

Compte rendu de la réunion du Groupe PKMg

Réunion du 21 juin 2021

Animation : L Jordan-Meille (Bdx Sc Agro)

Collège 1 : Pouvoirs publics, enseignement, recherche

Couic Ewan, Université de Rennes, UMR CRNS Géosciences Rennes
Denoroy Pascal, INRAE, UMR IPSA, Bordeaux
Domingo Francesc, Institute of Agrifood Research and Technology
Dupas Rémy, INRAE, UMR SAS, Rennes
Grueau Gérard, Université de Rennes, UMR CRNS Géosciences Rennes
Jordan-Meille Lionel, Bdx Sc Agro
Jouany Claire, INRAE AGIR
Mariage Clémence, Gembloux Agro-Bio Tech (Univ. Liège), Belgique
Nobile Cécile, CIRAD
Sagot Stéphanie, LDAR (labo départemental)

Collège 2 : Organisations professionnelles agricoles, laboratoires privés, ...

Bourdelat Alain, propriétaire agricole
Boyers Gilles, CA Aude
Carré Marie, COMIFER
David Julien, Emc2
Droisier Sophie, COMIFER
Félix-Faure Bruno, Eurofins-Galys
Gratecap Jean-Baptiste, CA Eure et Loir
Hanocq Daniel, CRA Bretagne
Heurtaux Mathilde, ACTA
Kalt Sébastien, Auréa Agrosociences
Leduc David, CA Pays de la Loire
Le Souder Christine, ARVALIS
Leroux Benjamin, Auréa Agrosociences
Patte Cassandra, CA Indre
Ravenel Coraline, FNAMS
Thiebaut Florent, CETA de Romilly-Sur-Seine
Véricel Grégory, ARVALIS

41 participants

Collège 3 : Acteurs économiques (fournisseurs, distributeurs)

Bihler Matthieu, Timac Agro
Dizien Caroline, AgroSolutions
Domingo Francesc,
Dufau Lydie, Phosagro France
Duthoit Blaise, Rosier S.A.
El Kanit Abdelmonim, OCP
Forest Sébastien, SCA OCEALIA
Gérard Philippe, Vivescia
Lambert Marc, YARA
Lecomte Rémy, Eurochem
Montprofit Cédric, K+S KALI
Petit Amélie, Caps Vert
Tourlière Pierre-Yves, Timac Agro
Zerrak Tarik, OCP

Ordre du jour

1. Nouvelles du COMIFER (9h15 – 9h35)

- Informations diverses concernant le COMIFER - Sophie Droisier
- Liste des communications relatives à P K Mg lors des Rencontres de Clermont-Ferrand - LJM
- Projets du GT P K Mg présents dans la nouvelle convention du Ministère - LJM

Diapos 4-15

2 : Projet de rénovation de la méthode de fixation des seuils d'impasse : choix méthodologiques

P. Denoroy, 9h40-10h05

Diapos 16-27

3. Premiers résultats de l'étude de comparaison des méthodes de raisonnement de la fertilisation P K en Europe

Marie Carré, 10h10-10h30

Diapos 28-41

4. Cas complexes non traités par la grille : cas des CIVE. Proposition de réponse pouvant faire office de "doctrine"

Stéphanie Sagot, 10h35-11h00

Diapos 42-58

5. Exposé thématique

"Evaluation et gestion des risques de transferts dissous dans les paysages agricoles"

Ewan Couic et al., UMR CNRS Géosciences Rennes, 11h15 – 12h10

**Diapos 59-63
et présentation pdf jointe**

6. Points divers

Proposition de compléter la grille des teneurs en P K Mg des parties récoltées par les données de la FNAMS

C. Ravanel, 12h15-12h30

Diapos 64-70

Points à aborder dans les réunions futures

1. Informations diverses

Quoi de nouveau au Comifer depuis notre dernière réunion?

Sophie DROISIER, Déléguée Générale, COMIFER

30 mars 2021 : AG et CA du Comifer

1- AG : Election et cooptation de nouveaux administrateurs

Postes à renouveler en AG 2021

1^{er} collège

**Frédéric Feder
(CIRAD/AFES)**

Stéphanie SAGOT

ssagot@aisne.fr

Fanny HERAUD

fanny.heraud@agriculture.gouv.fr

2^{ème} collège

Nathalie GALIRI

nathalie.galiri@apca.chambagri.fr

Mathilde HEURTAUX

mathilde.heurtaux@acta.asso.fr

Coraline RAVENEL

coraline.ravenel@fnams.fr

3^{ème} collège

Cédric MONPROFIT

cedric.monprofit@kalfrance.com

**Yannick
Fonsegrives (Lhoist)**

Jean-François ZIHLMANN

jeanfrancois.zihlmann@meac.fr

Postes à renouveler en AG 2022

1^{er} collège

Catherine Hénault - Inrae

pascale.monroy@meac.fr

Lionel JORDAN-MEILLE

lionel.jordan-meille@agro-bordeaux.fr

Jean-Robert MORONVAL

jean-robert.moronval@educagri.fr

2^{ème} collège

Francesca Degan - Arvalis

francesca.degan@arvalis.com

Enguerrand BUREL

enguerrand.burel@itab.asso.fr

Bruno FELIX-FAURE

bruno.felixfaure@galys-laboratoire.fr

3^{ème} collège

Marc LAMBERT

marc.lambert@yara.com

Marc HERVE

marc.herve@eurochemagro.com

Caroline DIZIEN

cdizien@agrosolutions.com

Postes à renouveler en AG 2023

1^{er} collège

Aurélia MICHAUD*

aurelia.michaud@inrae.fr

Nathalie VASSAL

nathalie.vassal@vetagro-sup.fr

Camille BECHAUX

camille.bechaux@agriculture.gouv.fr

2^{ème} collège

Rémy DUVAL*

duval@itbfr.org

Marie-Agnès BOURDAIN

ma.bourdain@aurea.eu

François SERVAIN

fservain@aisne.fr

3^{ème} collège

Nicolas MARQUET

nicolasmarquet@upj.fr

Alain CANARD

acanard@soufflet-group.com

Sophie AGASSE*

sagasse@unife.fr

30 mars 2021 : AG et CA du Comifer

2- CA : Election du bureau - Election d'un nouveau président : Lionel Jordan-Meille

Bureau 2021

| | |
|--|---|
| Président : | Lionel Jordan-Meille |
| Vice-Présidents / Présidents de collège : | Aurélia Michaud – 1 ^{er} collègue Rémy Duval – 2 ^e collègue Sophie Agasse – 3 ^e collègue |
| Trésorier : | Rémy Duval |
| Secrétaire : | Mathilde Heurtaux |
| Présidents d'honneur : | Pascal Denoroy Philippe Eveillard Christine Le Souder Jean-Claude Ignazi |

Journée thématique : 7 avril 2021 – Webinaire

(GT FOrBS (Matthieu Valé, Auréa AgroSciences))

- «**Les Matières Organiques dans les Sols agricoles : diagnostic et gestion - fonctions et services rendus**»

7 avril 2021 - WEBINAIRE
LES MATIÈRES ORGANIQUES
DANS LES SOLS AGRICOLES
comifer
Comité Français d'Étude et de Développement
de la Fertilisation Raisonnée



Un beau succès ! 325 inscrits

92% de satisfaits sur la richesse et contenu des informations
+ d'une 20 ten de nouveaux adhérents potentiels

- . 27 intervenants, répartis entre « Fondamentaux / techniques » et « Leviers actions par systèmes de cultures »
- . **Enregistrement vidéo des interventions**, disponibles pour adhérents en Janvier 2022
- . **Tchat / Réponses aux questions posées en ligne / Espace réservés / inscrits**

Volonté clairement exprimée d'avoir **plus d'applications proches du terrain**, du **conseil à prodiguer aux agriculteurs** / **Plus de temps d'échange avec les intervenants**

Journée thématique : 7 avril 2021 - Webinaire

- **«*Les Matières Organiques dans les Sols agricoles : diagnostic et gestion - fonctions et services rendus*»**

7 avril 2021 - WEBINAIRE
LES MATIÈRES ORGANIQUES
DANS LES SOLS AGRICOLES

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



Pistes d'approfondissements évoquées sur le sujet :

Impact de l'utilisation des matières organiques animales sur l'évolution des propriétés du sol (biologie/biochimie/fertilité)

Comment subvenir aux besoins en P des productions agricoles avec de la fertilisation organique ?

Les relations entre la MO et les teneurs et biodisponibilité en éléments minéraux

Sols urbains...

Journée thématique : Printemps 2022 - Webinaire

- **Eléments-traces** (au sens éléments essentiels et/ou toxiques)

Constitution d'un Comité d'organisation piloté par LJM : Noémie Janot / Laurence Denaix / Christophe N'Guyen / Jean-Yves cornu / Valérie Sappin-Didier / Aurélia Michaud - INRAE + RMT AL-Chimie (T. Savoie ...)

Plan général :

1. Eléments-traces en agriculture : de quoi parle t'on ?
2. Enjeux sanitaires
3. Les oligos et leur importance en nutrition végétale, animale et humaine

Questionnaire envoyé aux opérateurs de terrain (Instituts techniques, Chambres, CETA, structures de conseils, agriculteurs, ...) pour connaître les questions que se pose la profession agricole sur les ET, savoir ce qui l'intéresse, connaître les éventuels problèmes de gestion qu'ils rencontrent...

Points saillants sur les GT réunis récemment :

- **GT SAB** (8 avril 2021)

Le pH dans les modèles de minéralisation de la MO du sol, notamment en sols acides

Rôle des amendements silicatés sur la capture de CO₂ dans les sols agricoles

Piste de travail : Arbre de décisions déterminant les pH idéaux en fonction des objectifs recherchés par l'action de chauler

- **GT PRO** (20 mai 2021)

Ss-gpe de travail « K_{eq} des digestats »: analyse des données en cours
communication orale prévue - R21

Pistes de travail : 1/ Synthèse sur l'innocuité des différents PRO

2/ Mise en forme & synthèse des produits utilisables en AB

3/ Appel à contribution du GT PRO par le ministère pour la constitution d'un groupe sur l'efficacité agronomique des PRO.

