendrer un tassement profond dans les conditions de récolte considérées et de risque de perte de productivité ultérieure selon la sensibilité du système de culture considéré (établie sur la base des données expérimentales obtenues dans le cadre du projet). Chacune des situations de récolte retenue est décrite par le type de machines mises en oeuvre sur le chantier et leur caractéristiques (nombres d'essieux, charge, pneus), par le type de sol et par son état hydrique. Un diagnostic de risque de compactage superficiel ou profond est ensuite établi. En cas de risque, l'outil propose d'agir sur différents leviers accessibles aux acteurs qui pilotent les chantiers (charges maximales acceptées des machines, possibilités de retarder une récolte...), visant à diminuer le risque de tassement en profondeur par rapport à la situation initiale.

Figure 1 : Construction de « l'arbre de diagnostics » et schématisation de l'interface utilisateur



L'état hydrique du sol est établi avec le modèle STICS [stics.paca.hub.inrae.fr]. Le risque de compaction initial ainsi que l'effet des leviers sont issus de simulations avec l'outil Terranimo [www.terranimodk]. Les résultats des simulations sont collectés et organisés dans un abaque, « l'arbre de diagnostics », destiné à être interrogé par l'outil interactif PréviBest, à la demande des utilisateurs finaux (Figure 1). Cette ressource essentielle à l'outil PréviBest sera mise à jour périodiquement par les acteurs R&D associés à la filière betteravière.

L'outil interactif PréviBest intègre un moteur de recherche, qui a pour fonctions :

- ☒ De guider l'utilisateur final pour décrire la situation « de base » qu'il veut évaluer, et ainsi lui permettre de sélectionner, dans la très large collection fournie par « l'arbre de diagnostics », les diagnostics de risques de tassements pré-établis correspondant au mieux à cette situation et aux pratiques d'organisation du chantier alternatives qu'il aura pu préciser aussi.
- ☒ De restituer les résultats de diagnostic de risque de tassement à l'utilisateur.
- ☒ D'interroger aussi la base de connaissances établies d'après les résultats de suivis expérimentaux de systèmes de culture dans le cadre du projet et de travaux précédents (<http://www.agro-transfert-rt.org/tassements-des-sols/>), sur les conséquences des tassements sur les cultures, et sur les possibilités de régénération de la structure du sol à moyen terme.
- ☒ De présenter ces références de « Conséquences de tassements » et « Possibilités de régénération » à l'utilisateur, qui en tiendra compte pour interpréter plus complètement le risque technique de tassement détecté.

Usages prévus de l'outil :

- ☒ Pour les agriculteurs et leurs conseillers : pouvoir décider d'intervenir ou de reporter un chantier de récolte, adapter si nécessaire le chantier (machines, charges,...).
- ☒ Pour les ETA et CUMA : mieux identifier l'impact de leurs chantiers ; orienter ainsi le renouvellement de leur parc matériel.
- ☒ Pour les sucreries : adapter les dates d'enlèvement des dépôts de betterave selon les petites régions naturelles ; optimiser l'approvisionnement de l'usine tout en veillant à la préservation des sols vis-à-vis du tassement.

L'outil, ainsi que les acquisitions techniques en cours de projet, seront des supports pour intensifier la communication vers les agriculteurs et les acteurs de la filière et les sensibiliser à la fois sur les risques de tassement en profondeur et de mettre en avant les différentes solutions permettant de le limiter lors de la récolte de betterave.



Damian MARTIN

Ingénieur Fertilité des sols

d.martin@agro-transfert-rt.org

Grade Master – URCA Reims

¹ PréviBest (2020-2023) : Projet porté par l'Institut Technique de la Betterave (ITB), en partenariat avec Agro-Transfert-RT et Tereos, financé par France AgriMer (AàP 2019)

SESSION 6

Elargir nos horizons

Parangonnage N - Comparaison des pratiques de fertilisation azotée dans différents pays d'Europe de l'ouest

(Jordan-Meille L. et al.)

Potentiels agronomiques d'apports de roches silicatées broyées en grandes cultures, approche théorique et pratique

(Desmalles C., Rothamsted Research et UMR ISPA et al.)

La moitié de la disponibilité en phosphore des sols agricoles mondiaux est issue des engrais minéraux phosphatés

(Demay J., Inrae, UMR ISPA)

SESSION 6

Elargir nos horizons



Présidée par **Jacques Thomas**

Président
AFES



Association Française
pour l'étude du sol

Ecologue spécialisé depuis près de 30 ans dans le domaine de la conservation des zones humides continentales.

Tour à tour, chargé de mission dans un parc naturel régional, chef de projet d'un programme européen pour la conservation des tourbières au sein d'un conservatoire régional d'espaces naturels, et membre du CSRPN de Midi-Pyrénées. Avec les entreprises du groupe coopératif Eiwa qu'il dirige depuis 22 ans, il a créé le réseau Sagne (préfiguration des actuelles CATZH du bassin Adour-Garonne) pour accompagner les gestionnaires/propriétaires de zones humides, puis le Res Eau Sol, le Pecnot'Lab et l'émission C dans l'sol pour que les agriculteurs, maraîchers et forestiers puissent mieux connaître leurs sols au travers de programmes de sciences participatives.

Il est Président de l'AFES depuis 2021.

« Le Comifer est un endroit unique de dialogue et d'échange entre les acteurs techniques, scientifiques et économiques de la fertilisation. Ces 16^e Rencontres Comifer-Gemas existent depuis de nombreuses années -nous fêtons en 2023 leur 30 ans d'existence- et ont su résister à l'érosion du temps en se renouvelant constamment. C'est un peu comme un sol qui vit au rythme des saisons mais, année après année, il est toujours là et reste indispensable pour l'agriculture et la société en général. Que l'on soit agriculteur ou conseiller, pour gérer ou piloter la fertilité du sol, on a besoin de références et d'indicateurs, qui eux-mêmes évoluent au cours du temps pour tenir compte des nouvelles connaissances. C'est l'objet de la session que j'aurai l'honneur de présider en toute humilité et avec grand plaisir. »

Jacques Thomas
president@afes.fr
<https://www.afes.fr/>



PARANGONNAGE N - COMPARAISON DES PRATIQUES DE FERTILISATION AZOTÉE DANS DIFFÉRENTS PAYS D'EUROPE DE L'OUEST

Jordan-Meille L.,¹ Diedhiou K.,² et al.

¹ Bordeaux Sciences Agro

² Comifer

Klaus Dittert (Univ. Göttingen, Allemagne), Thibaut Cugnon (Univ. Cathol. Louvain, Belgique), Miguel Quemada (Univ. De Madrid, Espagne), David Wall (Teagasc, Irlande), Luca Bechini (Univ. de Milan, Italie), Simone Marx (Minist. Agriculture, Luxembourg), Oene Oenema (Univ. Wageningen, Pays-Bas), Arjan Reijneveld (Eurofins, Pays-Bas), Frank Liebisch (Agroscope, Suisse), Francesca Degan (ARVALIS), Suzanne Higgins (Agri-Food, Angleterre), Pascal Denoroy (INRAE)

En France, la fertilisation azotée se raisonne réglementairement par la "méthode du bilan". Il n'est pas exagéré de reconnaître que sa mise en œuvre n'est pas simple, eu égard à sa capacité d'adaptation aux nombreuses situations culturales et pédoclimatiques de notre pays. Nous avons voulu savoir comment était calculée la fertilisation azotée dans 9 autres pays d'Europe de l'Ouest, afin d'identifier les points communs et les différences, et d'y déceler des innovations dont on pourrait s'inspirer.

Dans certains pays, le raisonnement de fertilisation azotée a un statut volontaire, dans d'autres un statut légal réglementaire.

Une analyse des documents officiels nationaux sur les recommandations de fertilisation azotée a révélé qu'il existait trois grandes catégories de méthodes de calcul, toutes plus ou moins dérivées de la méthode du bilan : (i) les "bilans massiques de N" (Italie, Espagne, à l'instar de la France), (ii) les "normes corrigées" (Allemagne, Pays-Bas, Suisse, Luxembourg), et (iii) des « calculs pré-paramétrés », qui s'appuient sur une typologie de fourniture d'azote minéral par le sol (Royaume-Uni, Irlande, Belgique). Les types ii) et iii) sont des variantes simplifiées du type i) et reposent sur les mêmes concepts.

Au total, 16 variables ont été identifiées, toutes méthodes confondues. Les méthodes les plus complexes en utilisent une dizaine, voire plus (Italie, France), tandis que les plus simples n'en utilisent que 3 (Luxembourg). Les variables les plus courantes comprennent la disponibilité de N dans les PRO, l'absorption de N par une culture et le N libéré par les résidus de culture. Peu de pays prennent explicitement en compte dans les calculs les pertes d'azote dans les eaux (souterraines et de surface) et dans l'atmosphère.

Nous avons testé les méthodes de calcul dans l'hypothèse d'un blé cultivé dans deux cas contrastés, à savoir sur une exploitation avec élevage, et sur une exploitation avec une rotation de grandes cultures diversifiée sans élevage. Les deux études de cas ont montré d'importantes différences entre les recommandations de fertilisation, allant de presque aucune fertilisation à 135 kg N ha⁻¹, et de 111 à 210 kg N ha⁻¹, pour les situations avec et sans élevage, respectivement. Les différences n'étaient pas expliquées par la complexité des équations utilisées, mais résultaient plutôt de valeurs contrastées des estimations de la disponibilité de N du fumier, de l'absorption de N par la culture et de la lixiviation.

Une standardisation des méthodes de calcul des recommandations de fertilisation azotée n'est pas à l'ordre du jour car il n'y a pas de raisons objectives de privilégier une méthode plus que les autres, en l'absence de mesures expérimentales plus poussées.

Finalement, les propositions innovantes (hors France) pour améliorer l'efficacité globale d'utilisation de l'azote consistent à ajouter un bilan N à l'échelle de l'exploitation agricole (Allemagne, Suisse), et à proposer des mesures coercitives sur les reliquats post-récolte (Wallonie).

Mots clés : azote, fertilisation, recommandations, bilan de masse, approches innovantes, réglementation, harmonisation.



