

# Réunion du Groupe PKMg

## Réunion du 12 juin 2024

Clément FONTAINE (Eurofins Galys)

Lionel JORDAN-MEILLE (Bordeaux Sciences Agro)

## Collège 1

### Pouvoirs publics, enseignement, recherche

Jordan-Meille Lionel, Bdx Sc Agro

DEMAY Joséphine, INRAE - UMR ISPA

MARX Simone, ASTA-Service de  
pédologie

WITTEWER Raphaël, Agroscope

## Collège 3

### Acteurs économiques (fournisseurs, distributeurs)

LANDAIS Franck, SUMIAGRO

PITRAT Thomas, Geocarta

STEFFEN Maxime, Fertiberia France

BOUKRYM Brahim, OCP Nutricrop

RHETY Paul, Icosystème

## Collège 2

### Organisations professionnelles agricoles, laboratoires privés, ...

BODIN Pauline, LCA Métiers du grain

BRAUD Armelle, CDDM

DAVID Julien, Emc2

FONTAINE Clément, Eurofins Galys

GENDRE Charlotte, Aurea Agrosience

HANOCQ Daniel, Ch. d'Agri. Bretagne

HEURTAUX Mathilde, Acta

LACARCE Eva, ITAB

LAFLEURIEL Philippe, Oxyane

LE SOUDER Christine, ARVALIS

LEBAILLY Anne-Laure, Ch. d'Agri. France

RANOARISON Sarah, LDAR

TAUVEL Paul, ITB

VERICEL Grégory, Arvalis

**Mercredi 12 juin 2024**

9h30 - 9h45 : Actualités COMIFER – [Khady Diedhiou & Lionel Jordan-Meille](#), COMIFER

9h45 – 10h30 : Revue de littérature de l'année passée. Articles résumés - [L. Jordan-Meille](#)

1) Interactions NXP et

2) Impact des cultures intermédiaires sur la croissance de la culture suivante, vis à vis de sa nutrition P

Pause Café

10h50 - 11h40 : Réponse des cultures au potassium sous différentes situations pédoclimatiques. Conséquences pour les recommandations de fertilisation ([Raphaël Wittwer et al.](#) , Agroscope, CH)

11h40 – 12h30 : Rôle des formes de P organique dans la disponibilité et l'acquisition du P par les plantes ([Issifou Amadou](#), Univ Picardie, Unilassalle)

Repas

14h00 – 15h00 : Point d'avancement sur le dossier PhosphoBio (Grégory Véricel, ARVALIS)

15h00 – 15h40 : Point d'avancement sur le dossier de révision des seuils d'impasse - [L. Jordan-Meille](#)

15h40 – 16h10 : Autres sujets d'intérêts à aborder en GT

# Informations diverses

*Quoi de nouveau au Comifer depuis notre dernière réunion ?*

K. Diedhiou, COMIFER

# Travaux récents et en cours

- Renouvellement de la labellisation de 17 outils de calcul du bilan azoté (Prev’N)
- Edition d’une plaquette sur la fertilisation azotée des CIVE : recommandations / références (publication à venir)
- Proposition de références sur l’APLSH des PRO (7<sup>e</sup> PAN) (publication à venir)
- Actes des évènements récents : supports et vidéos disponibles sur le site du COMIFER
  - Rencontres COMIFER-GEMAS de novembre 2023 à Tours
  - Journée Thématique de février 2024 : Quelles pratiques de fertilisation pour accompagner la diversité des SDC
- Préparation de la prochaine journée thématique sur les PRO (en cours)
  - 1 réunion du comité d’organisation (discussion sur le programme de la JT)
  - Période envisagée pour la JT : début décembre 2024, en présentiel à Rennes



## Produits Résiduaire Organiques (PRO)

- Présentation des travaux sur l'APLSH : références produites par le COMIFER pour accompagner la Directive Nitrates
- Travaux sur la mise à jour des Kéq des digestats de méthanisation : acquisition de données, traitement de données d'environ 40 essais, classification et synthèse des valeurs de Kéq.
- Actualités règlementaires sur les PRO
- Prise en compte des PRO dans les analyses de cycles de vie : travaux du GIS REVALIM
- Discussion sur les sujets à travailler et modalités de fonctionnement du groupe