Points saillants sur les GT réunis récemment :

- **Prochaine réunion GT NS : septembre 2021**

Ss-gpe de travail : mise à jour de la « grille volatilisation »

7è PAN : Texte toujours en cours de rédaction – Consultation publique cet été – Signature en sept 2021

Comifer s'est exprimé sur nécessité de mieux définir N efficace et méthodes de calculs associés

Thématiques de travail : Méthode du bilan pour les CIVEs : présentation des résultats / MAJ observatoire soufre / MAJ Besoins maïs pop-corn / Pilotage intégral de la fertilisation : État d'avancement de la recherche et des outils en matière de pilotage intégral / Suite des travaux sur l'APM – Azote potentiellement mesurable

- **Prochaine réunion GT FOrBS : automne 2021**



Le rendez-vous biennal des professionnels de la fertilisation raisonnée.

| | | | |
|------------------------|----------------------|---------|--------------------------|
| 450 | 25 | 50 | 35 |
| CONGRESSISTES ATTENDUS | PRÉSENTATIONS ORALES | POSTERS | PARTENAIRES ET EXPOSANTS |



15^È Rencontres Comifer-Gemas : 24-25 novembre 2021 – Clermont-Ferrand
Format hybride : présentiel / distanciel – **324 places seulement**
24 présentations orales, 60 posters

SESSION 1 - PILOTAGE DE LA FERTILISATION AZOTÉE

09:25 | Accueil du Président de séance : Sophie Générmont - *Chargée de recherche - Inrae*

SESSION 2 - PERTES D'AZOTE

14:00 | Accueil du Président de séance

SESSION 3 - LA FERTILISATION AU CŒUR D'ENJEUX MULTIPLES

16:15 | Accueil du Président de séance : Thomas Pacaud - *Chargé de mission Agronomie - Environnement & Recherche - Innovation - Développement - Chambre d'agriculture Auvergne - Rhône-Alpes*

Cocktail dinatoire en fin de 1^È journée – sous réserve d'annulation – conditions sanitaires

SESSION 4 - POLITIQUES PUBLIQUES ET RÉGLEMENTATION

09:00 | Accueil du Président de séance : Olivier Aznar - *Enseignant-chercheur - VetAgroSup*

SESSION 5 - EPANDAGE ET MACHINISME / STRUCTURE PHYSIQUE DU SOL

10:50 | Accueil du Président de séance : Alain Savary - *Directeur général - Axema*

Remise des prix - Posters

SESSION 6 - INDICATEURS (MICRO) BIOLOGIQUES ET LEURS INTERPRÉTATIONS

14:00 | Accueil du Président de séance : Alain Brauman - *Directeur de recherche - IRD*

Partenariat presse – Sponsoring en cours / Ouverture avant fin juin des pages web pour inscription

COMIFER PKMg – 21 juin 2021 – S. Droisier – COMIFER

Informations diverses concernant le COMIFER (9/11)



Rencontres 24 & 25 novembre : Liste des communications sur PKMg

Merci V2 : Méthode d'Estimation des Restitutions des Cultures Intermédiaies.
Sébastien Minette, CRA Nouvelle Aquitaine

L'analyse de la sève xylémienne, outil de pilotage de la fertilisation des céréales. Maîtrise du rendement, de la qualité des récoltes, et réduction des impacts environnementaux. *Philippe Michonneau, Coopérative Agricole Région Arcis (SCARA)*

Perte en éléments nutritifs lors du stockage au champ du fumier de bovins. *Richard Lambert, Univ Catholique de Louvain*

Caractérisation du fumier de cheval et de son compost. *Pauline Doligez, Institut français du cheval et de l'équitation*

TOOPI ORGANICS recycle, transforme et valorise l'urine humaine en pour l'agriculture et l'industrie. *Sarah Fondeville, Toopi Organics*



Rencontres 24 & 25 novembre : Liste des communications sur PKMg

Actualisation des mobilisations en PKMg par les produits de récolte des cultures fourragères et à gazons porte-graine. *Coraline Ravenel, FNAMS*

PhosphoBio : Mise au point d'outils de diagnostic de la fertilité vis-à-vis du Phosphore des sols en Agriculture Biologique et évaluation de leviers d'action pour l'améliorer et la gérer durablement. *G. Véricel, ARVALIS*

Vers une réévaluation des teneurs de référence du phosphore dans les récoltes : quelles conséquences pour le calcul de la fertilisation ? *Pascal Denoroy, INRAE*

Proposition de réévaluation des seuils de réponse des cultures aux teneurs en P_{biodis} des sols à partir d'une mise à jour des références agronomiques et de l'utilisation d'une nouvelle méthode de calcul. *L. Jordan-Meille, Bordeaux Sciences Agro*

Convention MAA-COMIFER 2021-2022: Liste des travaux impliquant le GT PKMg

- Finalisation d'une nouvelle convention avec le MAA : « Animation des travaux techniques pour les référentiels de calcul de la dose d'azote et soutien des événements du COMIFER, de ses travaux et de ses publications » – **Durée de 19 mois : Juin 2021 > Déc 2022**
- 117 400 € avec autofinancement du Comifer à hauteur de 20% - Signature en cours

En lien avec le GT PKMg :

- Finalisation travail parangonnage des méthodes de raisonnement (principes scientifiques, mise en œuvre) en matière de fertilisation N, P, K (Europe) – Organisation d'une réunion de restitution (niveau européen) – Edition d'un addendum à la brochure P K Mg
- Mise au point méthodologique pour rénover le raisonnement de la fertilisation phosphatée - Edition d'un addendum à la brochure P K Mg
- Evaluation, à la demande de l'ANSES, des nouveaux scénarios de fertilisation dans le cadre du dossier Cadmium

Départ de Marie Carré en septembre 2021 – Recrutement en cours d'un Ingénieur Chargé de Mission

2 : Rénovation des seuils d'impasse et des teneurs en P des récoltes : choix méthodologiques



LabEx COTE

Travaux dans le cadre du projet « JUSTE_P » soutenu par le LabEx COTE (Université de Bordeaux), action « Transfert & Valorisation »

Porté par   ... membres du LabEx

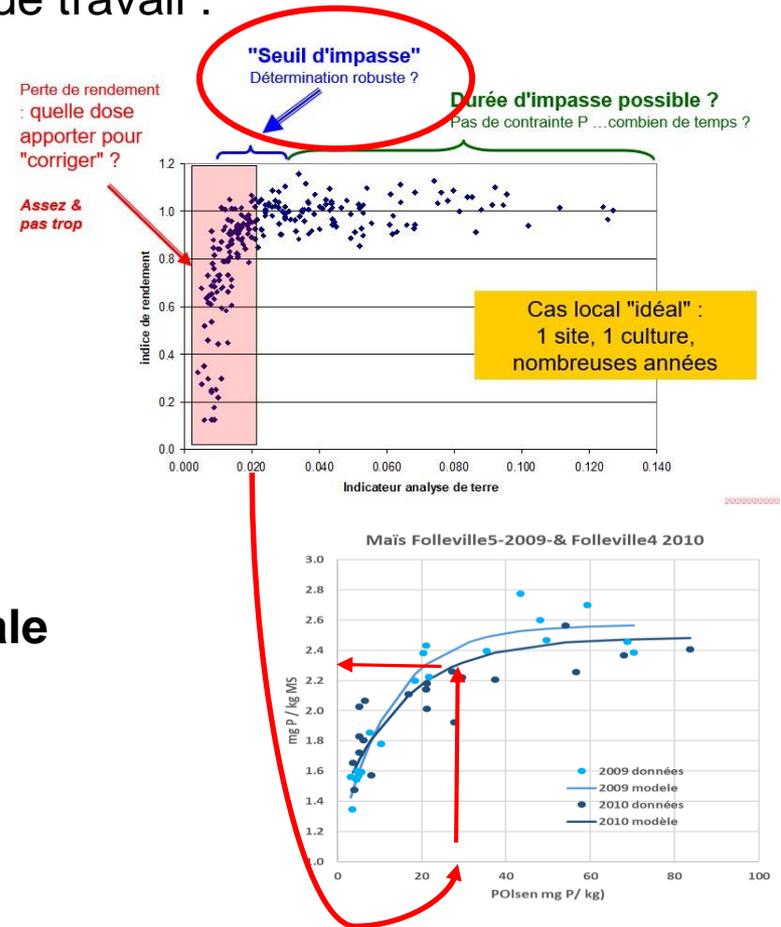
Avec pour partenaires  

Participants « officiels » + contributeurs (AGIR, CRAB, CA28, CETA Romilly, Vivescia,...). Projet sensé durer jusqu'à fin 2021

Quelles sont les valeurs de référence « au plus juste » pour gérer la fertilisation phosphatée ?

Les deux grands axes du programme de travail :

- 1) Révision des valeurs de seuil d'impasse pour P
- 2) Estimation de la teneur minimale en P des récoltes (grains, betterave), correspondant au seuil d'impasse (↔ pas de carence) pour P



-- Méthodes pour estimation de seuils d'impasse :

cf. mémoire M.Esmel

Comparaison de 4 modèles → →

- * Fait en utilisant des rendements « indic traités tous ensemble
- * Alternative : ajustements annuels
- distributions de seuils

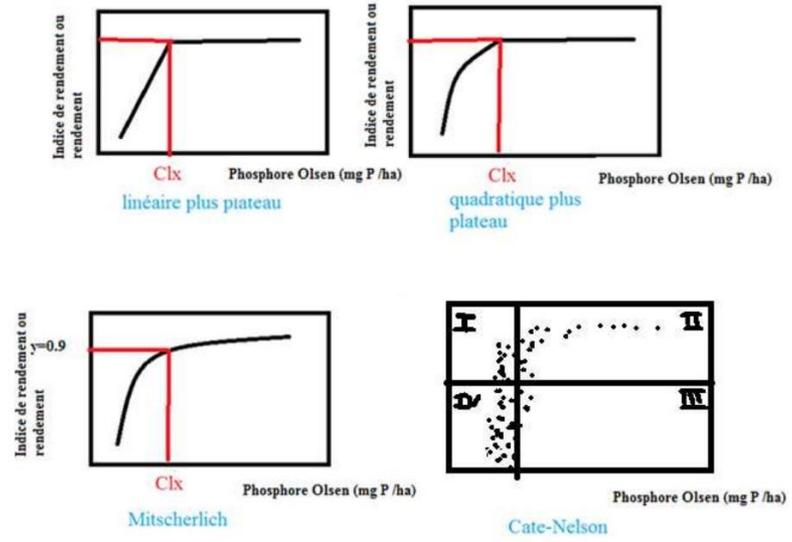


Figure 4 : Schéma des formes des courbes les plus rencontrées dans l'étude bibliographique (à l'exclusion du modèle quadratique)