Lionel Jordan-Meille

Ingénieur du Génie Rural (1995), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (CH)
Maître de Conférences en Agronomie à Bordeaux Sciences Agro depuis 1999
Recherches sur les pollutions diffuses (thèses), la nutrition des plantes (Interactions K et eau)
Habilitation à diriger les recherches "Who K'cares?" (2020)
Année sabbatique à Rothamsted Research (Angleterre) sur la problématique de la teneur des récoltes en micronutriments (2019-2020)

Directeur d'une thèse sur la nutrition hydrique et minérale au sein des systèmes agroforestiers (2023 - 2026)
Président du COMIFER (2021 - ...) et animateur du groupe de travail PKMg

Khady Diedhiou

Ingénieur agronome (L'Institut Agro Dijon – 2020)
Chargée de mission au COMIFER (depuis 2021) : en charge de la coordination des travaux techniques sur la directive Nitrates, le suivi du label Prev'N et l'appui à l'activité des groupes de travail



ALTÉRATION FACILITÉE DE POUDRE DE ROCHE SILICATÉE SUR DES SOLS AGRICOLES : EFFETS SUR LE PH DU SOL ET SUR LES TRANSFERTS MINÉRAUX SOL-PLANTE

Charles Desmalles (Bordeaux Sciences Agro),

Lionel Jordan-Meille (UMR ISPA, Bordeaux Sciences Agro), Javier Hernandez (Rothamsted Research), Sarah Dunham (Rothamsted Research), Stephan Haefele (Rothamsted Research)

Etat de l'Art – Depuis une vingtaine d'années le sujet de l'altération facilitée de poudres de roches silicatées en milieu agricole intéresse géochimistes et agronomes, pour des raisons de stockage potentiel de carbone et d'amélioration de fertilité minérale, respectivement. L'altération facilitée consiste en la favorisation de la dissolution de roches silicatées broyées en présence d'eau et de dioxyde de carbone. Les ordres de grandeur du captage de carbone de cette potentielle technologie d'émission négative s'étendent récemment entre 2 et 95 Gt-CO₂.an⁻¹. Les effets agronomiques concernent un effet alcalinisant, une amélioration des paramètres physico-chimiques du sol (texture, CEC, capacité de rétention hydrique), un apport de minéraux d'intérêts disponibles pour les plantes, y compris la silice et ses effets protecteurs vis-à-vis des stress biotiques et abiotiques. Pourtant, les recherches récentes montrent des effets contradictoires, notamment par manque de caractérisation globale des contextes d'étude. Depuis un peu plus d'une décennie, la communauté scientifique a identifié la nécessité de mener des projets à grande échelle et intégratifs. Dans ce contexte, un programme d'échelle nationale d'une durée de 5 ans est en cours au Royaume uni (GGR-ERW, Greenhouse Gas Removal in UK agriculture via Enhanced Rock Weathering). Cette recherche s'y apparente.

Objectifs – Caractériser deux types d'effets agronomiques d'un amendement de poudre de roche basaltique réalisé dans une perspective de captage de carbone. Plus précisément décrire et explorer l'influence de cet amendement sur le statut nutritionnel d'un système sol-plante simplifié, ainsi que son influence sur le pH du sol. Mettre en exergue le type de contexte pédoclimatique bénéficiant le plus de cet amendement.

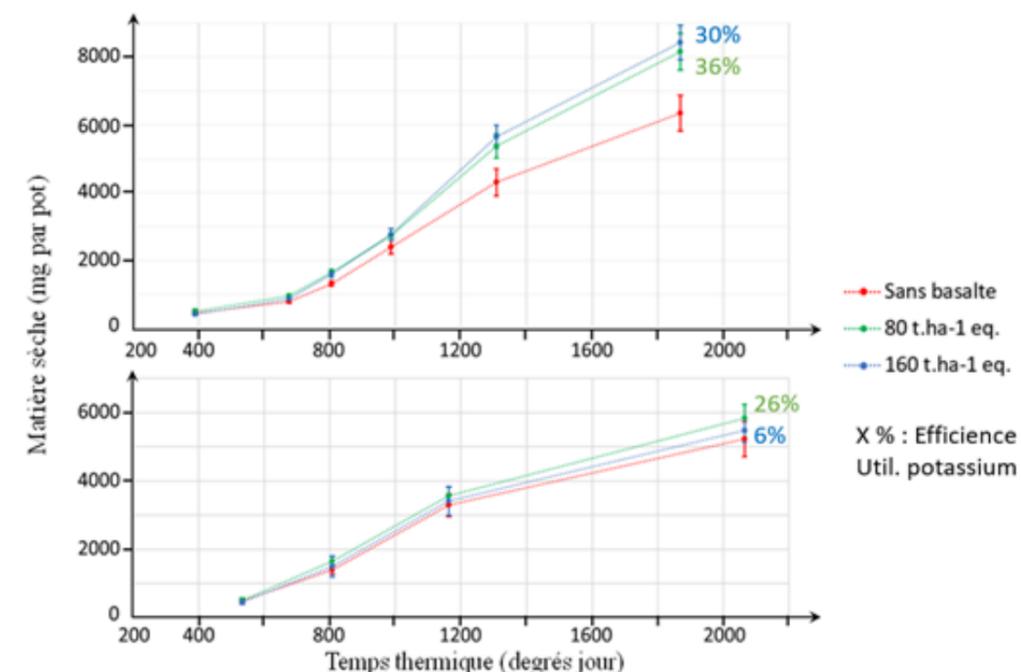
Matériel et méthodes – Un essai en pots conçu autour d'un nombre restreint de paramètres agronomiques et dupliqué dans deux contextes pédoclimatiques. Les deux sols, sableux et argilo-limoneux, sont issus des essais de longue durée de l'INRAE de Bordeaux (Gironde) et de Rothamsted Research (Harpenden, GB) et cultivés dans leurs environnements. Les sols sont choisis pour être légèrement acides et pauvres en éléments majeurs.

Deux doses fortes d'amendement basaltique (80 et 160 t.ha⁻¹ eq.) sont mélangées à l'intégralité du substrat. Seule la moitié des pots est cultivée avec du raygrass. Les expérimentations ont été menées sur une durée de quatre mois correspondant à 2000 degrés jours. Les mesures ont consisté en des biomasses sur des coupes régulières, de la minéralomasse et en une caractérisation en début et fin d'expérimentation des paramètres-clés du sol.

Résultats – Plusieurs minéraux majeurs et éléments traces sont significativement influencés par le traitement au basalte dans le sol (fraction biodisponible) et la plante (concentration et prélèvement). Notamment, le potassium dont la disponibilité augmente dans les sols avec la dose de basalte, n'est pas utilisé avec la même intensité par les plantes entre Bordeaux et Harpenden. D'autre part, une tendance de baisse de disponibilité des éléments traces est visible sur les deux essais. Cette baisse est partiellement imputable à un motif récurrent et très significatif de hausse du pH. Cette hausse ne saurait cacher une accumulation potentielle dans les sols de certains éléments-traces, au-delà des normes réglementaires. Les rendements des plantes sont influencés par ces modifications avec un gain de 30% à Bordeaux et une absence de différence à Harpenden. L'utilisation d'un indicateur agronomique classique tel que l'efficacité d'utilisation des nutriments conforte ces modifications dans le cas du potassium. Cependant la synthèse des effets significatifs sur l'ensemble des éléments minéraux étudiés montre des effets contrastés entre les différents éléments d'un même type (majeurs, oligoéléments d'intérêt et éléments traces toxiques) et pour un même élément sur les deux sols différents.

Conclusion – Le modèle classique de favorisation de la nutrition minérale des plantes directement par altération de poudre de roche ne serait validé que dans un tiers des cas (i.e. un minéral dans un contexte). Par contre la synthèse contrastée est cohérente avec l'apparente contradiction des résultats actuels de la littérature. L'utilisation comme technologie de captage de carbone qui suppose un déploiement à large échelle doit, selon nous, être raisonnée avec un objectif d'adéquation précise entre contexte pédoclimatique, minéralogie de l'amendement et bilan d'éléments traces potentiellement toxiques.

Mots-clés : altération, basalte, pH, biodisponibilité ; potassium, phosphore, nickel, zinc



Charles Desmalles

Ingénieur agronome issu de Bordeaux Sciences agro (2020-2023), spécialisé en gestion de l'environnement et des ressources naturelles.

Compétences en analyse spatiale (utilisation de systèmes d'information géographique), en sciences du sol (pédologie des milieux naturels et agricoles), en agroécologie et agronomie générale (projet de fin d'étude à la croisée entre ingénierie environnementale et apports durables de matière fertilisantes.)

Compétences complémentaires : Licence de biologie des organismes, évolution et génomique fonctionnelle (Aix-Marseille université 2016-2019)



LA MOITIÉ DE LA DISPONIBILITÉ EN PHOSPHORE DES SOLS AGRICOLES MONDIAUX EST ISSUE DES ENGRAIS MINÉRAUX PHOSPHATÉS

Joséphine Demay¹, Bruno Ringeval¹, Sylvain Pellerin¹, Thomas Nesme²

¹ ISPA, Bordeaux Sciences Agro, INRAE, F-33140, Villenave d'Ornon, France

² Bordeaux Sciences Agro, University of Bordeaux, UMR ISPA, Gradignan, France

Contexte

L'usage des engrais minéraux phosphatés a permis d'augmenter la fertilité en phosphore des sols et in fine les rendements agricoles. Cependant ces engrais sont issus de l'extraction et du traitement chimique de roches phosphatées, une ressource finie et inégalement répartie sur terre. Dans le court à moyen terme l'épuisement des réserves de bonnes qualités et facilement accessibles risque d'entraîner une augmentation du prix des engrais. De plus, la concentration de la ressource dans quelques pays seulement, dont le Maroc et la Chine, pourrait aussi être à l'origine de tensions géopolitiques (Cordell et al., 2009). Dans ce contexte il est important de mieux comprendre la dépendance de nos systèmes de production agri-alimentaire à l'usage des engrais minéraux phosphatés.

Méthode

Nous avons développé un modèle qui simule l'évolution de la disponibilité en phosphore d'origine naturelle et anthropique des sols agricoles pour chaque pays dans le monde et sur la période 1950-2017. Le phosphore anthropogénique fait référence au phosphore utilisé en agriculture sous forme d'engrais minéraux de synthèse ou sous forme de minéraux pour les animaux d'élevage et qui est issu de l'extraction et du traitement chimique de roches phosphatées. Ce phosphore anthropogénique est apporté sur les sols agricoles via l'application directe d'engrais minéraux mais également via l'apport d'effluents ou de boues de station d'épuration qui peuvent contenir une fraction de phosphore anthropogénique. En effet le modèle trace le phosphore d'origine anthropique dans les sols mais aussi dans les flux entrants et sortants des sols (engrais minéraux, effluents, boues, exportations par les cultures et les prairies, érosion). Nous faisons l'hypothèse que la fraction ou signature anthropogénique en phosphore des organes végétaux exportés est égale à celle du sol. De même la signature anthropogénique en phosphore des effluents d'élevage est la même que celle de leur alimentation. Par opposition au phosphore anthropogénique, nous appelons phosphore naturel le phosphore non issu de l'application d'engrais minéraux. Ainsi en 1950, année de début de nos simulations, nous faisons l'hypothèse que la totalité du phosphore disponible présent dans les sols est naturel.