**→ Prochaine réunion : automne 2024 en distanciel**

# ACTIVITÉ DES AUTRES GROUPES DE TRAVAIL

## Fertilité Organique et Biologique des Sols (FOrBS)

- Méthode de prélèvement pour déterminer et suivre l'évolution du stock de carbone organique du sol à l'échelle d'une parcelle agricole
  - Rappel des éléments de connaissance exposés lors de travaux antérieurs
  - Présentation des pratiques d'échantillonnage (normes, recommandations GEMAS)
  - Présentation des expérimentations d'AUREA
- Améliorer les méthodes de mesure des teneurs en carbone organique des sols agricoles :
  - Etude initiée avec le GEMAS sur la comparaison des méthodes de labo à partir des données des essais interlabo BIPEA
- Initiation d'un sous-groupe de travail sur l'indice MO/Argile

**→ Prochaine réunion : octobre 2024**

# ACTIVITÉ DES AUTRES GROUPES DE TRAVAIL

## Statut acido-basique (SAB)

*Soufre et pH* : Bibliographie et discussions autour des résultats obtenus en expérimentation

- Essais d'Oxyane en sol calcaire et essais du CDDM : pas d'effet du soufre élémentaire sur l'acidification des sols
- Hypothèses : effet type de sol (calcaire, niveau de pH de départ) / effet de la forme physique du S (granule, lentille ou micronisé) , un effet possible de l'activité microbienne

## *Bilan carbone et Émission de CO<sub>2</sub>*

- Poursuite des échanges sur la base des travaux de l'INRAE de Dijon / Discussion sur le dispositif à mettre en place pour acquérir des données : au moins 2 essais au champ en plus de celui de Dijon, à coupler avec des suivis. / Présentation d'un budget prévisionnel / Modalités d'organisation
- Proposition d'un travail conjoint Unifa/ Arvalis pour homogénéiser les références et méthodes de calculs du bilan carbone (question méthodologique à travailler)

## *Projet tutoré sur un Arbre de décision des pH*

- Présentation du projet et des conclusions des échanges avec les écoles contactées pour la réalisation de l'étude.

**→ Prochaine réunion : 15/10/2024 matin, en distanciel**



# 1. Revue de presse scientifique

*Quels axes de recherches sur P, K et Mg dans l'année écoulée ?*



Phosph\*  
Potass\*  
Magnes\*

X

2023 et 2024

X

Agronomy

X

INRAe  
CIRAD  
CNRS  
Agroscope (CH)  
ETH-Zürich

**Efficienc**

1. La culture associée de pois chiche avec du blé dur améliore le prélèvement de minéraux et le rendement grain dans des conditions de faible teneurs en P biodisponible 2
4. Influence des couverts végétaux, caractérisés par leurs teneurs en C, N et P, sur la biodisponibilité du P et son prélèvement par les cultures 7

**Interactions**

3. Revue de littérature su la réponse des cultures aux situations de co-limitation N & P. Approches théoriques, expérimentales, mécanismes et modèles 9
6. Les apports de P augmentent davantage le stockage du Carbone du sol pour les couverts riches en légumineuses et les climat chauds 7

**P<sub>organique</sub>**

2. Cinétique de sorption du phytate dans sols alcalins, et relations avec les autres formes de P 4

**Méthodologie spéciation P**

5. Les méthodes courantes de caractérisation du P biodisponible (P Olsen, P Dyer, extrait à l'eau) échouent à prédire la libération du P des sols hydromorphes en Bretagne 2

## 2 articles K

Quelles perspectives de substitution d'une part du potassium des plantations tropicales par du sodium ?

Impacts de la limitation en K des sols sur les flux d'eau et de carbone sur des cultures d'Eucalyptus.