Tableau 3: Equations de modélisation des modélisations les plus utilisées selon l'étude bibliographique menée

| | |
|--------------------------|---|
| Mitscherlich-Bray | $a + b * \exp(-1 * c * (x - D))$ |
| Cate-Nelson | Pas d'équation méthode de séparation en différentes classes de population |
| Quadratique | $a+b*x+ (- 0.5*b/clx)*x^2,$ |
| Quadratique-plus-plateau | Si $x < clx$, $a+b*x+(- 0.5*b/clx)*x^2,$ Sinon $a+b*clx$ |
| Linéaire-plus-plateau | Si $x < clx$, $a+b*x,$ Sinon $a+b*clx$ |

$x = P$ Olsen, a : rendement pour $x=0$, clx =valeur de x où commence le plateau (la dérivée s'annule), b : pente, : (Mitscherlich-Bray, Quadratique-plus-plateau, Linéaire-plus-plateau, (Mangiafico 2016))

Objectifs méthodologiques à ± long terme :

-Traçabilité de nos références et méthodes : pour transmission interne et justification externe, en particulier dans l'hypothèse de convergence au niveau européen (*voir ensuite « parangonnage »*). Normalisation de nos données et de leur traitement, « transparence » des données (*Les principes FAIR : Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*). Validation scientifique (publications « à comité de lecture »).

-Préparer le discours de vulgarisation et les outils facilitant l'appropriation / adaptation à niveau local : publicité des formats de données, procédure et outils statistiques pour traiter des jeux de données (sous R : logiciel gratuit et largement partagé). ⇔ outils pour la formation

Avancement des travaux et questions méthodologiques induites :

A priori toutes les données sont traitées à échelle parcelle expérimentale individuelle. *On verra séparément pour les données au « niveau traitement seulement » ... quoique les mêmes traitements de données soient a priori applicables*

On a jusqu'à présent essentiellement traité l'acquisition des données expérimentales et les analyses ; encore en attente de résultats d'analyse de terre (Olsen au LAS)

Analyses de récoltes & terre (Cp) faites par CDD, mais échec dans recherche de stagiaire pour traitement des données.

Format unifié des données pour traitements automatisés ensuite
➔ format d'organisation des données en cours de mise au point ; sera finalisé après les premiers tests de programmes.

Pas de résultats présentables à ce jour, mais des questions suscitées ...

- Règles pour inclure ou éliminer des données :
Éliminer les cas où un autre facteur aurait fortement interféré, masquant ou modifiant l'effet P ⇔ risque de mauvaise interprétation suite à traitement automatique de données
 - 1) Absence de réponse alors quelle devrait avoir lieu
 - 2) Point « aberrants » dans une série de données
⇔ Visualisations des données ⇔ programme avec création de figures. Recherche d'explication (ex. attaque jaunisse sur orge).
→ importance de collecte des données contextuelles

Identification et traçabilité (enregistrement) des exclusions.

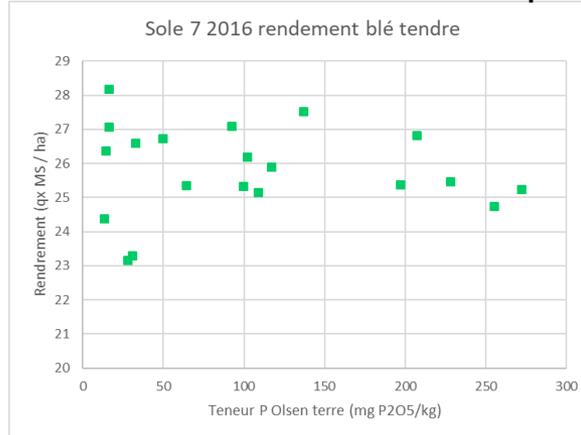
Possibilité de traiter avec / sans données douteuses pour évaluer leur effet potentiel

Exemples de cas pour exclusion de jeu de données

Année « normale »

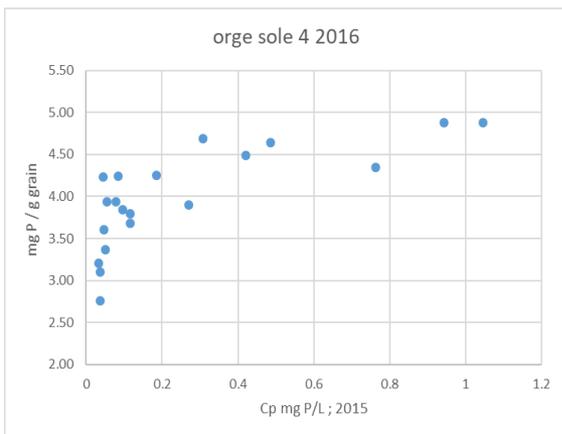


Année à conditions climatiques exceptionnelles



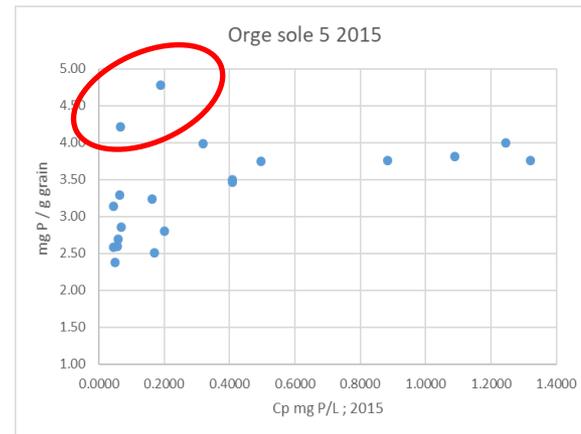
Mauvaise fécondation
Rendements très bas
Effet P « gommé »

Exemples de cas pour exclusion de données (?)



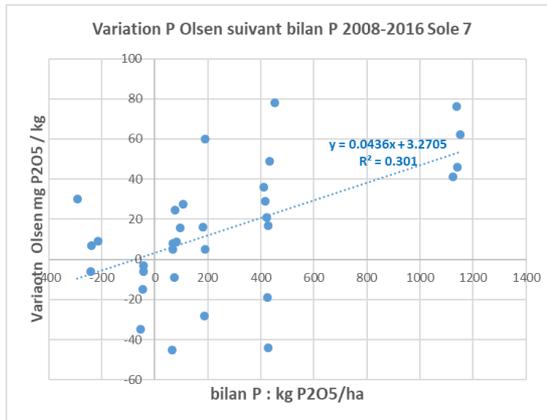
← Réponse « normale »

2 points « aberrants » →



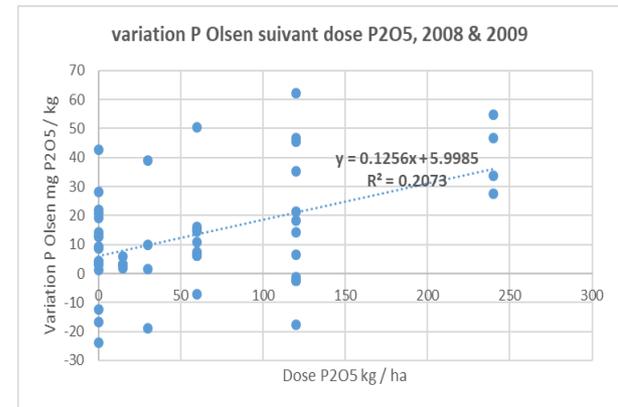
Choix méthodologiques (2)

- Objectif: réponse (de rendement ou teneur végétal) à état de DPS (Disponibilité P sol) donc après fertilisation
- Si prélèvement terre réalisé avant épandage → correction.
 - Règles de correction en cours de définition
 - Quelques cas disponibles : données avant/ après
 - Littérature ?
 - On pourra étudier l'impact de cette correction



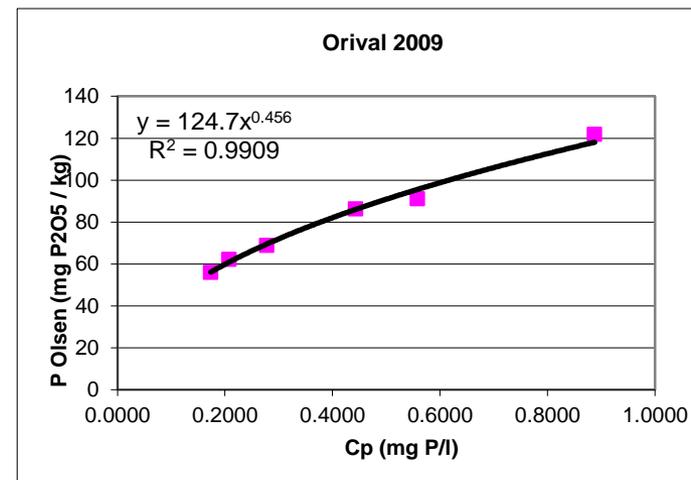
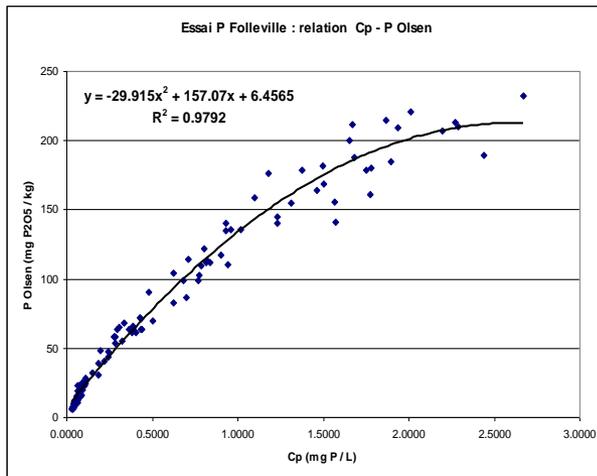
← Evolution P Olsen long terme

Evolution P Olsen → à court terme (3-5 mois après apport)



- Années sans analyse de terre : interpolation linéaire en fonction du temps (échelle parcelle individuelle)
 - *Interpoler en fonction des bilans P est hasardeux car dépend de teneur des récoltes qui est aussi un sujet étudié dans le projet*
 - *On pourra limiter le traitement aux seules années avec analyse de terre, pour comparaison des conclusions (biais ?)*

- * Cas d'essais avec analyses terre « Cp » (cf « CASDAR RIP »)
 - * Utilisation de régressions Cp/ Olsen (disponibles partout) pour estimer P Olsen
 - n'utiliser dans les traitements que le P_Olsen estimé ou mixer estimé/mesuré ?