Résultats

Nos résultats ont permis de mettre en évidence une dépendance très forte de la fertilité actuelle des sols à l'usage passé et présent d'engrais minéraux. La signature anthropogénique en phosphore des sols agricoles à l'échelle mondiale est en moyenne de $47 \pm 8\%$. Cette moyenne globale cache cependant de fortes inégalités entre les pays et régions du monde. Avec des signatures supérieures à 60% en 2017 les pays d'Europe de l'ouest, d'Amérique du Nord et d'Asie sont ceux qui ont le plus eu recours aux engrais minéraux. Dès les années 1950s l'Amérique du Nord et l'Europe de l'ouest fertilisent massivement leurs sols ce qui entraîne une hausse rapide de leurs signatures. Ces signatures se stabilisent autour des années 1970s, notamment pour les pays d'Europe de l'Ouest dû à un usage moindre des engrais minéraux, partiellement compensé par l'apport d'effluents. En France, on estime en 2017 que 70-80% de la disponibilité en phosphore des sols agricoles français provient de l'utilisation passée et présente d'engrais minéraux phosphatés (Demay et al., 2023; Ringeval et al., 2014). Les pays d'Asie voient leurs signatures augmenter dès les années 1970s, période marquée par la Révolution Verte et l'usage massif d'engrais minéraux. Leurs signatures sont toujours en augmentation dû à un usage grandissant d'engrais minéraux. A l'inverse l'Amérique du Sud et plus particulièrement l'Afrique présentent des signatures anthropogéniques plus basses de l'ordre de 40 et 30% respectivement.

Conclusion

Nos travaux mettent en évidence une répartition très inégale des engrais minéraux phosphatés qui ont contribué à l'augmentation de la disponibilité en phosphore des sols agricoles de certaines zones du monde seulement. Ainsi certaines régions du monde comme l'Afrique présentent toujours une disponibilité en phosphore des sols faible, ce qui limite les rendements agricoles (Kvakic et al., 2018). Dans un contexte de raréfaction de la ressource en roches phosphatées il devient urgent de mettre en place une coordination mondiale pour allouer les ressources en roches phosphatées restantes aux pays qui en ont le moins bénéficié et où l'apport d'engrais permettrait d'augmenter les rendements (Langhans et al., 2022). En parallèle, les pays comme la France ayant accumulé des stocks de phosphore disponible importants grâce aux engrais doivent avant tout gérer durablement ce stock hérité. Cela passe par une maîtrise de l'érosion des sols grâce à des pratiques agricoles appropriées, dans la mesure où des pertes en terres s'accompagnent d'une perte du phosphore associé. Cela passe aussi par un effort accru de recyclage des matières organiques contenant du P (effluents, composts, boues, etc..).

Références bibliographiques

- Cordell, D., Drangert, J.O., White, S., 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Glob. Environ. Chang.* 19, 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009>
- Demay, J., Ringeval, B., Pellerin, S., Nesme, T., 2023. Half of global agricultural soil phosphorus fertility derived from anthropogenic sources. *Nat. Geosci.* 16, 69–74. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41561-022-01092-0>
- Kvakic, M., Pellerin, S., Ciais, P., Achat, D., Augusto, L., Denoroy, P., Gerber, J., Goll, D., Mollier, A., Mueller, N., Wang, X., Ringeval, B., 2018. Quantifying the Limitation to World Cereal Production Due To Soil Phosphorus Status. *Global Biogeochem. Cycles* 32, 143–157. <https://doi.org/10.1002/2017GB005754>
- Langhans, C., Beusen, A.H.W., Mogollón, J.M., Bouwman, A.F., 2022. Phosphorus for Sustainable Development Goal target of doubling smallholder productivity. *Nat. Sustain.* 5, 57–63. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00794-4>
- Ringeval, B., Nowak, B., Nesme, T., Delmas, M., Pellerin, S., 2014. Contribution of anthropogenic phosphorus to agricultural soil fertility and food production. *Global Biogeochem. Cycles* 28, 743–756. <https://doi.org/10.1002/2014GB004842>



Joséphine Demay

Doctorante à l'UMR ISPA de l'INRAE de Bordeaux je travaille sur la dépendance des systèmes agricoles à l'usage d'engrais minéraux phosphatés de synthèse ainsi que sur l'évaluation de la limitation potentielle de la production des systèmes agricoles biologiques par la disponibilité en phosphore des sols, dans des scénarios de forte expansion de l'agriculture biologique. Je travaille à des échelles spatiales larges, notamment à l'échelle mondiale. Ma thèse est cofinancée par INRAE et Arvalis. Dans ce cadre je participe également au projet CASDAR PhosphoBio.

SESSION 7

Usage des digestats

Proposition d'une classification des digestats de méthanisation basée sur leurs propriétés et leurs effets attendus

(Michaud A., Inrae UMR SAS)

Metha-BioSol : Impact des digestats de méthanisation sur la qualité biologique des sols agricoles

(Cannavacciuolo M., Groupe ESA et Mulliez P., Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire)

TABLE RONDE : ENJEUX ET DEVENIR DE LA METHANISATION

SESSION 7

Usage des digestats



Présidée par **Jean-François Delaitre**

Président
AAMF



Ecologue spécialisé depuis près de 30 ans dans le domaine de la conservation des zones humides continentales.

Tour à tour, chargé de mission dans un parc naturel régional, chef de projet d'un programme européen pour la conservation des tourbières au sein d'un conservatoire régional d'espaces naturels, et membre du CSRPN de Midi-Pyrénées. Avec les entreprises du groupe coopératif Eiwa qu'il dirige depuis 22 ans, il a créé le réseau Sagne (préfiguration des actuelles CATZH du bassin Adour-Garonne) pour accompagner les gestionnaires/propriétaires de zones humides, puis le Res Eau Sol, le Pecnot'Lab et l'émission C dans l'sol pour que les agriculteurs, maraîchers et forestiers puissent mieux connaître leurs sols au travers de programmes de sciences participatives.

Il est Président de l'AFES depuis 2021.

« Le Comifer est un endroit unique de dialogue et d'échange entre les acteurs techniques, scientifiques et économiques de la fertilisation. Ces 16^e Rencontres Comifer-Gemas existent depuis de nombreuses années -nous fêtons en 2023 leur 30 ans d'existence- et ont su résister à l'érosion du temps en se renouvelant constamment. C'est un peu comme un sol qui vit au rythme des saisons mais, année après année, il est toujours là et reste indispensable pour l'agriculture et la société en général. Que l'on soit agriculteur ou conseiller, pour gérer ou piloter la fertilité du sol, on a besoin de références et d'indicateurs, qui eux-mêmes évoluent au cours du temps pour tenir compte des nouvelles connaissances. C'est l'objet de la session que j'aurai l'honneur de présider en toute humilité et avec grand plaisir. »

Jean-François Delaitre
jfdelaitre@aamf.fr
<https://aamf.fr/>



PROPOSITION D'UNE CLASSIFICATION DES DIGESTATS DE MÉTHANISATION BASÉE SUR LEURS PROPRIÉTÉS ET LEURS EFFETS ATTENDUS

Aurelia Michaud¹, Lucille Caradec¹, Mariana Moreira², Sabine Houot³, Le Roux Caroline⁴, Julie Jimenez⁵

¹ INRAE – UMR SAS, ² CRA-Bretagne, ³ INRAE – ECOSYS, ⁴ LDAR, ⁵ INRAE – LBE

En 2022, la filière méthanisation en France comptait plus de 1308 sites opérationnels de méthanisation (ADEME, 2022). La méthanisation est d'ailleurs identifiée comme une solution susceptible de répondre à des enjeux majeurs liés à l'agriculture, tels qu'assurer la durabilité de la production agricole, la production d'énergie, le stockage du carbone et une meilleure autonomie vis-à-vis des engrais minéraux. Elle produit un résidu, le digestat, qui est épandu sur les sols agricoles en l'état ou post-traité. Un enjeu majeur lié à ces apports de digestats est de bien connaître leur intérêt agronomique pour optimiser les apports aux cultures et ainsi évaluer leur valeur fertilisante en particulier pour l'azote. Le projet ADEME/GRDF Ferti-Dig (2021-2024) vise à répondre à cet enjeu. En effet, le projet propose une classification des digestats de méthanisation basée sur leurs propriétés et sur leurs effets au champ qui sera diffusée largement via un guide sur la fertilisation avec les digestats de méthanisation d'origine agricole. Conjointement avec des experts du groupe PRO du COMIFER, le projet Ferti-Dig fournit également des valeurs de références de coefficients d'équivalents d'engrais azotés (Keq N) des digestats de méthanisation pour affiner les calculs des doses d'épandage.

Les objectifs de la présentation sont de présenter d'une part cette proposition de classification des digestats de méthanisation d'origine agricole basée sur leurs propriétés et d'autre part les valeurs de Keq N établies en collaboration avec le groupe PRO du COMIFER.

Pour le premier objectif de la présentation, une base de données a été constituée avec 608 digestats agricoles provenant de différents projets de recherche et organismes travaillant sur ce sujet (ex. CRA Bretagne, CRA Grand Est, observatoire INRAE SOERE PRO, Unité expérimentale INRAE Nouzilly, ANR DIVA, ADEME ConceptDig, INRAE LBE, lycée agricole d'Obernai). Celle-ci regroupe les propriétés d'obtention des digestats de méthanisation (matières premières, procédés, post-traitements, stockage) et leurs caractéristiques physico-chimiques (e.g. pH, matière sèche, matière organique, azote total et ammoniacal, phosphore, potassium, contaminants). L'échantillonnage a été réalisé entre 2006 et 2022, dans 52 départements et 176 unités de méthanisation. Les digestats échantillonnés sont composés en majorité de fumier, lisier ruminant et non ruminant, matières végétales agricoles et non agricoles et divers déchets et coproduits issus des industries agro-alimentaires.

Afin d'établir la classification des digestats de méthanisation d'origine agricole basée sur leurs propriétés physico-chimiques, des analyses statistiques ont été réalisées sur la base de données et ont mis en évidence sept classes de digestats : trois classes pour les digestats « voie humide » bruts et liquides, trois classes pour les digestats « voie humide » solides/composts et une classe pour les digestats « voie sèche ». Les classes sont expliquées par les substrats majoritaires entrant dans la composition des digestats : fumiers ruminants en mélange avec des intrants issus des exploitations (i.e. matières végétales agricoles), lisiers en mélange avec des intrants issus d'industries agro-alimentaires et biodéchets (Figure 1). Selon les intrants méthanisés, les propriétés plutôt amendantes (MS élevée, faible teneur en nutriments, C/N et/ou ISMO élevés) ou plutôt fertilisantes (MS faible, teneur en N importante, C/N faible) des digestats sont obtenues.

Pour le second objectif de la présentation, une base de données a été constituée et rassemble des données provenant de 40 essais évaluant les Keq N de digestats, allant de 2010 à 2022 et réalisés dans 22 départements par 11 partenaires différents (Arvalis, CA et CRAB, INRAE SAS, INRAE EcoSys, LDAR, Lycée agricole Obernai). Les traitements fertilisants étudiés sur ces essais sont : le digestat (n = 153), le lisier de porc (n = 43), la fertilisation minérale (n = 75) et des témoins sans azote (n = 43). Les épandages de digestat se sont déroulés principalement sur des cultures d'hiver et de printemps, principalement du blé, du maïs, de la prairie et du colza. Les valeurs de Keq N ont été calculées en fonction de la classification des digestats établie précédemment (Figure 2) et pour quelques produits couramment épandus tels que le digestat brut de lisier de porc. Les valeurs de Keq N obtenues pour les digestats « voie humide » bruts/liquides suivent les mêmes gradients que la teneur en azote dans la classification, avec des valeurs plus élevées pour les digestats bruts et liquides issus de lisier de porc.