## 1 article Mg

La consommation actuelle de plats traditionnels à base de niébé dans le sud du Bénin contribue à au moins 30 % de l'apport recommandé en fibres alimentaires, en folate et en Mg

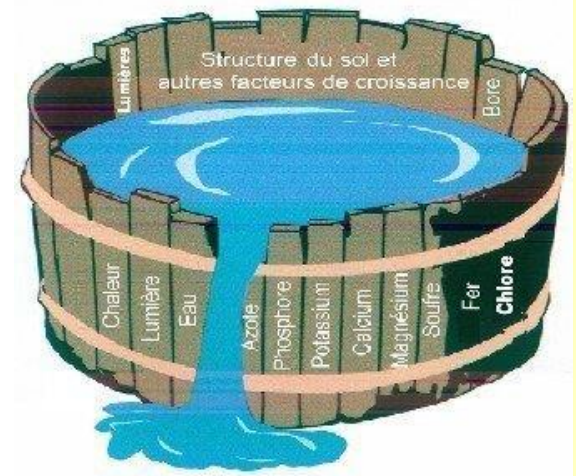
Mounir Seghouani<sup>1</sup>, Nicolas Bravin<sup>2</sup>, Alain Mollier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UMR ISPA, Bordeaux Sciences Agro, INRAE, Bordeaux  
<sup>2</sup>CIRAD, UPR Recyclage et Risque, F-34398 Montpellier,



Analyse de la réponse de 32 essais  
croisant ferti N X ferti P

# Etat des connaissances



La « loi du minimum » domine les raisonnements de la fertilisation des sols.

Les situations de co-limitations par N et P sont nombreuses dans les milieux naturels et donc *a fortiori* dans les agrosystèmes

Une colimitation décrit une situation où la culture est soumise à au moins deux déficiences minérales, simultanément.

Les colimitations sont intrinsèquement liées aux interactions entre éléments

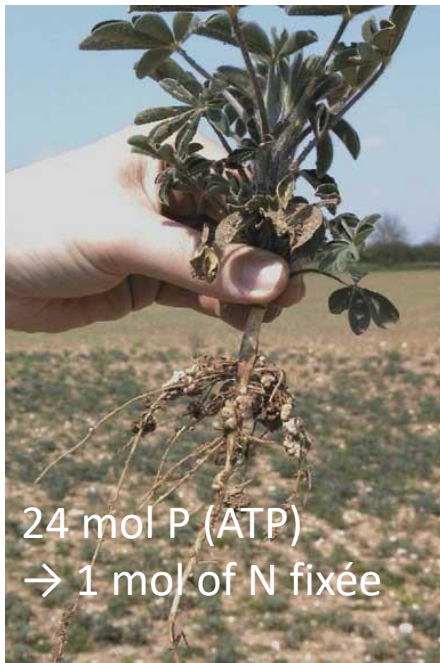
Type of limitation	Crop response
Limitation simple	(a)
Limitation successive	(b)
Colimitation simultanée	(c)
Colimitations indépendantes	(d.1) Super-Additive
	(d.2) Additive
	(d.3) Sub-Additive

## Etat des connaissances

Théories des réponses des cultures face à des situations de co-limitation :

- **Loi du Minimum** : les plantes sont limitées à un moment donné par un seul élément, tant qu'un autre ne le devienne plus, à son tour.
- **Hypothèse des limitations multiples**: les cultures peuvent s'adapter en équilibrant l'allocation de leurs ressources avec le meilleur compromis pour maximiser leur croissance, selon une logique « coûts – bénéfices ».