- * Question de validité d'analyse d'échantillons ancien (évolution d'échantillons ?) : sera abordée par ré-analyse d'échantillons déjà traités

- Complétude des jeux de données ⇔ collaboration avec contributeurs (fourniture & discussion de format type pour les données et notice)
- Début des traitements statistiques été 2021 (mise au point des programmes)
 - => poster aux Rencontres Comifer-Gemas 2021
 - Présentation à Phloeme 2022 (proposition en attente de réponse)
- Fin officielle du projet JUSTE_P : fin 2021 ⇔ projet de réunion de clôture en décembre 2021,
- ..→ Constitution d'un groupe (« sous groupe PKMg ») sous couvert Comifer pour continuer les travaux, discutés ensuite dans le groupe
 - Reprise en main officielle en décembre, mais constitution préalable souhaitable pour travail dès automne 2021

- La réanalyse d'anciens échantillons aurait pour but de voir une évolution de la méthode analytique ou plutôt une possible dégradation des échantillons stockés un certain temps ?
⇒ Ce serait inquiétant s'il y avait une dérive dans le temps ou entre laboratoire, mais la question est bien de voir s'il y a une dégradation des échantillons stockés. L'objectif est donc bien de regarder s'il y a une évolution des échantillons stockés
- Sait-on si l'intégration des données 2015-2019 dans la BDAT/GISSOL est prévu dans l'année à venir ?
⇒ Pas d'éléments de réponse, un problème toutefois pour l'intégration de ces données sont les changements dans la législation RGDP, qui implique les l'agriculteur donne aujourd'hui explicitement son accord sur les anciennes données.

3. Etude de parangonnage des méthodes de raisonnement de la fertilisation P K en Europe

Étude de parangonnage des méthodes de raisonnement de la fertilisation dans quelques pays européens

Objectifs de l'étude :

Positionner nos **méthodes globales** de raisonnement

Positionner les **préconisations « officielles »**

Déceler de l'innovation au niveau des méthodes chimiques, algorithmes, outils pilotage, etc ...

Connaître ce qui se fait dans le but de mieux **anticiper les futures réglementations** (Green Deal, FAST), être forces de propositions. Et si possible sur nos critères...

Pour le Comifer, partager et enrichir les expériences et les référentiels, participer à la **création d'un espace de rencontres**, de confrontation d'idées et d'expériences, et d'amélioration de l'expertise collective.

Type et origines des informations recueillies

✿  **Deliverable 2.4.5** : Stocktake study and recommendations for harmonizing methodologies for fertilization guidelines

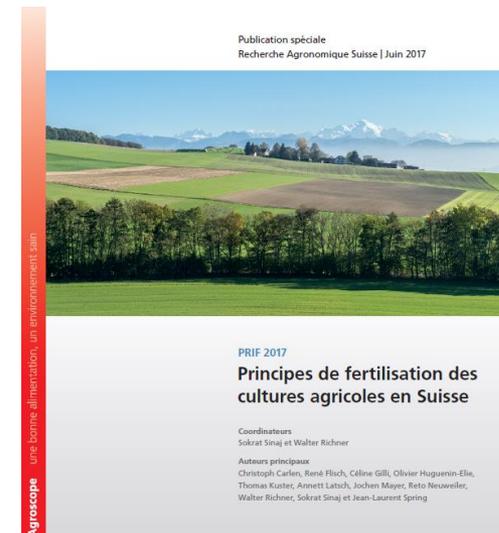
Documents techniques nationaux, sites internet

Allemagne, Belgique (P), Espagne, Italie, Pays-Bas (P, K), Royaume-Uni, Suisse,

Articles de synthèse par pays
Belgique, Pays-Bas

Documentation réglementaire
Luxembourg

Articles de synthèse échelle internationale

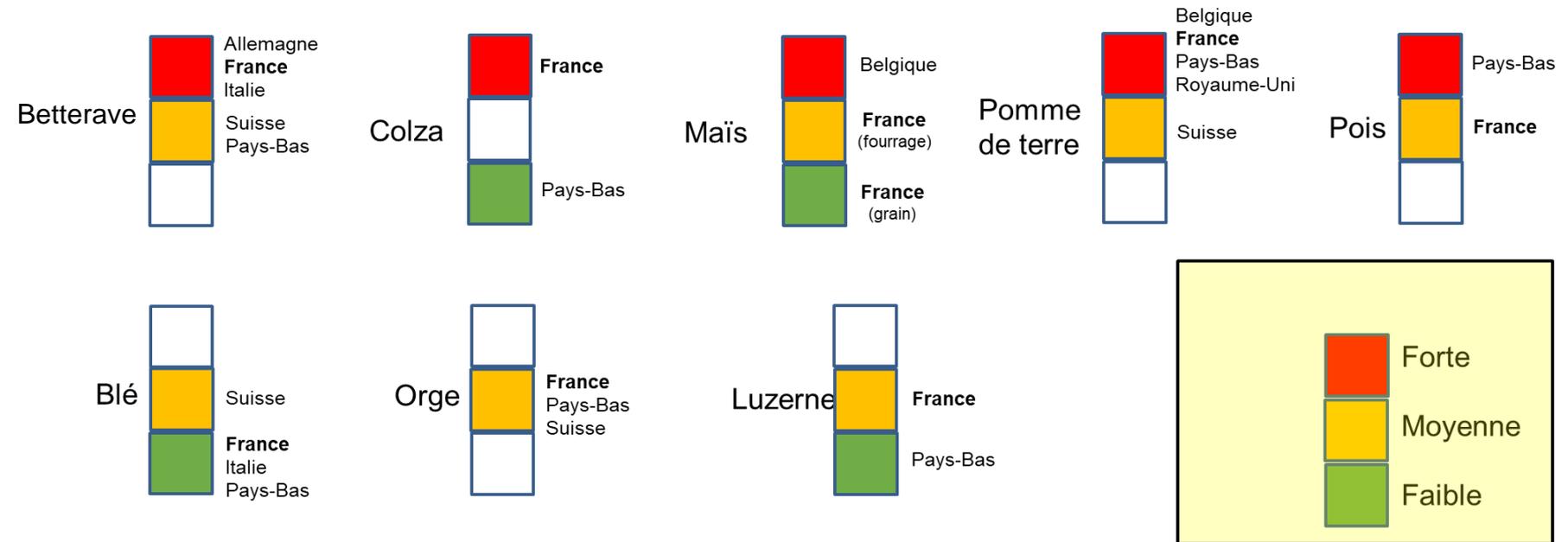


Phosphore * Diversité des extractions chimiques

| Pays | Méthode | Extractants chimiques | Mécanisme |
|--|--------------------------------------|---|--|
| Danemark Royaume-Uni France Italie Espagne | Olsen | Bicarbonate de sodium, pH 8.5 | Complexation par cations |
| Belgique (Fl) | AL | Lactate d'ammonium + Acide acétique, pH 3.75 | Echange anionique, Dissolution acide |
| Allemagne | CAL | Acétate de Ca+ Lactate de Ca + Acide Acétique, pH 4.1 | Echange anionique, Dissolution acide |
| Belgique (Wal) Suisse | NH ₄ Ac EDTA | Acétate d'ammonium + Acide acétique + EDTA, pH 4.65 | Echange anionique, Dissolution acide |
| Suisse | H ₂ O CO ₂ sat | H ₂ O + CO ₂ , pH acide | Désorption |
| Italie | Bray et Kurtz | Fluorure d'ammonium fluoride + acide chlorydrique | Complexation par cations, dissolution acide |
| Pays-Bas | Ca-Cl ₂ et AL | Chlorure de Ca d'une part, Lactate d'ammonium + Acide acétique, pH 3.75 d'autre part | Echange anionique, Dissolution acide |

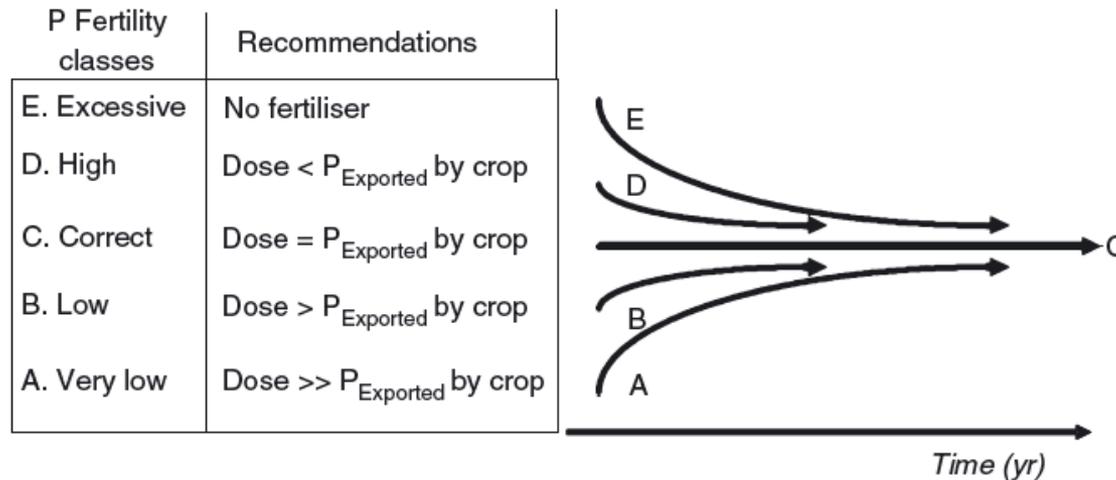
Phosphore

- Une notion d'exigence mouvante ...