Les valeurs de Keq N ont été validées auprès d'experts du groupe PRO du COMIFER et feront l'objet de la mise à jour des tables proposées par le COMIFER. Ce travail sera poursuivi pour évaluer les effets d'apports de digestats de méthanisation en termes de bilan azoté à la parcelle et d'éventuelles modification de fertilité des sols (chimique, physique, biologique).

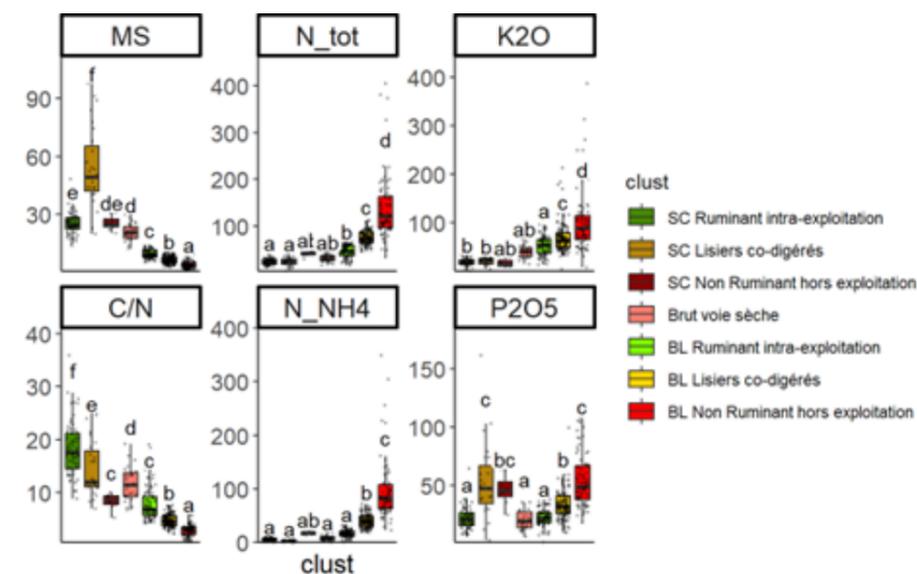


Figure 1 : Boxplots des concentrations des paramètres physico-chimiques par classe de digestat.

MS: matière sèche en % matière brute (%MB), N_NH4: azote ammoniacal en g/kgMS, Ntot: azote total en g/kgMS, C/N : ratio entre concentrations en carbone et azote total, K2O: potassium total en g/kgMS, P2O5: phosphore total en g/kgMS ; SC : fraction solide et compost, BL : fraction brute et liquide

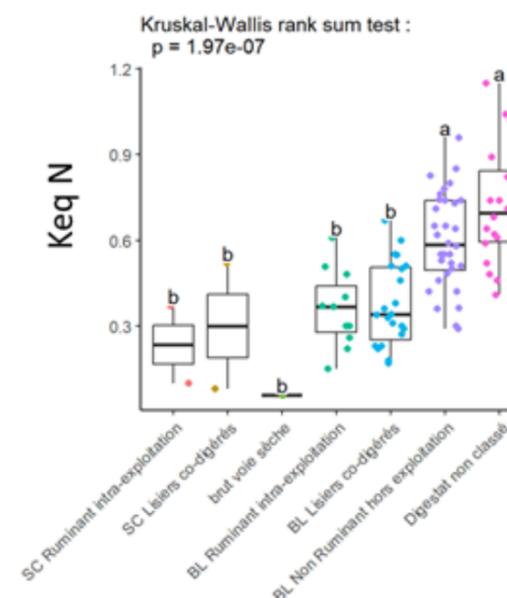


Figure 2 : Boxplots des valeurs de coefficient d'équivalent d'engrais azoté pour la classification des digestats de méthanisation établie dans le projet Ferti-Dig, toutes cultures confondues.

Aurélia Michaud

Ingénieur INRAE, chef de projet de l'observatoire INRAE SOERE PRO dédié à l'étude des effets du recyclage agricole des produits résiduels organiques, partenaire du projet ADEME/GRDF FertiDig et EJP SOIL EOM4SOIL.



METHA BIOSOL : IMPACT DES DIGESTATS DE METHANISATION SUR LA QUALITE BIOLOGIQUE DES SOLS AGRICOLES

Mario Cannavacciuolo - Pierre Mulliez

La filière méthanisation, et notamment la méthanisation agricole, connaît un développement exponentiel depuis plusieurs années. Ce développement rapide s'accompagne de nombreux questionnements légitimes, en particulier sur le retour au sol de digestat en lieu et place des effluents d'élevage produits sur les exploitations.

Le principal objectif du projet Metha-BioSol (2020/2024) est ainsi d'évaluer l'impact des digestats de méthanisation sur la qualité biologique et écologique des sols en utilisant des bio-indicateurs opérationnels permettant d'appréhender la diversité des macro et micro-organismes, la dynamique du carbone et l'état sanitaire des sols.

Le projet est organisé en trois sous objectifs :

1. Genèse de données scientifiques actuellement manquantes

- o Volet 1 : sur l'impact à court terme (via la mise en place d'essais en conditions contrôlées)
- o Volet 2 : sur l'impact à moyen terme (via trois sites expérimentaux épandant des digestats depuis plus de 3 ans) des digestats de méthanisation sur la biologie des sols.

2. Évaluation de l'impact des pratiques de valorisation agricole (volet 3) de digestats de méthanisation sur la qualité biologique des sols. Ceci se fait via des enquêtes de pratiques et des prélèvements au champ de 79 parcelles cibles appartenant à un réseau d'agriculteurs déjà utilisateurs de digestats.

3. Transférer et communiquer les résultats obtenus aux différents acteurs en lien avec la gestion des digestats de méthanisation.

Le projet est donc composé d'expérimentations en milieu contrôlé, mais également de prélèvements sur le terrain. Les travaux menés permettent d'une part d'évaluer les effets de la gestion de digestats de méthanisation sur un ensemble cohérent d'indicateurs de qualité biologique du sol, et d'autre part d'évaluer l'influence des types de sols, de la nature des digestats et de l'historique de fertilisation de la parcelle sur ces effets.

A la fin novembre 2023 le projet est à mi-parcours. Le volet 1 est finalisé (exposé oral ce 22 nov Comifer Tours), tandis que les volets 2 et 3 sont encore en cours. Les premiers résultats du volet 2 sont exposés sur poster au présent COMIFER, ainsi que la méthodologie du volet 3.

Préalablement au démarrage des volets 1 et 3, **une typologie de digestats** et des pratiques agricoles associées a été construite. Il s'agissait de considérer les différents critères en lien avec l'épandage de digestats, pouvant influencer l'activité biologique des sols à moyen et long terme.

Trois niveaux de critères réputés impactant à dire d'experts ont ainsi été définis : Niveau 1 : Typologie des digestats / Niveau 2 : Pratiques agricoles / Niveau 3 : Contexte pédoclimatique.

Pour chacun de ces niveaux, différents facteurs ont été pris en compte, permettant in fine de définir les types de digestats à mettre en oeuvre pour les expérimentations du volet 1 et les critères de sélection des fermes pour la construction du réseau nécessaire au volet 3.

Ensuite, la définition du tableau de bord d'indicateurs s'est inspirée de ce qui avait été auparavant validé dans le cadre du projet AgrInnov (CASDAR IP 2012-2015). A savoir : l'abondance et la diversité microbienne, l'abondance et la diversité des nématodes, l'abondance et la diversité lombricienne, le test bêche (évaluation de la structure du sol) et le LEVAbag (capacité de dégradation d'une matière organique fraîche). Ce tableau de bord a été complété par des indicateurs sanitaires (présence et diversité des pathogènes microbien humains) et des formes et quantité de Carbone (RockEval). Ainsi, c'est l'ensemble de ces indicateurs, complété par des analyses physico-chimiques du sol qui sont utilisés dans les 3 volets du projet Metha-BioSol.

Volet 1 : sur l'impact à court terme (via des essais en conditions contrôlées tels que des mesocosmes) Au regard de la typologie effectuée, six digestats ont été choisis (matière entrante : lisier, fumier (X3 : brut, liquide, solide), CIVE/lisier, divers (graisse, biodéchets, fumier...)) et comparés à un lisier de porc, un fumier de bovin, une modalité engrais minéral et un témoin sans apport. Ces 10 modalités ont été appliqués sur 3 types de sol (argilo-limoneux, sablo limoneux et sableux) dans les mésocosmes (ESA d'Angers) et microcosmes (INRAE Rennes) mis en oeuvre avec 4 répétitions. Ainsi, 120 micros et mésocosmes ont été réalisés (10 modalités x 3 types de sols x 4 répétitions) Les résultats montrent que les digestats, divers en composition chimique (C, N,...), offrent des ressources qui peuvent impacter différemment les organismes du sol. Comparés à un fumier de bovin, certains digestats modifient les communautés biologiques du sol et leurs activités (dégradation des MO fraîches). Les valeurs C/N de ces apports et les teneurs ammoniacales (digestats ou lisiers) semblent influencer la biologie des sols. L'impact des digestats est différent suivant la nature du sol (Importance du fond géochimique (pH) et son pouvoir tampon (texture du sol / CEC)). Il apparaît nécessaire de s'intéresser à la typologie des intrants (digestats) au regard du type de sol pour raisonner les apports de digestats.

Volet 2 : sur l'impact à moyen terme (via des sites expérimentaux épandant des digestats depuis plus de 3 ans) Afin d'étudier les effets à moyen terme, le projet s'appuie sur des sites expérimentaux de longue durée, épandant de façon récurrente et depuis plusieurs années des Produits Résiduels Organiques dont des digestats de méthanisation. Les trois sites retenus dans le projet Metha-BioSol sont situés sur des territoires différents, Bretagne (EFELE) et Alsace (PROspective et Dige'O) présentent des contextes pédoclimatiques différents. D'autre part, chaque site épand un type de digestat particulier, représentatif de son territoire. Les premiers résultats sont présentés en Poster.

Volet 3 : l'impact des pratiques agricoles

Dans cette partie du projet, il s'agit de déployer le tableau de bord d'indicateurs présenté dans le présent document dans un réseau de fermes agricoles épandant des digestats de méthanisation. Ce réseau s'étend sur 4 régions : Bretagne, Pays de la Loire, Bourgogne Franche-Comté et Provence Alpes Côte d'Azur. Ces régions, constituées chacune d'un groupe de 20 parcelles agriculteurs, sont représentatives de situations géographiques et de contextes pédoclimatiques variés à l'échelle nationale et ceci conformément à la typologie réalisée. Les prélèvements ont été réalisés en deux temps : sortie hiver 2022 pour les 40 premières parcelles et sortie hiver 2023 pour 39 autres parcelles. A l'issue des résultats des ateliers de co-constructions seront mis en oeuvre avec les agriculteurs pour identifier les leviers de pratiques agricoles conciliantes et améliorant potentiellement les indicateurs impactés. La méthodologie de ce troisième volet est présentée en poster.

Mario Cannavacciuolo



Pierre Mulliez



Mario Cannavacciuolo (Esa d'Angers) : CV : Enseignant-Chercheur en Biologie et Ecologie du Sol. USC 1432 LEVA, Ecole Supérieure des Agricultures, INRAE, SFR 4207 QUASAV. Responsable Plan de Gestion des Données Métha BioSol
Pierre Mulliez (Chambre Régionale d'Agriculture des pays de Loire) CV : Ingénieur Agronome (1985), responsable service agronomie. Chef de projet Métha BioSol



Comment mettre en place une stratégie efficace de fertilisation raisonnée, appliquée aux grandes cultures et aux prairies ?

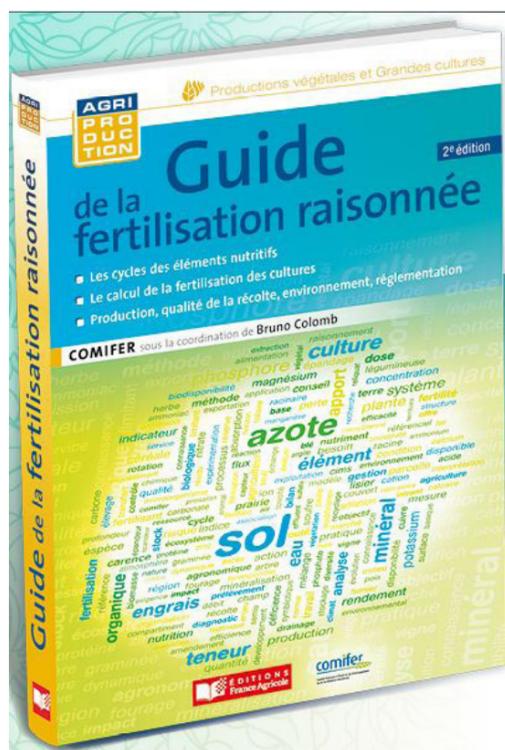
Après avoir rappelé les fondements de l'agronomie applicables à toutes les filières de production, cet ouvrage présente :

- les cycles fondamentaux des éléments qui contribuent à la nutrition des végétaux,
- le calcul de la fertilisation, en fonction de l'offre du sol, des objectifs de production et des interactions entre sol et plantes,
- les moyens dont dispose l'agriculteur pour déterminer les apports en fertilisants nécessaires ainsi que les modalités de leur application,
- les aspects de la fertilisation dans différents contextes : environnement, territoires, extensification, économie, qualité, réglementation,
- plus de 50 experts répondent à l'ensemble des questions sur la fertilisation aujourd'hui et demain.

Leur propos est richement illustré par 300 figures et autant de photos, pour rendre le plus accessible possible les données essentielles à une mise en pratique au champ.

Consultez les figures libres de droit
<https://www.comifer.asso.fr>

2^e édition - 2017 - 416 pages
 Commandez votre exemplaire :
<https://comifer.asso.fr>
 Rubrique Ressources / Publications / les co-éditions



PUBLI COMMUNIQUÉ

Méthanisation à la ferme : c'est le bon moment pour démarrer son projet

Revenus complémentaires, production d'un engrais naturel (digestat), valorisation des déchets, diversification de l'exploitation : le gaz renouvelable représente de véritables opportunités pour le monde agricole. Et cela tombe bien car la France renforce son soutien pour la production de biométhane !



LE SAVIEZ-VOUS ?



Près de 600 unités de méthanisation fonctionnent à mi-2023 : le biométhane est une réalité en France et se développe très rapidement. Plus de 1 000 projets sont en cours.

Les agriculteurs sont partie prenante dans 4 projets sur 5 ! En effet, 80% des exploitations agricoles françaises sont situées à moins de 10 km d'un réseau de gaz. Elles peuvent donc facilement y être raccordées pour injecter leur production de gaz renouvelable. Et avec l'obligation en janvier 2024, de tri des biodéchets par les collectivités, cela représentera de nouvelles ressources d'intrants pour les unités de méthanisation.

DES TARIFS REVALORISÉS

Produire du biométhane à la ferme, c'est accéder à un revenu stable sur 15 ans en complément de ses revenus agricoles. C'est un levier pour diversifier et pérenniser son exploitation.

Et bonne nouvelle : après une première revalorisation en septembre 2022, le gouvernement a de nouveau réhaussé de 18% environ le tarif subventionné auquel un producteur de biométhane peut vendre son énergie, en juin 2023. Au-delà du gouvernement, les régions, chambres d'agricultures, syndicats agricoles, associations de protection de l'environnement... soutiennent aussi la méthanisation sur différents leviers.

LE DIGESTAT, UN ENGRAIS ORGANIQUE

La méthanisation permet de produire du gaz renouvelable et aussi de générer du digestat, un engrais organique efficace, utilisable en agriculture conventionnelle ou biologique.

Le digestat issu de la méthanisation permet ainsi de maîtriser les coûts de l'exploitation agricole tout en diminuant sa dépendance aux engrais chimiques.

UNE ÉNERGIE D'AVENIR

En plus de produire une énergie bas carbone et un engrais organique, la production de biométhane à la ferme permet aussi de générer des emplois locaux et de développer une économie circulaire sur le territoire.

Par ailleurs, outre ses usages domestiques et industriels, le biométhane est aussi une solution pertinente de carburant ! En effet, il est possible de faire rouler son tracteur avec du biométhane et d'avoir sa propre station d'avitaillement à la ferme.

ILS EN PARLENT

« Au départ, nous nous sommes lancés pour sécuriser les revenus de nos exploitations et diversifier nos activités agricoles. Cela permettait aussi d'avoir une valorisation écologique des effluents d'élevage. Aujourd'hui, la méthanisation est d'autant plus intéressante car elle pallie l'augmentation du prix des engrais avec l'épandage du digestat. »
 Exploitation d'élevage, Monchecourt (59).

« La méthanisation pallie l'augmentation du prix des engrais. »

COMMENT GRDF VOUS ACCOMPAGNE ?

Principal gestionnaire du réseau de distribution de gaz en France, GRDF travaille à faciliter l'injection de gaz renouvelable dans le réseau de distribution. À ce titre, GRDF accompagne les porteurs de projet de méthanisation pour mener à bien chaque étape, de l'estimation des capacités de production jusqu'à l'injection dans le réseau.

Sur notre plateforme dédiée, vous pouvez dès à présent :

- évaluer la faisabilité de votre projet
- visiter une unité de méthanisation
- suivre l'actualité du biométhane
- accéder à un carnet d'adresses de prestataires pour avancer sur votre projet.



Rendez-vous sur projet-methanisation.grdf.fr



LA FERTILISATION ORGANIQUE ISSUE DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

SEDE et ses filiales : des acteurs reconnus dans la PRODUCTION et la COMMERCIALISATION de MATIÈRES ORGANIQUES issues de L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE



SEDE FERTILISANTS

Composts
Amendements organiques compostés ou complétés
Engrais organo-minéraux

TradiSol
NFU 44-095

TradiVERT
NFU 44-051

TradiFERT
2, 5, 5, 1, 5
NFU 42-001

Angibaud

Amendements et fertilisants organiques et organo-minéraux
Fertilisants granulés et micro-granulés
Fertilisants foliaires
Fertilisants solubles
Biostimulants

GUANO DE POISSON

Sani

Amendements organiques riches en potasse

HUON

Fertilisants organiques issus d'effluents d'élevage

Utilisable en agriculture biologique

PARTENAIRES

AAMF

Contact : Elsa Rouches - Animatrice technique biomasse
elsa@aamf.fr - Tel : +33(0)6 09 62 66 47
<https://aamf.fr/>



L'Association des Agriculteurs Méthaniseurs de France (AAMF) fédère 500 sites de méthanisation sur l'ensemble du territoire nationale. Elle accompagne ses agriculteurs tant en cogénération qu'en qu'injection, porteurs de projet comme exploitants en fonctionnement. Elle œuvre depuis une quinzaine d'années pour la pérennité de la méthanisation agricole dans le respect des bonnes pratiques agronomiques et environnementales (qualité du retour au sol, etc.).

ACTA

Contact : Marie Sela-Paternelle - Responsable Communication et relations extérieures
communication@acta.asso.fr - Tel : +33(0)1.81.72.17.03 - +33(0)6.25.78.28.39
<https://www.acta.asso.fr/>



L'Acta est une association unique en Europe présidée et gouvernée par les agriculteurs. Reconnue par le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire, elle anime et représente le réseau des 19 instituts techniques agricoles, outils professionnels de recherche appliquée et de transfert technologique vers les agriculteurs et les filières agricoles, agro-industrielles et forestière.

En prise directe avec les attentes sociétales, l'Acta et son réseau travaillent à l'émergence de l'innovation, cherchent à répondre à de nombreux défis (changement climatique, compétitivité des entreprises agricoles, agriculture numérique, transition agroécologique et biodiversité, une seule santé et bien-être animal) et accompagnent les agriculteurs dans le respect des valeurs de l'Acta : Collectif, Intégrité professionnelle et scientifique, Compétence, Innovation, Engagement auprès des professionnels.

AFES

Contact : Sophie Raous - Tel : +33(0)6 09 62 66 47
<https://www.afes.fr/contact/> <https://www.afes.fr/>



L'Association Française pour l'Étude du Sol (Afes) fédère les spécialistes du Sol, au sens large, qui croisent leurs regards de façon complémentaire, pluridisciplinaire et transversale : chercheurs, ingénieurs, enseignants, techniciens, du secteur administratif ou privé qui travaillent dans les laboratoires, les unités de recherche, les universités, les bureaux d'étude, les instituts et autres organismes. L'afes est une association loi 1901 affiliée à l'Union Internationale de Science du Sol (IUSS) qui réunit la communauté scientifique mondiale des sols. C'est aussi le lieu de rencontre de toute personne (étudiant, actif et retraité...) intéressées par les sols et leurs fonctions et les services rendus par ces derniers : élus, enseignants, techniciens, urbanistes, aménageurs, agriculteurs... Au 15 janvier 2019, elle compte 350 adhérents et 1 900 personnes abonnées aux listes de discussions. L'afes poursuit ses objectifs, déjà énoncés dans ses statuts de 1934, toujours pertinents face aux enjeux planétaires liés aux sols. Elle oeuvre pour le développement de l'étude des sols, de ses applications ainsi que pour sa prise en compte autant par les disciplines voisines que par tous les acteurs du territoire.