Phosphore

- Approche la plus courante pour les recommandations



Allemagne : [0 – 2], f (MO, Argile, pluviométrie)

Espagne : [0 – 1,5]

France : [1 – 3,7]

Luxembourg : [+30 – +60 P_2O_5]

Royaume-Uni : [+30 – +100 P_2O_5] , f (pH, Ca_{actif})

Phosphore

- Recommandations basées 1 calcul « Sol » et 1 calcul « Plante »

1. Se mettre au niveau requis de fertilité P dans le sol (fonction du « pouvoir fixateur » du sol)
2. Nourrir chaque culture de la rotation (fonction leurs prélèvements et exigence)

Pays-Bas : prendre la plus grande des deux valeurs trouvées (\approx Régifert)

Suisse : enchaîner les calculs avec des coefficients multiplicatifs ($[0 - 1,5]_{\text{sol}}$ suivi de $[1 - 1,2]_{\text{exigence}}$)

Phosphore

- Recommandations basées sur bilan P sol-plante (Italie)

Ferti P = Besoins des cultures +/- (Apports de la fertilité du sol x Immobilisation)

P exporté

$P_{\text{Olsen mesuré}} - P_{\text{Olsen seuil}} \quad f(\text{pH, Ca actif})$



Rqe : pas de prise en compte du pouvoir tampon du sol avec cette méthode

Phosphore

- Originalités, idées ...

Prise en compte d'une biodisponibilité immédiate croisée avec un pouvoir tampon

Mesure de biodisponibilité (P – CaCl₂)

+

Spectroscopie proche-infrarouge (P-total, CEC)

(Pays-Bas)

Références selon mode d'application des engrais / modalités de travail du sol

Références disponibles pour application en ligne ou en plein (Pays-Bas)

Si non travail du sol, remplacer le prélèvement 0-15 par un prélèvement 0-23 cm (GB)

Niveau de fertilisation basé sur le prix des engrais

(Pays-Bas)

Niveaux de fertilisation bornés

(e.g. <200 kg P₂O₅)

Potassium

- Spécificités

- Extractions identiques à P : Allemagne (CAL), Suisse (Acét. Amm. EDTA ou H₂O sat CO₂)
 - Extractions propres à K : Mehlich III (Italie) ou Acétate Ammonium (Italie, Espagne, France)
Nitrate d'ammonium (R-U)
HCl + Acide Oxalique (Pays-Bas)
-
- * **Prise en compte du pouvoir tampon par CEC, teneur en argile ou estimation par spectroscopie IR (Pays-Bas)**
 - * **Prise en compte des pertes par lixiviation**
 - * **Problématique K/Mg (plafonds à 300 kg K₂O, Suisse)**

Etude de parangonnage

Azote • Variations autour d'un thème

| | France | Suisse | Italie | Espagne | Allemagne | Roy - Uni | Belgique | Luxembourg |
|---|--------|----------------------|--------|---------|-----------|-----------|----------|------------|
| Objectif de rendement | | Culture paille Colza | | | | | | |
| N min | | | | | | | | |
| Minéralisation MO | | | | | | | | |
| Effet Précédent (Résidus de culture) | | | | | | | | |
| Arrière effet des PRO | | | | | | | | |
| Lixiviation | | | | | | | | |
| Volatilisation | | | | | | | | |
| Effet sarclage répété sur la minéralisation | | | | | | | | |
| Effets conditions printemps sur miné. | | | | | | | | |
| Prix des engrais | | | | | | | | |
| Apport de PRO | | | | | | | | |

| | |
|--|---|
| | Pris en compte dans le calcul |
| | Prise en compte pour certaines cultures |
| | Non pris en compte |

Parangonnage

Azote

Prise en main des méthodes de calcul sur le terrain : typologie

| Bilan des entrées et des sorties à l'échelle de la parcelle | Dose de référence selon la culture corrigé selon +/- facteurs | Dose « Plafonnée » |
|---|---|------------------------|
| Italie Espagne France | Suisse Allemagne Royaume Uni | Belgique Luxembourg |

Règlementation : exigence en termes de résultats ou de moyens

| Exigence de moyens | Exigences de Résultats : mesures obligatoires |
|--|--|
| Italie, Espagne, France , Suisse, Luxembourg, Royaume Uni | Belgique : Reliquat N post-récolte pour évaluation de l'N potentiellement lessivable Allemagne : Pertes de N à l'échelle de l'EA < 170 kg N |

Etude de parangonnage

Azote

- Particularités

Italie : Utilisation en priorité de l'azote organique - Fractionnement obligatoire

Espagne : Utilisation Urée plafonné à 25% de l'apport de N total

Royaume-Uni : Prix de l'engrais pris en compte dans le calcul des doses

Suisse : recommandations de fractionnement par culture et par stade (max d'apport autorisé)

Luxembourg : coefficient de disponibilités des engrais organiques, qui permet de moduler la dose de référence

Allemagne : L'agriculteur fait un calcul *a priori* de la dose à apporter par culture et effectue un bilan, *a posteriori*, des flux d'azote à l'échelle de l'EA pour estimer les pertes d'azote. Le bilan doit être inférieur à 170 kg N / ha

Rq : tous les pays basent les calculs sur les rendements, jamais sur la qualité des grains

Conclusions : quels objectifs les mieux atteints ?

| | |
|--|--|
| Positionner nos méthodes globales de raisonnement | OK |
| Positionner les préconisations « officielles » | Modélisation à faire |
| Déceler de l'innovation au niveau des méthodes chimiques, algorithmes, outils pilotage, etc ... | Globalement assez décevant |
| Connaître ce qui se fait dans le but de mieux anticiper les futures réglementations (Green Deal, FAST), être forces de propositions. Et si possible sur nos critères... | <ul style="list-style-type: none">- P K : France pas plus légitime que les autres, pour l'instant ...- N : Intérêt des objectifs de résultats |
| Participer à la création d'un espace de rencontres , de confrontation des idées et d'amélioration de l'expertise collective | WorkShop (2022) avec acteurs fertilisation des pays concernés (EJP – COMIFER) |

4. Cas complexes non traités par la grille :

Cas du raisonnement PK pour les CIVE, notamment à partir des digestats de méthanisation

Sous-groupe PK COMIFER :
Christine Le Souder, Bruno-Felix Faure, Julien
David, Philippe Gerard, Philippe Marion,
Stephanie Sagot

Bilan Fertilisation - Exportations

Pas de pertes en P et K dans le process

Composition et valeurs des digestats - suite



Le processus de méthanisation n'impacte pas les proportions d'éléments minéraux avant et après digestion.

Aussi les valeurs de P_2O_5 et de K_2O dans les digestats bruts restent assez proches de celles d'un fumier, dans le cas des unités suivies :

✓ en moyenne teneur en phosphore de 2.99 ‰

✓ en moyenne teneur en potasse de 5.25 ‰

Il est donc important d'en tenir compte dans la gestion de la fertilisation des cultures.

La séparation de phase a quant à elle tendance à **concentrer le phosphore dans la phase solide**. Sur les installations sur lesquelles des analyses sont effectuées avant et après séparateur de phase, on passe d'une teneur en phosphore de 2.36 ‰ à 2.08 ‰ pour le digestat liquide et 5.32 ‰ pour le digestat solide.



A l'échelle de l'exploitation, si les digestats reviennent sur les sols, bilan F-E neutre.

Plaquette Digestats CRA Grand-Est, 2019

Digestats : Diversité des intrants

➤ Etude digestats agricoles

Regroupement des intrants

96 types de matières premières: **Effluents d'élevage, Résidus d'exploitation, Ensilages + CIVES, Matières végétales industrielles, Déchets autres**



9 catégories

F: Fumiers

LR: lisier ruminants

LNR lisier non ruminants (porcs et autres)

V: matières végétales

R: résidus de cultures, ensilages

C: CIVES

B: biodéchets

G: graisse

D: autres déchets



INRAE

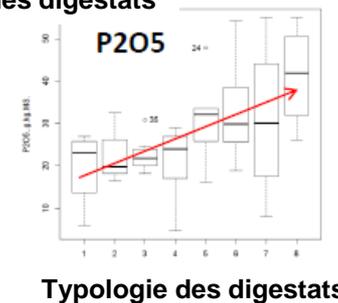
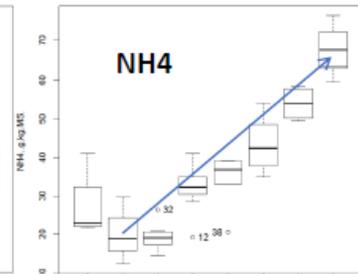
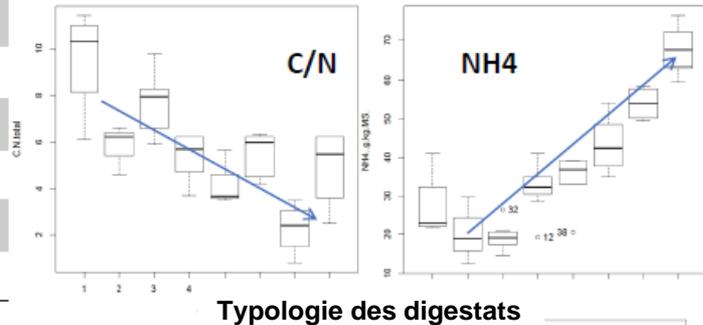
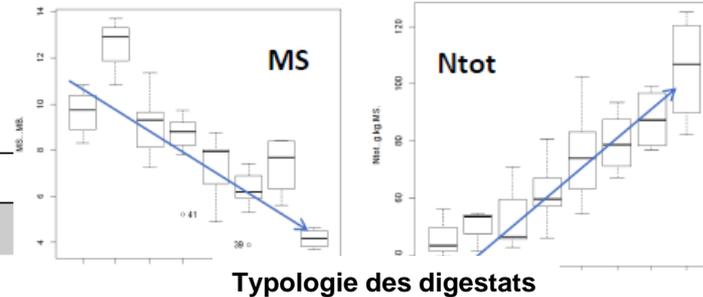
Présentation de l'enjeu 4