Chambre d'agriculture Pays de la Loire

Contact : accueil-angers@pl.chambagri.fr - Tel : +33(0)2 41 18 60 00



Le réseau des Chambres d'agriculture est investi de 3 missions, définies dans le Code rural et amendées par la Loi d'avenir de l'agriculture du 13 octobre 2014. Elles doivent :

- Contribuer à l'amélioration de la performance économique, sociale et environnementale des exploitations agricoles et de leurs filières
- Accompagner, dans les territoires, la démarche entrepreneuriale et responsable des agriculteurs ainsi que la création d'entreprise et le développement de l'emploi
- Assurer une fonction de représentation auprès des Pouvoirs publics et des collectivités territoriales.

Dans les Pays de la Loire, la Chambre régionale dont les services réunissent depuis 2018 tous les salariés des Chambres de la région, assure de nombreuses actions et interventions dans le cadre de ces grands axes.

ARVALIS

Contact : Julie Besnard, Direction Communication & Marketing
j.besnard@arvalis.fr
www.arvalis.fr



ARVALIS est un organisme de recherche appliquée agricole en France pour les grandes cultures. Sa mission est d'assembler des connaissances et d'apporter des innovations utiles aux producteurs de céréales à paille (blé tendre, blé dur, orges, triticale, seigle, avoine, riz...), maïs (grain, semences, doux) et sorgho, pommes de terre, fourrages, lin fibre, tabac, et aux filières économiques associées. L'institut mène des études et des expérimentations, en s'appuyant sur son ancrage territorial et en partenariat avec les acteurs de la recherche, de l'innovation et du développement agricole.

Créé par les agriculteurs et les filières qui le financent, l'institut contribue à développer la production de grain et de matières premières alimentaires et non alimentaires de qualité pour les marchés nationaux et internationaux. En toute indépendance, ARVALIS mobilise son expertise pour l'émergence de systèmes de production agroécologiques qui combinent performance économique, environnementale, sanitaire et sociale.

Commission européenne - DG AGRI

Contact : Fabien Santini – Unité E1 - Gouvernance des marchés agro-alimentaires
fabien.santini@ec.europa.eu - Tel : + 32 (2) 2955248



Au sein de la DG AGRI (Agriculture et Développement Rural) de la Commission européenne, l'unité gouvernance des marchés agro-alimentaires promeut les objectifs de la politique agricole commune, en particulier ceux relatifs à la durabilité économique, au sein des marchés agricoles et alimentaires. Elle est également en charge du suivi de la situation en matière de sécurité alimentaire au sein de l'Union européenne et à ce titre, anime un observatoire européen des marchés des engrais.

Fertilizers Europe

Contact : Leticia Salvador
lsa@fertilizerseurope.com - Tel : +32 478 79 39 13
<https://www.fertilizerseurope.com/>



Fertilizers Europe represents the majority of fertilizer producers in Europe and is recognized as the dedicated industry source of information on mineral fertilizers.

The association communicates with a wide variety of institutions, legislators, stakeholders and members of the public who seek information on fertilizer technology and topics relating to today's agricultural, environmental and economic challenges.

International Fertilizer Association (IFA)

Media enquiries : media@fertilizer.org Statistics and data : ifastat@fertilizer.org
www.fertilizer.org



The International Fertilizer Association (IFA) was founded in 1927 and is the only global fertilizer association, with over 450 members from more than 70 countries and a mission to promote the efficient and responsible production, distribution, and use of plant nutrients. This mission plays a critical role in helping to feed the world sustainably. IFA represents providers of plant nutrition solutions. Members include fertilizer producers, traders and distributors, as well as their associations, service providers to the industry, research organizations, AgTech startups and non-governmental organizations.

INRAE

Contact : Sylvain Pellerin - Directeur de Recherches
sylvain.pellerin@inrae.fr - tel : +33(0)6 76 80 91 94



L'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE) est un organisme public français qui a pour mission de produire et diffuser des connaissances scientifiques et de les mobiliser au service de l'innovation, de l'expertise et de l'appui aux politiques publiques. INRAE a été créé en 2020 par fusion entre l'Inra, Institut national de la recherche agronomique et Irstea, Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. INRAE est placé sous la double tutelle du Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur (MRES) et du Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (MASA). L'institut compte 11000 collaborateurs, répartis sur 18 centres de recherches et rattachés à l'un des 14 départements de recherche. Au sein d'INRAE, les recherches relatives à la nutrition minérale des plantes, à la fertilisation azotée et phospho-potassique et au carbone organique du sol sont principalement conduites par le département AgroEcoSystem.

21-22 et 23 novembre 2023 - Tours

**GRDF**

Contact : Vincent Jean-Baptiste - Responsable des Affaires Agricoles - Direction biométhane
vincent.jean-baptiste@grdf.fr - Tel : +33(0)7 63 43 50 94
<https://projet-methanisation.grdf.fr/>



Le rôle de GRDF dans la filière biométhane

GRDF se mobilise au quotidien pour favoriser l'injection de biométhane dans le réseau et pour fédérer l'ensemble des acteurs impliqués. En tant que gestionnaire du réseau de distribution, GRDF accompagne les porteurs de projets, raccorde les sites de méthanisation et assure l'exploitation et la maintenance des postes d'injection de biométhane. Plus de 80 % des sites de méthanisation français qui injectent du gaz renouvelable en France sont raccordés au réseau exploité par GRDF. GRDF est partenaire de nombreuses parties prenantes de la filière, pour faire avancer la R&D et le développement d'une méthanisation durable. Avec un gisement de matière méthanisable détenu à 90 % par le monde agricole, GRDF accompagne les agriculteurs dans la réussite de leurs projets de méthanisation.

ICL Fertilizers

Contact : Tanguy Martignon - Responsable Agronomie Nord-Est
Tanguy.martignon@icl-group.com - Tel : +33(0)6 71 99 83 36
Contact : Joann Guillermet - Responsable Agronomie Sud-Est
Joann.guillermet@icl-group.com - Tel +33(0) 7 84 52 28 66 - www.icl-growingsolutions.fr



Groupe international fondé en 1929, ICL est leader des spécialités minérales sur 3 secteurs d'activités : l'agroalimentaire, les produits industriels et surtout l'agriculture (50 % de son chiffre d'affaires). Avec plus de 13 000 collaborateurs présents sur tous les continents, ICL propose des fertilisants adaptés aux agriculteurs du monde entier, à travers des partenariats avec les acteurs de la distribution agricole. L'entreprise dispose de 4 sites d'extraction exceptionnels : Rotem dans le désert du Néguev en Israël (phosphore), Dead Sea Works dans la mer Morte en Israël (potasse), Iberpotash près de Barcelone en Espagne (potasse) et Boulby au Royaume-Uni (Polyhalite). ICL c'est 44 sites de production dans 13 pays, 23 centres de recherche (60 millions d'euros investis dans la recherche chaque année) et plus de 500 agronomes dans le monde. ICL est aujourd'hui le deuxième producteur de Potasse en France et en Europe et le leader européen dans le segment des PK. Son expertise solide, alliée à ses investissements importants en recherche et développement, lui permettent de développer des solutions innovantes, durables et adaptées à chaque culture. Depuis 2020, ICL propose en effet une gamme complète de fertilisants allant des semi-spécialités, comme la gamme PLUS (enrichie en Polyhalite), aux engrais nouvelle génération (engrais enrobés à diffusion contrôlée).

K+S KALI France

Contact : Cédric Monprofit - Responsable Agronomie
cedric.monprofit@ks-france.com



La société K+S KALI France, basée à Reims, est la société française de distribution de K+S KALI GmbH. K+S KALI France regroupe également le site de production et de logistique K+S KALI Wittenheim ainsi que les usines régionales de fertilisant, K+S KALI Du Roure et K+S KALI Rodez. Ces implantations répondent à la demande spécifique des régions, entre autres par la fabrication et commercialisation de fertilisants composés et organiques. Leur portefeuille de produits est adapté à la demande de la région. Au total, la société K+S KALI France emploie environ 100 collaborateurs.

Lhoist

Contact : Yannick Fonsegrives - Chef de service Agronomie Marketing et Développement
yannick.fonsegrives@lhoist.com - Tél : +33(0)6 07 25 56 95
www.lhoist.com/fr-FR



Lhoist est fondé en 1889 en Belgique, l'entreprise grandit autour du besoin d'acier du XX^e siècle.

Grâce à sa R&D, Lhoist développera ensuite des produits spécifiques pour de multiples applications.

Aujourd'hui Lhoist c'est une présence dans 80 pays, une équipe de 6 600 personnes, 100 sites & 4 centres de services techniques clients, un laboratoire de R&D.

Lhoist est un acteur majeur sur les marchés de l'acier, du traitement des eaux et fumées, du BTP, de la pâte à papier est bien sûr de l'amendement des sols et la nutrition végétale : Oxyfertil®, Calcifertil®, Nanéos®, Saniblanco.

Lhoist s'inscrit dans une trajectoire de promotion de pratiques agricoles plus agronomiques et respectueuses de l'environnement.

Protéger la vie des sols, accroître les rendements et améliorer les qualités nutritionnelles des productions pour garantir la sécurité alimentaire tout en préservant sur le long terme l'environnement nous guide au quotidien.

En cohérence, la décarbonation de nos produits est notre plus grand défi. Nous investissons massivement pour réduire notre empreinte CO2 dans les années à venir. Notamment au travers deux projets sélectionnés par les Fonds pour l'innovation de l'UE : CO2 ncrEAT et CalCC.

<https://comifer.asso.fr>

La Coopération Agricole

Contact : mdg@lacoopagri.coop
<https://www.lacooperationagricole.coop/filieres/grain>



Porte-voix politique et force de proposition auprès des pouvoirs publics français et européens, des médias et de la société civile, La Coopération Agricole a pour mission de promouvoir le modèle coopératif en valorisant son action économique grâce à Ses services d'expertise pluridisciplinaire, son réseau régional ainsi que ses antennes métiers.

LCA Métiers du grain accompagne ses adhérents dans la mise en œuvre des transitions et met en avant les atouts des coopératives auprès des pouvoirs publics et de l'ensemble de ses parties prenantes :

- La massification des transitions et la construction de dynamiques collectives (recyclage, structuration de la filière Bio, déploiement de la certification environnementale...).
- L'investissement massif dans la recherche de solutions innovantes et performantes (OAD, biocontrôle, variétés adaptées...).
- Le travail de décarbonation de la chaîne du grain et la conduite des transitions agroécologiques (CEPP, Contrat de Solutions, préservation de la biodiversité).
- La recherche de la meilleure valorisation de l'unité azotée à travers un pilotage de la fertilisation permettant une production en quantité et en qualité.

Par ailleurs, LCA Métiers du grain accompagne les coopératives dans la mise en place des bonnes pratiques de stockage et de conservation des grains pour répondre aux attentes de l'ensemble de leurs débouchés.

Les coopératives céréalières valorisent la production des agriculteurs adhérents

Près de 80 % des céréales et oléo-protéagineux français (blé, orge, maïs, colza...) sont collectés et commercialisés par les coopératives !

Par leur travail, les coopératives permettent :

- Un approvisionnement régulier du marché,
- Une conservation des marchandises,
- La mise en conformité des lots commercialisés avec la réglementation et les exigences spécifiques des clients.