20/02/2020 / Visite du comité HCERES / Julie JIMENEZ

Digestats : Diversité des intrants

➤ Digestats bruts 8 groupes

| Classe | Intrants |
|--------|----------------------------------|
| 1 | Fumiers+Vgtx |
| 2 | Fumiers + Vgtx+ Lisier Rum. |
| 3 | Fumiers |
| 4 | Lisier Ruminant |
| 5 | Lisier NR + Biodéchets |
| 6 | Lisier NR |
| 7 | Lisier Ruminant + Graisse |
| 8 | Lisier NR+ Graisse |



- MS et N opposés; même classification pour MS et C/N
- Effet fertilisant augmente de classe 1 à classe 8
- Effet amendant diminue mais moins clair (pas de classification sur les teneurs en MO)



INRAE

Présentation de l'enjeu 4

20/02/2020 / Visite du comité HCERES / Julie JIMENEZ

Digestats : teneurs moyennes Hauts-de-France

Tableau : composition moyenne des digestats selon le type de traitement

| Composition moyenne (en kg/t brute) | Digestat brut (voie liquide) | Digestat liquide (séparation de phase) | Lisier bovin | Lisier porc | Digestat brut solide (voie sèche) | Digestat solide (séparation de phase) | Fumier bovin |
|--|---------------------------------------|---|-----------------|----------------|--|--|-----------------|
| Nombre d'analyses | 37 | 16 | | | 7 | 17 | |
| Matière sèche (MS) (%) | 7,1 | 6,9 | 4 | 3 | 23,9 | 22,3 | 26 |
| pH | 8,0 | 8,2 | 7.8 | 8.1 | 8,9 | 8,8 | 8.9 |
| C/N | 4,4 | 4,2 | 6.8 | 2.3 | 8,9 | 15,2 | 15.5 |
| Matière organique | 39,6 | 36,3 | 30 | 20 | 140,9 | 168,2 | 190 |
| Azote total | 4,6 | 4,3 | 2.2 | 3.6 | 8,0 | 5,8 | 6.6 |
| Azote organique | 2,4 | 2,4 | 1.2 | 1.4 | 6,2 | 4,7 | 6.1 |
| Azote ammoniacal | 2,3 | 1,9 | 1 | 2.2 | 1,8 | 1,1 | 0.5 |
| NH ₄ / N total (%) | 49,4 | 42,2 | 45.5 | 61.1 | 21,6 | 18,8 | 7.5 |
| Phosphore total (P ₂ O ₅) | 1,9 | 1,6 | 1 | 1.6 | 3,9 | 4,7 | 3.3 |
| Potassium total (K ₂ O) | 4,0 | 4,4 | 2.3 | 2.8 | 7,0 | 4,7 | 8.8 |
| Magnésium total (MgO) | 1,3 | 1,2 | 0.6 | 0.6 | 2,0 | 2,9 | 1.8 |
| Soufre total (SO ₃) | 1,1 | 1,0 | | | 2,3 | 2,6 | |

Source : SATEGE Nord-Pas de Calais et Somme

Le tableau suivant précise la composition moyenne obtenue sur les installations en fonctionnement du Nord, du Pas de Calais et de la Somme selon le type de traitement. Ces valeurs restent indicatives car elles peuvent varier selon la nature des intrants traités.

Digestats : teneurs moyennes Lorraine Vosges

Composition et valeurs des digestats

Digestats bruts

36 analyses mesurées sur 16 installations. Ces unités présentent des ratios d'approvisionnement fortement chargés en effluents (55 à 97%), principalement fumiers et lisiers de bovin, complétées essentiellement par quelques résidus de cultures (cf. page suivante).



Digestats
bruts

| | MS (%) | Ph | C/N | N Total (kg/T brute) | dont N-NH4 (kg/T brute) | Part d'azote minéral (%) | P2O5 (kg/T brute) | K2O (kg/T brute) | CaO (kg/T brute) | MgO (kg/T brute) |
|------------------------------|-------------|------------|-------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| Moyenne (36 analyses) | 8,8 | 8,1 | 8,1 | 4,56 | 1,65 | 37% | 2,00 | 5,26 | 3,24 | 1,23 |
| <i>Ecart-type</i> | <i>1,6</i> | <i>0,3</i> | <i>2,5</i> | <i>1,12</i> | <i>0,44</i> | <i>9%</i> | <i>0,51</i> | <i>0,86</i> | <i>1,24</i> | <i>0,42</i> |
| Min | 5,9 | 7,3 | 5,0 | 1,73 | 0,90 | 21% | 1,28 | 3,46 | 1,71 | 0,74 |
| Max | 12,9 | 8,8 | 15,0 | 7,26 | 2,99 | 70% | 3,58 | 7,59 | 8,12 | 3,18 |

Plaquette Digestats CRA Grand-Est, 2019

Digestats : teneurs moyennes Lorraine Vosges

Digestats liquides séparés: 17 mesures

| | MS (%) | Ph | C/N | N Total (kg/T brute) | dont N-NH4 (kg/T brute) | Part d'azote minéral (%) | P2O5 (kg/T brute) | K2O (kg/T brute) | CaO (kg/T brute) | MgO (kg/T brute) |
|------------------------------|--------------|------------|-------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Moyenne (17 analyses) | 7,43 | 8,0 | 6,6 | 4,70 | 1,84 | 41% | 1,82 | 5,67 | 3,02 | 1,10 |
| <i>Ecart-type</i> | 2,96 | 0,4 | 5,0 | 1,43 | 0,21 | 30% | 0,35 | 2,47 | 2,66 | 0,94 |
| Min | 4,52 | 7,3 | 4,1 | 2,35 | 0,84 | 26% | 1,00 | 3,43 | 1,48 | 0,60 |
| Max | 10,50 | 8,5 | 12,0 | 7,73 | 3,17 | 81% | 3,08 | 8,59 | 6,09 | 2,31 |

Digestats solides séparés: 21 mesures

| | MS (%) | Ph | C/N | N Total (kg/T brute) | dont N-NH4 (kg/T brute) | Part d'azote minéral (%) | P2O5 (kg/T brute) | K2O (kg/T brute) | CaO (kg/T brute) | MgO (kg/T brute) |
|------------------------------|--------------|------------|-------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Moyenne (21 analyses) | 24,23 | 9,0 | 19,1 | 5,55 | 1,35 | 25% | 4,90 | 5,47 | 6,14 | 3,07 |
| <i>Ecart-type</i> | 4,36 | 0,3 | 3,7 | 1,31 | 0,52 | 8% | 1,84 | 1,18 | 2,92 | 1,15 |
| Min | 14,90 | 8,3 | 13,0 | 3,59 | 0,44 | 8% | 1,96 | 2,99 | 2,34 | 1,12 |
| Max | 31,30 | 9,7 | 31,0 | 9,14 | 3,10 | 38% | 8,17 | 8,33 | 14,60 | 5,46 |

Plaquette Digestats CRA Grand-Est, 2019

Calendrier épandage : 6^{ème} programme Hauts-de-France

Digestats = type II

| TYPE II | | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Janv. | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin |
|--|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Cultures de printemps et légumes implantés avant le 1 ^{er} juin | Sans CIPAN, dérobée ou couvert végétal en interculture | Red | Green | Green | Green | Green | Green |
| | Avec CIPAN à croissance rapide ou dérobée | Orange | Green | Green | Green | Green | Green |
| Cultures de fin d'été ou d'automne et légumes implantés à partir du 1 ^{er} juin | | Green | Green | Green | Red | Red | Red | Red | Green | Green | Green | Green | Green |
| Colza implanté à l'automne | | Green | Green | Green | Green | Red | Red | Red | Green | Green | Green | Green | Green |

-  Epandage autorisé
-  Epandage interdit
-  Epandage possible avant ou sur le couvert d'interculture, jusqu'à 20 jours avant sa destruction ou récolte, dans la limite de 70 kgN efficace/ha - épandage possible sans condition à partir du 16/01
-  Epandage possible de 15 jours avant l'implantation du couvert d'interculture jusqu'à 20 jours avant sa destruction ou récolte, dans la limite de 70 kgN efficace/ha.

Attention ! N efficace = 70 kgN
⇒ Soit N minéralisable sur la durée

Exportations CIVE : Données EMC2

| Semis le 18 oct 2020, 1ère coupe le 7 mai 2021 | | | | | | | | |
|--|---------|-------------|------------|------------|----------|-----------|------------|-----------|
| Espèces | % de MS | Rdt T de MS | kg P /T MS | kg P2O5/ha | kg /T MS | kg K2O/ha | kg Mg/T MS | kg MgO/ha |
| Orge d'hiver | 19,6 | 9,7 | 3,4 | 76 | 28,6 | 333 | 0,7 | 11,3 |
| Triticale d'hiver | 18,9 | 9,2 | 3,2 | 67 | 27,1 | 298 | | |
| Triticale d'hiver | 19,4 | 9,1 | 3,8 | 79 | 32,3 | 353 | 0,8 | 12,1 |
| Triticale d'hiver | 22 | 8,8 | 3,4 | 68 | 28,3 | 298 | | |
| Seigle Fourrager | 21,9 | 12,5 | 3,4 | 98 | 27,5 | 414 | 0,9 | 18,7 |
| Seigle Fourrager | 19 | 10,5 | 3,4 | 82 | 28,2 | 355 | | |
| Seigle Fourrager | 18,7 | 10,5 | 3,8 | 91 | 30,2 | 380 | 1,3 | 22,6 |
| Seigle Forestier | 20,1 | 8,3 | 3,3 | 63 | 24,5 | 245 | 0,8 | 11,1 |

En pratique :

- CIVE automne,
 - suivie d'une culture d'été (maïs, sorgho, soja, tournesol)
 - semis à l'automne : fin septembre – octobre- novembre
 - essentiellement des céréales : seigle, escourgeon, avoine et triticale avec mélange entre céréales, ou mélange céréales et légumineuses
 - fertilisation par digestat sortie hiver
 - récolte immature en avril, mai, juin
 - rendement entre 5 et 8 T MS (données Lorraine)

- CIVE été,
 - précédée d'une culture d'automne récoltée tôt
 - semis fin juin
 - tournesol, sorgho, moha
 - fertilisation par digestat
 - récolte fin septembre, octobre
 - rendement ente 3 et 5 T MS (données Lorraine)

Typologie CIVE : Arrêtés GREN

Typologie CIVE Hauts-de-France :

méteil (été et hiver),
céréales immatures (été et hiver), ray-grass italien
sorgho, maïs

Autres fourrages et cultures à vocation énergétique

Dose plafond annuelle d'azote en équivalent azote minéral

| | Dose plafond | Observations |
|---|--------------|---|
| Méteil grain ou fourrage | 85 kg N/ha | En culture principale ou culture dérobée à récolte de printemps |
| | 50 kg N/ha | En culture dérobée à récolte d'automne |
| Luzerne fourragère, luzerne déshydratée | | Fertilisation minérale interdite |
| | 100 kg N/ha | Sous forme d'apports de produits organiques |
| Ray Grass Italien | 125 kg N/ha | En culture dérobée |
| Céréales immatures (triticale, épeautre, seigle....) | 150 kg N/ha | En culture principale ou culture dérobée à récolte de printemps |
| | 60 kg N/ha | En culture dérobée à récolte d'automne |

Comment proposer le conseil?