Groupe OCP

Contact : <https://www.ocpgroup.ma/fr/Contact-us>
 OCP S.A, 2-4, rue Al Abtal, Hay Erraha, 20200, Casablanca, Maroc
www.ocpgroup.ma



Le Groupe OCP contribue à nourrir une population mondiale en croissance en fournissant les éléments essentiels à la fertilité du sol et à la croissance des plantes. Fort d'un siècle d'expertise et d'un chiffre d'affaires de 11,3 milliards de dollars en 2022, OCP est le leader mondial des solutions de nutrition végétale et des engrais à base de phosphate. Basé au Maroc et présent sur cinq continents, le Groupe OCP compte environ 20 000 employés et collabore étroitement avec plus de 350 clients dans le monde entier. OCP a récemment lancé une nouvelle stratégie d'investissement vert, dédiée à l'augmentation de la production d'engrais et à l'investissement dans les énergies renouvelables. Cette stratégie prévoit un investissement global d'environ 13 milliards de dollars sur la période 2023-2027, ce qui permettra au Groupe d'utiliser 100 % d'énergie renouvelable d'ici 2027 et d'atteindre une neutralité carbone totale d'ici 2040. La stratégie vise également à atteindre une capacité de dessalement de l'eau de 560 millions de mètres cubes en 2026 et à augmenter la production d'engrais verts. Le Groupe est fermement convaincu que le leadership et la rentabilité vont de pair avec la responsabilité sociale et le développement durable. Sa vision stratégique se situe à la jonction de ces deux dimensions.

SEDE ENVIRONNEMENT

Contact : Claire Lhoutellier - Responsable Innovation "Valorisation Agronomique"
claire.lhoutellier@sede.fr - Tel : +33 (0)6 03 51 08 82
<https://www.sede.veolia.com>



SEDE et ses filiales composent le Pôle Agronomique de Veolia.

Avec un CA de plus de 200 M€ et près de 600 collaborateurs, le pôle Agronomique porte le projet de la fertilisation organique pour accompagner une double transformation écologique : celle du modèle agricole et celle des territoires. Avec 900 000 tonnes de composts et amendements organiques et 100 000 tonnes d'engrais organiques premium, fabriqués chaque année, le Pôle Agronomique de Veolia est un acteur majeur dans la production et la commercialisation de fertilisants organiques issues de l'économie circulaire.

SEDE est membre de l'association internationale 4/1000 et participe aux travaux pour la séquestration du carbone dans les sols.

Le Pôle Agronomique de Veolia, avec ses équipes et ses partenaires jouent un rôle majeur pour l'amélioration des sols au service d'une agriculture durable et de l'indépendance alimentaire des territoires.

**TESSENDERLO KERLEY**

Contact : Régis Muteau - Lead agronomy manager
regis.muteau@tessenderlo.com - Tel : +33(0) 785 272 212
www.tessenderlokerley.com



Tessenderlo Kerley International bénéficie de l'expérience d'un siècle d'activité de Tessenderlo Group (1919).

Nos usines sont réparties sur 20 sites à travers le monde, aux USA, en Belgique, en France, en Turquie mais aussi en Italie et en Suède. Très bientôt une usine en Hollande viendra compléter ces usines qui fabriquent des produits de qualité. Ce portefeuille diversifié et innovant de produits, combine des éléments nutritifs (Ammonium, Potassium, Calcium, Soufre) essentiels pour la plante et pour le sol. Certains de nos engrais peuvent améliorer l'infiltration d'eau, tout en maximisant l'absorption d'éléments nutritifs pour la plante.

Tessenderlo Kerley International à travers cette gamme veut relever efficacement les défis de l'agriculture moderne.

Le Groupe Tessenderlo est le leader Mondial dans la fabrication d'engrais liquide à base de thiosulfates. Nous produisons notamment le Thio-Sul®, notre ammonium thiosulfate, engrais liquide qui se mélange aux solutions azotées, et produisons également le Solupotasse, notre sulfate de potassium, engrais hydrosoluble qui est l'excellence du SOP. À l'aide d'expérimentation sur le terrain nos experts en agronomie effectuent en permanence des essais pour garantir les recommandations les plus pertinentes sur les grandes cultures céréalières mais aussi sur l'ensemble des cultures spécialisées.

UNIFA

contact@unifa.fr- www.unifa.fr
 Twitter : <https://twitter.com/UnifaAgri> - LinkedIn : <https://fr.linkedin.com/company/unifa>



L'Union des Industries de la Fertilisation (UNIFA) représente les industries de la nutrition des plantes et des sols. Elle regroupe trente-cinq producteurs de fertilisants, d'amendements minéraux, organo-minéraux, organiques et de biostimulants. Acteurs de l'amont agricole au service du dynamisme de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire française, ces entreprises sont engagées pour une agriculture durable et une alimentation saine et sûre, afin de mieux nourrir les hommes et préserver la planète. Elles partagent une vision commune de performance agronomique et d'engagement.

Les membres de l'UNIFA ont fait le choix de travailler ensemble pour permettre de répondre de manière diversifiée et complémentaire à l'ensemble des besoins des plantes et des sols.

WIUZ

Contact : Marc Hoppenot - CEO - mhoppenot@wiuz.fr
www.wiuz.fr



WIUZ est un éditeur de logiciel qui propose aux conseillers et agriculteurs une solution complète à la fois de réglementation (traçabilité, fertilisation...) mais aussi de suivi du parcellaire avec toute la gestion des rotations. Notre écosystème de partenaires nous permet aussi de proposer des solutions riches pour le terrain.

YARA® France

www.yara.fr
 Twitter : @Yara_france - [linkedin.com/company/yara-france-corporate](https://fr.linkedin.com/company/yara-france-corporate)



Yara International est spécialisé dans les solutions dédiées à l'agriculture, les solutions industrielles et environnementales. Yara® en France, ce sont deux usines entièrement consacrées à la production d'engrais, certifiés Origine France Garantie, destinés au marché agricole français.

Yara® conçoit, fabrique et commercialise une gamme complète de solutions de nutrition tels que les ammonitrates YaraBela®, les engrais complexes YaraMila®, les produits foliaires et biostimulants YaraVita™ et d'engrais organiques YaraNature® et propose des programmes de nutrition adaptés à toutes les cultures.

Depuis 25 ans, Yara développe des outils de pilotage innovants Yara N-Tester®, Yara N-Sensor®, Atfarm, mettant ainsi le digital à la disposition des agriculteurs pour les aider à optimiser leur fertilisation.

La qualité des produits, les outils d'aide à la décision et les applications web et digitales visent à aider les agriculteurs à faire progresser les rendements tout en favorisant la qualité des cultures.

Yara® France en tant que membre actif du COMIFER a à cœur de développer les meilleures méthodes de fertilisation tout en supportant une agriculture durable, productive et respectueuse de l'environnement. Aujourd'hui Yara travaille à réduire l'impact carbone de l'agriculture avec la commercialisation dès 2023 de ses premiers engrais minéraux décarbonés au niveau européen.

AUREA AGROSCIENCES

Contact : Matthieu Valé - Responsable Scientifique du pôle Agriculture
m.vale@aurea.eu - Tél. / +33(0)2-38-69-72-61
<https://www.aurea.eu/>



AUREA AGROSCIENCES, laboratoire leader de l'analyse agro-environnementale en France, accompagne les agriculteurs et les entreprises du secteur en développant, au-delà de l'analyse elle-même (sol, produits organiques, supports de culture, fertilisants organiques ...), une forte activité de conseil associé.

Filiale d'ARVALIS Institut du végétal, AUREA inscrit son activité dans une vision d'une agriculture performante et éco-efficace, accompagnant la transition agro-écologique par la valorisation de la fertilité physique, chimique et biologique des sols.

ELEMENTAR France

Contact : Charles Ojeimi - Country manager
info@elementar.fr - Tel : +33(0)4 72 14 89 00
<https://www.elementar.com/fr/>



ELEMENTAR est le premier fabricant allemand d'instruments analytiques au monde pour les éléments non-métalliques comme le carbone, l'azote, le soufre, l'hydrogène, l'oxygène ou le chlore dans les substances organiques et la majorité des substances inorganiques. Nous sommes spécialistes de l'analyse élémentaire CHNOS, analyse d'azote / protéine par combustion Dumas, analyse COT / TNb pour les micro et macro échantillons.

De plus, nous proposons des spectromètres de masse isotopiques (IRMS). Nos IRMS sont couplés à différents analyseurs élémentaires ainsi qu'à des analyseurs COT, mais également à des chromatographies en phase gazeuse ou liquide.

Enfin, pour le dosage des éléments métalliques, nous avons développé le Ferro.lyte, système par Spectroscopie d'Emission Optique portatif.

Nous sommes présents dans différents domaines d'applications tels que l'agriculture, l'agronomie, l'agroalimentaire, la chimie fine, l'environnement, les sciences de la Terre, les matériaux, les énergies, les combustibles, l'archéologie, la lutte anti-dopage et la répression des fraudes alimentaires ou les contrefaçons.

Elementar France SARL, assure la continuité et la pérennité de ventes directes d'instruments et du SAV pour l'ensemble de la gamme Elementar.

EUROFINS

contact@eurofins-galys.com - Tél : +33(0)2 54 55 88 88
www.eurofins.fr



Eurofins dispose d'une expertise complète dans le domaine agricole en termes analytique et réglementaire pour vous accompagner dans tous vos projets agronomiques et concernant vos produits de biocontrôle, biocides, fertilisants et biostimulants.

Depuis mars 2023, nous disposons d'une entité indépendante, Eurofins Certification, accréditée pour évaluer la conformité des fertilisants et biostimulants selon les exigences du RUE 2019/1009 permettant d'obtenir le marquage CE avec une portée couvrant tous les PFC et CMC pour les modules B et D1.

Avec notre entité Eurofins Galys, Eurofins dispose d'une expérience analytique de plus de 50 ans sur les marchés agricoles. Eurofins Galys a la capacité d'intervenir à toutes les étapes du développement de la plante et propose une gamme complète d'analyses grâce à nos laboratoires répondant aux normes les plus exigeantes. Du prélèvement au conseil personnalisé de terrain, nous apportons des résultats précis et un soutien technique facilitant la prise de décision.

De plus, grâce à une expérience de plus de 30 ans dans la protection des plantes, les biocides et la nutrition des plantes, Eurofins Agrosience vous accompagne également dans la sélection, le développement et l'homologation de vos produits.

**C. GERHARDT France**

Contact : Jonathan Habib - info@gerhardt.fr - Tél. : +33(0)6 73 13 23 76
www.gerhardt.fr

Filiale de C.Gerhardt GmbH, C.Gerhardt France, depuis sa création en 1993, est la structure technique, de vente et d'après-vente des systèmes Gerhardt auprès des laboratoires et de nos partenaires commerciaux.

Un stock important de pièces détachées, en France, une permanence téléphonique S.A.V. , une grande disponibilité de nos techniciens sur sites sont les facteurs décisifs dans le suivi de nos systèmes d'analyses : Kjeldahl, DUMAS, Matières Grasses Totales, Fibres ADF, NDF, cellulose ... souvent mis à rude épreuve et dont on attend toujours une grande fiabilité et une précision irréprochable.

Cette interface réactive rend compte des attentes des laboratoires français et propose les solutions les mieux adaptées : présentations de matériel, démonstrations, installations, formations, mises au point de méthodes, analyses comparatives dans notre laboratoire d'essais, développements sur mesure...

SDEC France

Contact : info@sdec-france.com - Tél : +33(0)2.47.94.10.00
<https://www.sdec-france.com/>



Fondée en 1991, SDEC France est reconnue dans la conception, la fabrication et la commercialisation d'instruments de mesure dédiés à la surveillance environnementale. Notre vision : apporter des outils et des solutions techniques aux acteurs concernés par la protection de l'environnement (autorités publiques, recherche, industrie, enseignement, conseil...).

Notre entreprise, forte de ses 70 collaborateurs répartis dans des domaines tels que l'ingénierie, la production et le service après-vente, propose une gamme complète de services, allant de la conception à la maintenance.

Nous intervenons dans les domaines d'application de l'air, du sol et de l'eau, ce qui nous permet de proposer des solutions variées, de la radioprotection à l'agronomie.

Notre siège social est basé près de Tours, avec une usine de 2000 m² et une zone de montage de 350m². Depuis 2017, nous avons ouvert une agence à Rousset, près d'Aix-en-Provence.

SERLABO Technologies

Contact : info@serlabo.fr
www.serlabo.fr



SERLABO TECHNOLOGIES est le partenaire des laboratoires d'analyses depuis plus de 50 ans. Notre objectif est d'offrir aux clients une solution globale pour les produits, services et consommables.

Nos représentants régionaux, tant d'un point de vue commercial qu'en termes de service après-vente, assurent d'une part la distribution de notre gamme de produits mais aussi les installations, la formation initiale des utilisateurs et la maintenance. Nos techniciens ont tous une vaste expérience dans les domaines de la chromatographie, de la spectroscopie, de la synthèse de flux, de l'environnement et d'autres technologies universelles et innovantes utilisées dans les laboratoires.

SERLABO TECHNOLOGIES est un acteur incontournable dans les secteurs de la recherche scientifique, de l'industrie chimique et pharmaceutique, et de l'environnement proposant une gamme variée couvrant les activités de la robotique, de l'analyse automatisée, de la chromatographie, de la chimie de synthèse, des nano et micro particules, de la spectrométrie et des biotechnologies.

Dans l'activité environnementale, nos activités couvrent la détermination des nutriments comme les Nitrates, l'ammonium, l'azote totale, le phosphore total...mais également la préparation d'échantillons en vue de déterminer les polluants comme les pesticides, les dioxines, les PCB ou les PFAS.

SKALAR

Contact : Nicolas Chauvin - Directeur Commercial/Filiale
 chauvin.n@skalar.com – tel : +33(0)6 33 60 54 74.
 www.skalar.com



Skalar est un fabricant néerlandais d'analyseurs automatisés de haute qualité pour les laboratoires et les industries de transformation. Fondée en 1965, Skalar est devenue une organisation internationale avec plusieurs filiales et des représentants dans plus de 100 pays. Le siège mondial de Skalar est situé à Breda, aux Pays-Bas, et emploie 150 personnes. Les activités du siège comprennent la recherche et le développement, la fabrication, les ventes internationales et le service après-vente. Notre filiale française créée en 1980 accompagne nos clients dans leur choix d'équipements et leurs apporte tout le support nécessaire au bon fonctionnement de leurs équipements suivant leurs exigences.

Nos gammes de produits Skalar comprennent les analyseurs à flux continu et les analyseurs séquentiels (reliques, CEC, Chlorures, phosore, Carbonates, Calcaire Actif), les analyseurs élémentaires de Carbone et d'Azote total et la robotique de laboratoire (Analyseurs de pH, conductivité – Granulométrie des sols).

SYMALAB

Contact : Sylvain Mallet - Gérant/Manager
 sylvain.mallet@symalab.fr
 https://www.symalab.fr



SYMALAB est, depuis maintenant 10 ans, distributeur et fabricant de pièces et consommables (capsules, cuivre, tubes quartz, ...) pour les analyses carbone (C) et azote (N) par méthode Dumas (CHNOS). SYMALAB est aussi spécialisé dans l'analyse du mercure dans toutes les matrices et spécialement dans les sols, les engrais, Ainsi, évoluant dans ce type d'analyse depuis près de 20 ans via le célèbre analyseur de mercure Altec AMA 254, SYMALAB a étendu sa gamme avec celle de TELEDYNE LEEMAN LABS qui comporte des analyseurs pour solides et pour liquides (du ppt au ppm).

Les appareils de Teledyne comportent aussi les automates TELEDYNE CETAC accélérant vos process analytiques et permettant ainsi un gain de temps, de précision et de répétabilité en limitant les erreurs humaines.

Teledyne, c'est aussi des appareils de la gamme TELEDYNE TEKMAR déterminant le carbone organique total (TOC / COT) et les composés organiques volatils (COV / VOC).

Enfin, depuis 2022, SYMALAB est distributeur de la marque OPSIS LIQUID LINE spécialisée dans les analyses d'azote par Kjeldahl et de fibres par Soxhlet. Ces appareils complètent ainsi parfaitement les autres appareils de mesures proposés par SYMALAB pour le carbone et l'azote.



PARTENAIRES MEDIA



RÉFÉRENCE agro

Le média des décideurs agricoles

Pour tous les métiers : Direction, achat, vente, communication, environnement, juridique...

Toute l'actualité des acteurs de la vente et du conseil, des débouchés et des filières

Les dernières avancées scientifiques, la politique agroenvironnementale et l'évolution du cadre réglementaire.

<https://www.reference-agro.fr/>

CIRCUITS culture

Magazine de référence des dirigeants et technico-commerciaux de la distribution et de la collecte agricole, il vous permet de prendre du recul sur les grands enjeux de votre métier.

Lancement de campagne, transport, digital, exportations de céréales... dans chaque numéro retrouvez une thématique passée au crible.

Innovations, expériences, tendances : toutes les réponses à vos préoccupations.

<https://www.circuits-culture.com/>

cultivar

Chaque mois, un dossier technique et agronomique complet

Toute la réglementation sociale et la fiscalité décryptées

Des enquêtes pour mieux comprendre l'actualité

Un regard sur l'international

L'analyse des acteurs des filières pour comprendre les marchés

Des reportages au cœur des exploitations novatrices

Les nouveautés des constructeurs et des analyses pour bien choisir vos équipements

<https://www.cultivar.fr/>

viti

Tous les mois, Viti décrypte l'actualité politique et réglementaire de la filière. Dans les rubriques viticulture et œnologie, découvrez des domaines viticoles innovants, les derniers résultats d'essais conventionnels, bio et « alternatifs », les découvertes de la recherche et les nouveaux équipements et produits.

Avec les pages Vie de l'entreprise, les experts en gestion, comptabilité et ressources humaines vous livrent leurs conseils.

<https://www.mon-viti.com/>



PRECISEMENT LÀ OÙ VOUS AVEZ BESOIN DE NOUS

NUTRITION DURABLE DES CULTURES POUR L'AGRICULTURE

Depuis plus de 100 ans, Tessenderlo Kerley International a démontré son engagement à mieux nourrir les cultures par l'innovation, la recherche et le développement d'une nutrition durable en agriculture. Notre gamme diversifiée de produits relève les défis de l'agriculture moderne en combinant les différents nutriments essentiels pour améliorer la santé du sol, augmenter l'infiltration de l'eau et maximiser l'absorption des nutriments.

Notre siège est en Belgique et nous avons des sites de production d'engrais en Belgique, en France, en Italie et très bientôt en Hollande !

Nous proposons une large gamme d'engrais techniques liquides mais également des engrais solides ou solubles



LIQUIDES DE HAUTE PERFORMANCE

SOLIDES/SOLUBLES DE HAUTE PERFORMANCE



Nos experts connaissent votre région et vos cultures. Leur soutien comprend :

- Conseils agronomiques
- Fournir des informations techniques
- Des études de terrain spécifiques à vos problématiques
- Conseils d'application et de stockage

Pour plus d'information, veuillez contacter :

Tessenderlo Kerley International, part of Tessenderlo Group
Rue du Trône 130 - 1050 Bruxelles, Belgique
Tel. +32 2 639 18 11
tessenderlokerley@tessenderlo.com
www.tessenderlokerley.com

www.tessenderlokerley.com

Tessenderlo Kerley International

Prochain RDV en 2024



Appel à poster

En France, les pratiques de fertilisation sont encadrées par des diagnostics et des préconisations décrites dans des documents résultants d'un consensus, publiés par le Comifer. Les références (N, P, K) ont été obtenues dans des systèmes relativement simples (une culture annuelle suivant labour, absence de facteurs limitants), dont la représentativité pose aujourd'hui question. En effet, la part croissante des techniques sans labour, des cultures intermédiaires, des associations de culture, des systèmes uniquement basés sur les amendements organiques, l'allongement des rotations, sont autant de situations mal représentées dans les travaux fondateurs des documents "officiels". Ces situations s'accompagnent de nouvelles pratiques de fertilisation (nouveaux types de diagnostics, disponibilité accrue de nouvelles matières fertilisantes, diversité des modes de fractionnement et de positionnement, etc. ...) de la part des agriculteurs.

L'objectif de cette Journée Thématique est d'analyser la capacité des méthodes actuelles de raisonnement de la fertilisation à couvrir la diversité des systèmes de culture et à proposer, sur la base de résultats d'essais, des évolutions de méthodes et d'outils afin de répondre aux besoins de la profession.

Un programme en 3 parties

- Partie I : Etat des lieux sur la diversité des pratiques de fertilisation
- Partie II : Premiers enseignements pour la gestion de la fertilisation tirés de dispositifs expérimentaux mobilisant des leviers agroécologiques
- Partie III : Nouvelles mesures, méthodes et indicateurs pour raisonner la fertilisation face à la diversité des systèmes de culture

Appel à posters !

Lors de cette journée, une vingtaine de poster viendront compléter les présentations orales. Si vous souhaitez présenter votre travail, envoyez une présentation du contenu du poster, sous forme d'un résumé d'une page incluant les illustrations, avant le 8 décembre 2023. Le sujet présenté doit s'inscrire dans le thème d'une des trois parties de la JT. Les posters commerciaux ne seront pas acceptés.

Programme et inscription : <https://comifer.asso.fr> - rubrique Evénements/Journées Thématiques - Contact : s.droisier@comifer.fr



- Je renouvelle mon adhésion au Comifer début janvier 2024
- Je choisis les Groupes de Travail auxquels je souhaite participer activement (date des réunions en page d'accueil du site)
- Je me connecte à l'Espace Adhérent via Mon compte et accède à l'ensemble des ressources, bibliographie...
- Je bénéficie du tarif préférentiel pour l'inscription aux Evènements du Comifer