- Choix de rattacher la CIVE automne à la récolte de la culture qui suit (année de récolte identique)
- Choix de proposer le conseil de manière isolée* et sur la base de l'objectif de rendement pour pallier à des situations déficitaires
- Proposition de considérer les CIVE comme des cultures moyennement exigeantes
- Proposition d'apposer un plafond de dose comme pour les cultures fourragères (200 pour K₂O)

* Les CIVE peuvent exporter plus de 300 kg de K₂O, soit plus que la plus part des cultures principales

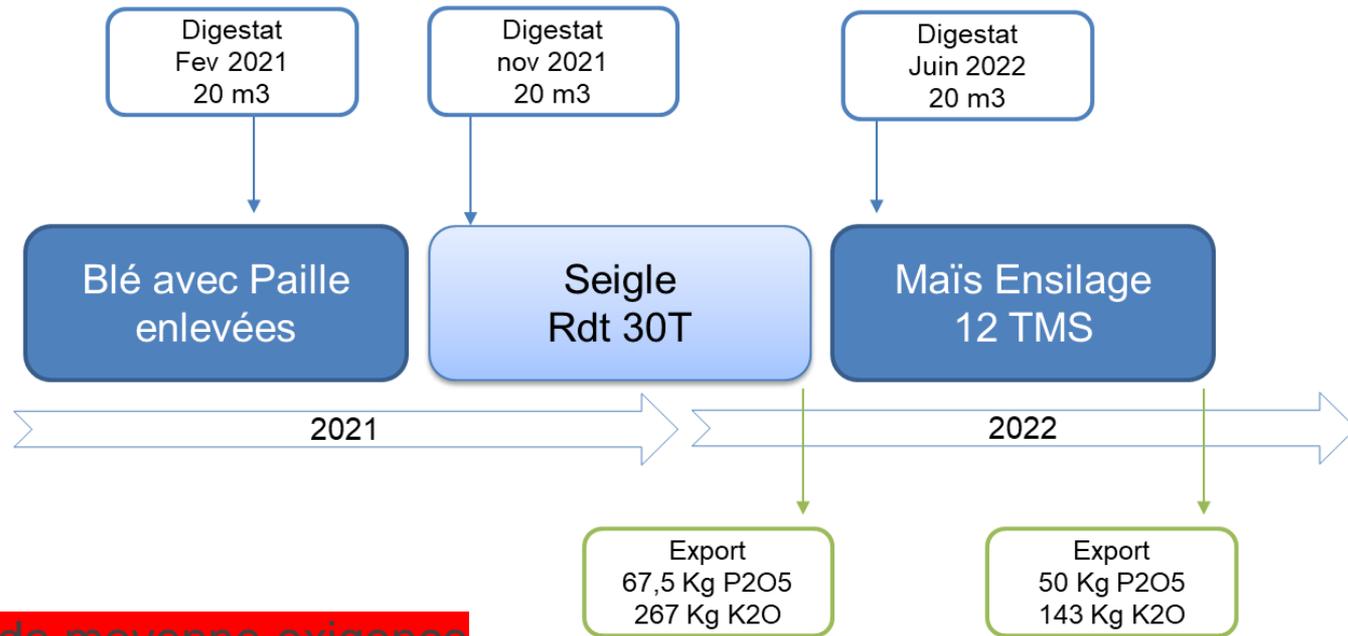
Exemple 1 :

- Argilo-Calcaire à 62 ppm de P₂O₅ (> T renf) et 445 ppm de K₂O (> Timp + 10%)
- Précédent Blé pailles enlevées récolte 2021 – Apport de Digestat Séparé Liquide (DSL) de 20 m³ en fev 2021
- Seigle rdt : 30 T en brut prévue récolte 2022 – Apport DSL de 20 m³ en nov 2021

30 T en brut devient (HR à 30% de MS) = 9 TMS

[P₂O₅]_{RGA ensilé}: 7.5 kg /T MS → 67.5 kg de P₂O₅ exportés

[K₂O]_{RGA fourrages}: 28.6 kg / T MS → 267 kg de K₂O exportés



CIVE = Culture de moyenne exigence

Raisonnement P

Apport de digestat sur précédent blé (année de récolte précédente) => 0 année sans apport → Coeff P = 1

Supplément paille à 6.4 (laissé à culture principale suivante) → Conseil à 67.5 kg P2O5

Raisonnement K

Apport de digestat sur précédent blé => 0 année sans apport

Coeff K = 0 → Conseil à 0 kg de K2O

Exemple 1 :

- Argilo-Calcaire à 62 ppm de P₂O₅ et 445 ppm de K₂O
- Précédent Blé pailles enlevés récolte 2021 – Apport de DSL 20 m³ fev 2021
- Seigle rdt : 30 T en brut prévue récolte 2022 – Apport DSL 20 m³ nov 2021
- Maïs Ensilage rdt : 12 TMS prévue récolte 2022 – Apport DSL 20 m³ juin 2022

Exportations : 50 kg en P₂O₅ et 143 en K₂O

Teneurs P₂O₅ dans le sol > T renf

Apport de digestat sur précédent blé (année de récolte antérieure) => 0 année sans apport

Coeff P = 1 et Supplément paille du précédent à 6.4 → Conseil à 56 kg de P₂O₅

Teneurs K₂O > Timp + 10%

Apport de digestat sur précédent blé => 0 année sans apport

Coeff K = 0 → Conseil à 0 kg de K₂O

Exemple 2 :

- Argilo-Calcaire Superficiel à 38 ppm de P₂O₅ et 191 ppm de K₂O
- Même rotation que l'exemple 1

Exportations CIVE : 67.5 kg en P₂O₅ et 267 kg en K₂O

Teneurs P₂O₅ dans le sol < T renf ; 0 années sans apport
Coeff : 1.6 → Conseil à 108 kg de P₂O₅

Teneurs K₂O dans le sol < T renf ; 0 années sans apport
Coeff K = 1 → Conseil calculé à 267 kg de K₂O plafonné à 200 kg de K₂O

Hypothèses à valider

- Teneur en MS par défaut
- Teneur en K₂O et P₂O₅ par défaut (attention aux mélanges)
- CIVE : culture de moyenne exigence pour P et pour K
- Supplément paille uniquement sur les cultures principales (pour ne pas les compter 2 fois)
- Nombre d'année sans apport en fonction des années de récolte

On regarde si il y a un apport pour la récolte ou les récoltes de l'année précédente (année sans apport = 0)

et si ce n'est pas le cas, si il y a eu un apport pour la récolte de l'année antérieure (années sans apport = 1 ou 2)

5. Exposé thématique



Evaluation et gestion des risques de transferts dissous dans les paysages agricoles

Zoom sur le rôle du travail du sol, des modalités de fertilisation et des teneurs en P du sol sur les concentrations en P dissous dans les ruissellements

Zoom sur les zones humides comme sources principales du phosphore dissous dans les bassin-versants



*Couic Ewan, Dupas Rémi, Gruau Gérard,
UMR CNRS Géosciences Rennes*

Pour plus de données, de référer au diaporama joint à ce compte-rendu (pdf « Transferts P soluble Couic et al. »)

Sur les dernières années il y a une évolution de P dissous (PD) dans les eaux des bassins versants, l'hypothèse émise est qu'il y a une évolution du P particulaire (PP) en PD dans les eaux de surface. Cette hypothèse serait la réponse d'une mise en place de pratiques visant à réduire l'érosion qui augmenterait de fait la part de PD dans le ruissellement. Le phénomène serait amplifié par l'importance de P dans les effluents d'élevage, dans le cas d'une fertilisations exclusivement organiques. Il y a donc un véritable problème de réutilisation des effluents élevage dans les sols bretons.

- Zoom sur le travail du sol et des différentes modalités de fertilisation et l'effet sur le ruissellement du P.

Différents essais ont été menés dans une station du Morbihan. Cette expérimentation a été effectuée en conditions contrôlées, avec pluie artificielle. Le but de comparer l'effet du travail du sol et l'effet du type d'amendement (minéral/fumier de volaille)

Premiers résultats sur la concentration de PD au cours du ruissellement : on observe deux groupes de résultats, un groupe « fumier de volaille » et un groupe « engrais minéral » :

- A type de fertilisation égale, on se retrouve avec de semis direct et TCS qui ont des concentrations en PD dans le ruissellement plus important que dans le cas de labour ;
- A travail du sol équivalent la concentration PD est plus important avec du fumier de volaille qu'avec l'utilisation d'engrais minéraux.
- Donc il y a un rôle du travail du sol dans le déclenchement du ruissellement du PD.

Pour plus de données, de référer au diaporama joint à ce compte-rendu (pdf « Transferts P soluble Couic et al. »)

Deuxième résultat : essayer de relier des paramètres environnementaux aux ruissellements

En Bretagne 20 % des BV sont en contexte zone humide et sont en grande partie cultivés. Questions :

- Les zones humides sont-elles des zones d'accumulation du P ? Rôle de l'usage des sols sur accumulation ?
- Quelles sont les propriétés des sols du point de vue de la rétention du P ? Ont-ils des capacités limitées de sorption du P ?
- Peut-on quantifier et prédire le risque de relargage de PD dans les zones humides ?

Les sols de zone humide avaient déjà des teneurs comparables en teneur de sols agricoles bien drainés.

Afin d'essayer de déterminer les propriétés d'absorption du P : une expérimentation en batch a été mise en place. Un graphique des isothermes d'absorptions est disponible dans le diaporama.

Ces propriétés d'absorptions ont un éventail remarquable entre les sols, on peut noter un facteur 5 entre des sols qui vont peu fixer et des sols qui ont un potentiel très élevé. Les isothermes sont regroupés entre couleur qui correspondent à des zones géographiques données.

Ainsi les zones humides balayent un large spectre de capacité d'absorption mais on observe une homogénéité locale au sein d'un secteur. On n'a pas pu relier cette capacité aux propriétés pédologique et physique des sols.

Il a été effectué un calcul des bornes de P_{Olsen} en fonction des états trophique des eaux de surfaces. A peu près 55% des sols étudiés dans les bassins étaient supérieur aux seuils de 45mg/kg P_{Olsen}

- L'occupation du sol ne permet pas de prédire la classe de risque. Cependant dans les différentes zones humides il y a bien un risque *in situ* de relargage de PD dans les eaux de sol et qui sont 10 fois sup au seuil eutrophisation

Pour plus de données, de référer au diaporama joint à ce compte-rendu
(pdf « Transferts P soluble Couic et al. »)

Remarques / Questions

- Diapo 7 : 43 KgP/ha/an n'est pas un niveau d'apport moyen en sol carencé mais en sol à l'entretien
- Def P dissous = ortho phosphate mesuré dans la solution, tout ce qui n'est pas colloïdal, sur la fraction filtrée et centrifugée.
- En dehors des pratiques de conservation des sols, il y a aujourd'hui beaucoup plus de couverts détruits en surface avant un labour qui ne viendra que plus tard.
- EPC_0 (point d'équilibre absorption-relargage) = pouvoir fixateur ? Plus le pouvoir fixateur est élevé, plus on retrouve de PD
- Relation P Olsen - PD : on voit PD nul si P Olsen "raisonnable" (modèle linéaire simple pas suffisant)
- Ne vaut-il pas mieux que les zones humides soient récoltées pour en extraire le P ?
- Dans beaucoup de références récentes, 45 mg P₂O₅ Olsen est de l'ordre de grandeur du seuil d'impasse ; c'est d'ailleurs plus élevé que le seuil d'impasse évalué dans plusieurs pays européens
- Pourquoi cette augmentation du PD ? → attribuée à une diminution des sources ponctuelles et une augmentation des sources diffuses, donc les flux érosifs et du PP ont été fortement ralentis.

Pour plus de données, de référer au diaporama joint à ce compte-rendu
(pdf « Transferts P soluble Couic et al. »)

Remarques / Questions

- L'augmentation du PD liée chimiquement à l'hydromorphie
- Les concentrations augmentent en limitant le travail du sol mais qu'en est-il des flux ? Au niveau des flux de P tot émis vers les milieux aquatiques, est ce que cela diminue ? → Pas de suivi après 2012, mais oui il y a une diminution du P total dissout dans les eaux de rivières, diminution d'un facteur 2 à 3 en une dizaine d'année. Les mêmes résultats sont observés pour le PD.
- La teneur de 45 ppm P₂O₅ Olsen est réalisée à quel profondeur → 20 cm de profondeur
- Il faudrait revoir nos seuils d'impasse spécifiquement pour les sols hydromorphes ! mais a-t-on des essais dans ce contexte → peu d'essai probablement car ce n'est pas très propice aux essais (peut être la Jaillère ?). C'est un contexte particulier mais quelquefois très représenté dans certains territoires (en 44 en particulier !)

5. Points divers

Grille FNAMS des exportations

Coraline Ravenel

Table des exportations PKMg des fourragères porte-graine

- Acquisition et actualisation des exportations PKMg des fourragères porte-graine.
 - Collecte de mesures expérimentales de 2016 à 19 sur les essais des stations FNAMS (10, 18, 26, 32 et 49)
 - Références acquises: mobilisation en P_2O_5 , K_2O , MgO des produits de récolte (coupe fourragère, semences) et des résidus de culture
 - 6 espèces fourragères porte-graine : dactyle, fétuque élevée, ray-grass anglais, ray-grass d'Italie, luzerne et trèfle violet.
 - (les références sur potagères porte-graine seront disponibles en 2022)



Table des exportations PKMg des fourragères porte-graine

| Espèce porte-graine | Éléments | Teneur des exportations | | |
|----------------------|-------------------------------|---|--|---|
| | | Coupe fourragère (en kg / T de matière sèche) | Paille de récolte (en kg / T de matière sèche) | Graine (en kg / quintal de graines) |
| DACTYLE | P ₂ O ₅ | 5 | 3 | 1,0 |
| | K ₂ O | 30 | 24 | 0,8 |
| | MgO | 3 | 2 | 0,2 |
| FETUQUE ELEVEE | P ₂ O ₅ | 5 | 3 | 0,9 |
| | K ₂ O | 21 | 28 | 0,8 |
| | MgO | 5 | 3 | 0,3 |
| RAY-GRASS ANGLAIS | P ₂ O ₅ | - | 3 | 0,9 |
| | K ₂ O | - | 19 | 0,8 |
| | MgO | - | 1 | 0,3 |
| RAY-GRASS D'ITALIE | P ₂ O ₅ | 6 | 4 | 0,8 |
| | K ₂ O | 33 | 25 | 0,8 |
| | MgO | 2 | 2 | 0,2 |
| LUZERNE | P ₂ O ₅ | 8 | 3 | 1,9 |
| | K ₂ O | 31 | 18 | 1,3 |
| | MgO | 4 | 2 | 0,4 |
| TREFLE VIOLET | P ₂ O ₅ | 5 | 2 | 1,6 |
| | K ₂ O | 31 | 21 | 1,5 |
| | MgO | 3 | 2 | 0,5 |

Table des exportations PKMg des fourragères porte-graine

- Communication / transfert de ces références
 - Article Bulletin Semences – été 21 (magazine agricole dédié à la production de semences)
 - Poster aux rencontres du COMIFER de novembre 2021
 -
 - Proposition: ajout de ces références dans la grille des teneurs du COMIFER lors de la prochaine mise à jour du document?



Table des exportations PKMg des fourragères porte-graine



Remarques et Questions

- Pour les semences, une teneur élevée en P n'est-elle pas nécessaire pour assurer une bonne vigueur juvénile ? → Ce ne sont pas des choses que l'on travaille spécifiquement, on travaille à la production de graine et pas tester les effets sur la vigueur.
- Avez-vous comparé aux valeurs actuelles sur les cultures de référence ? → Non, mais la remarque est bien notée, mais on peut comparer juste sur la partie exportations de fourrages.

Sujets à aborder lors de la prochaine réunion

Lydie Dufau (Phosagro)

Travaux de recherche sur **l'assimilabilité des ETM et les facteurs influençant** (autre pH). → **Journée E-T**

P. Denoroy (INRAE)

- **Méthode de raisonnement de la fertilisation P K : comment traite-on les cas d'interprétation qui sortent les cas les plus simples ?** → **S. Sagot, Ss Gpe de travail, en cours**
- **Cinétique de mise à disposition** du P-K-Mg des effluents organiques ou autre produits de recyclage
- **les « P Index » et les pertes de P** : existe-t-il des seuils d'impact environnemental (le pendant du seuil d'impasse) ? sait-on les estimer ? comment ? qu'en faire pour le conseil agricole ? → **Couic et al.**
- **Apport bloqué en tête de rotation** : un vieux concept, mais n'est-il pas encore pratiqué ? n'est-il pas justifié ?
- Correspondances entre résultats de **diverses méthodes analytiques** : où en est-on ?
- gestion de PKMg en **non labour** : Y voit-on plus clair ? idem pour semis sous couvert permanent et strip-till

Sophie XARDEL, LORCA

Faire un point sur l'intérêt du **P mais surtout du K pour faire face aux stress climatiques** notamment les coup de chaud. **Engrais en plein et foliaire.**

Stéphanie SAGOT, LDAR **Relations Phosphore et pH, interactions P et Zn** → **Prochaine réunion GT P K et journée E-T**

Philippe GERARD, Vivescia OAD Vivescia pour gérer la **fertilisation P après une culture intermédiaire**

Sujets à aborder lors de la prochaine réunion

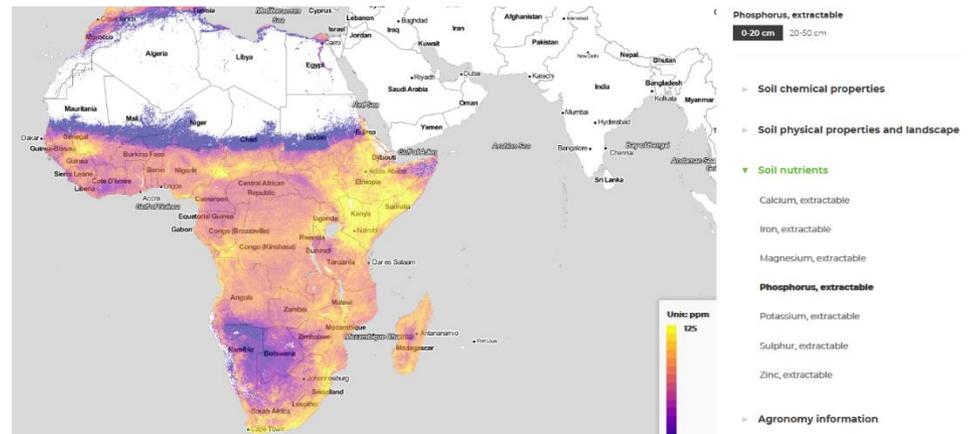
Laurent Varvoux (Terrena)

Nouveautés sur fertilisation PK : OAD, **analyses de sol Infra rouge**, agriculture de précision (modulation)

→ **G. Véricel, prochaine réunion GT P K**



<https://www.isda-africa.com/isdasoil/>



<https://www.isda-africa.com/kenya/>