Ex. 1 : dépense de P pour acquisition de N

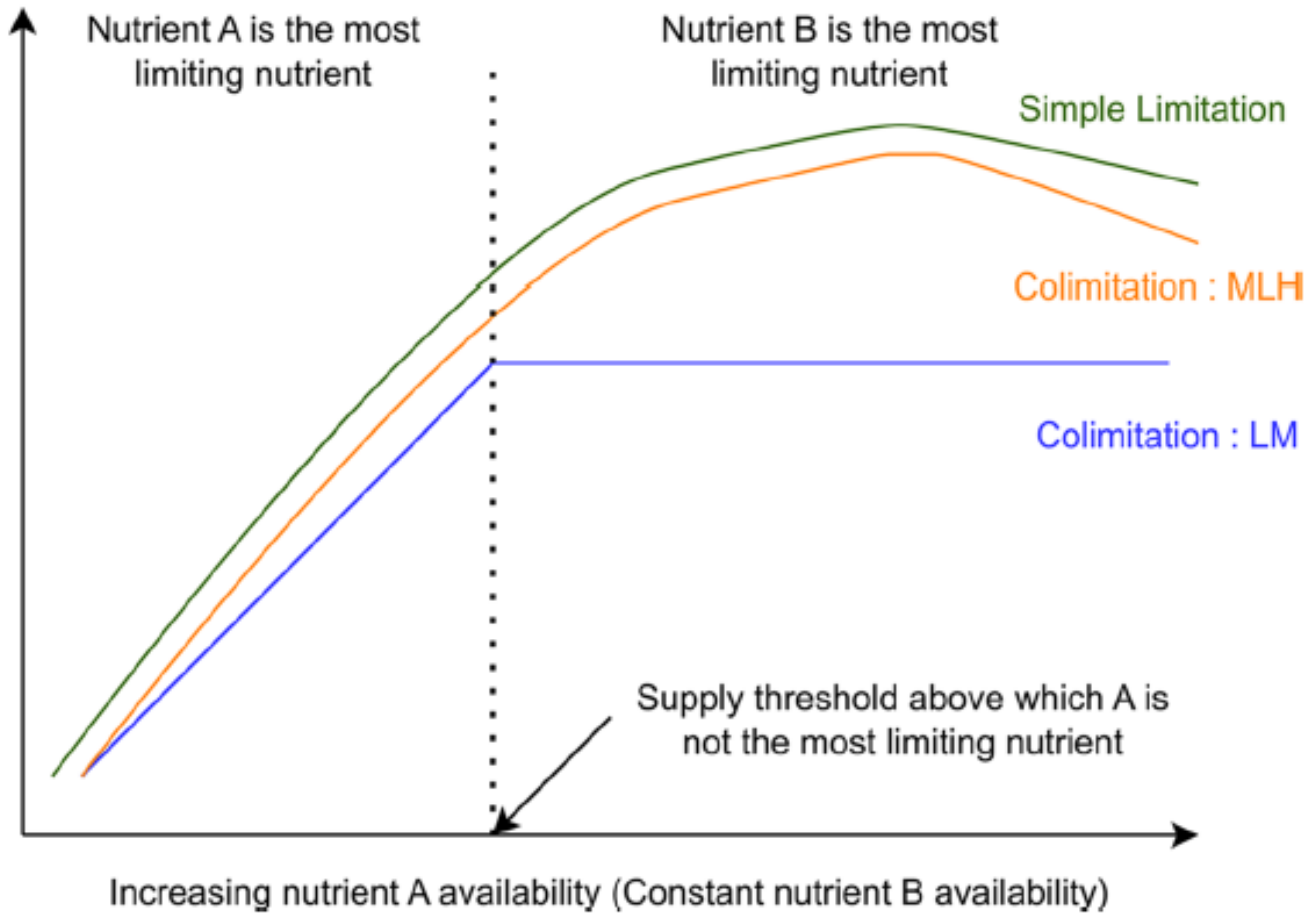


Ex. 2 : dépense de N pour acquisition de P



# Etat des connaissances

Plant growth / Yield

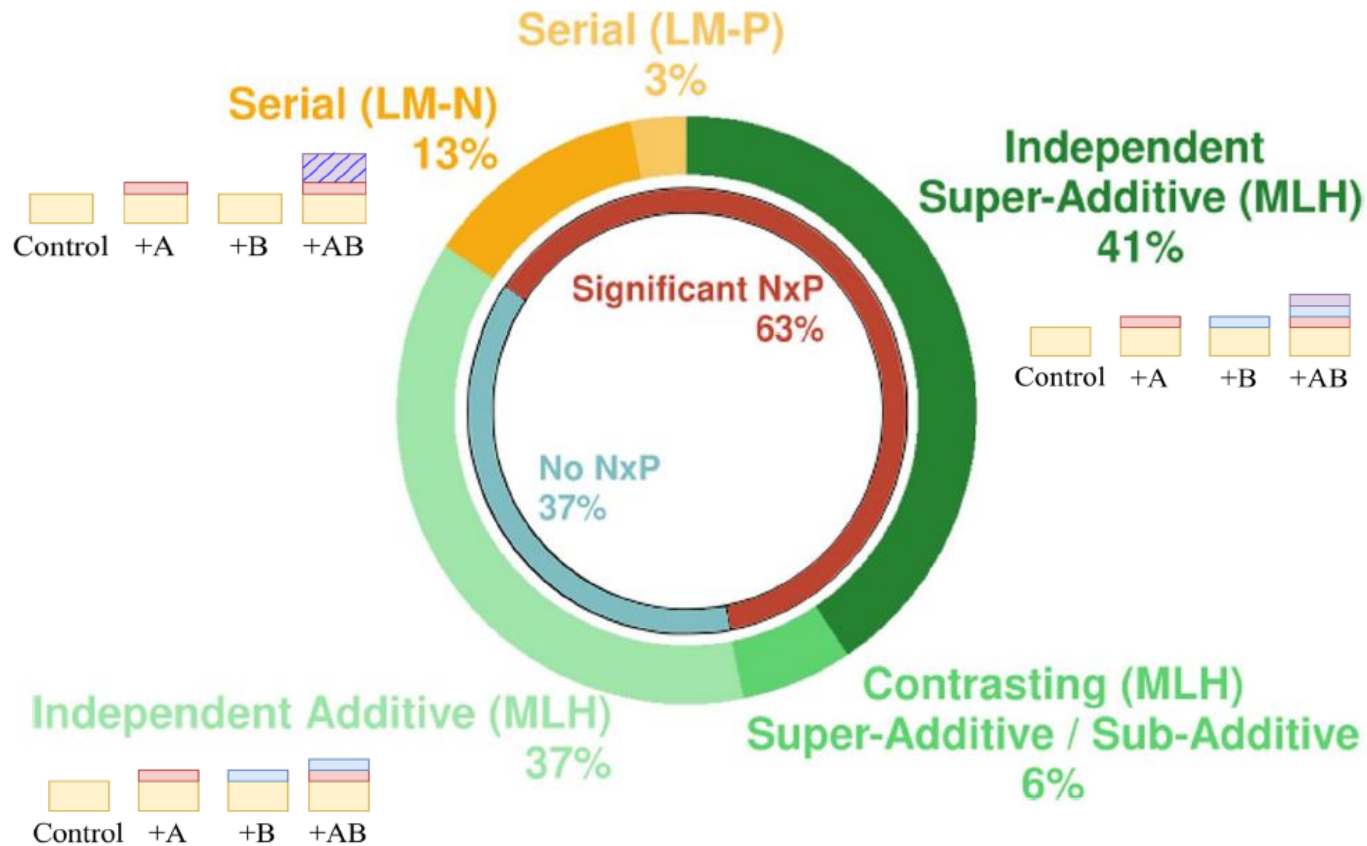


# Résultats

Les interactions N X P sont visibles dans 63% des cas, et synergiques dans la plupart des cas

La loi du minimum, selon laquelle l'élément le plus limitant contrôle la croissance de la culture, ne semble fonctionner que dans moins de 20 % des situations

Les co-limitations super-additives sont les plus fréquentes





Est-ce que la Loi du minimum (bien que généralement fausse) est une bonne approximation ?

Est-ce que le gain de précision en considérant l'hypothèse de limitation justifie de complexifier le raisonnement de la fertilisation ?

Quels sont les différents mécanismes d'adaptation physiologique à l'origine des réponses constatées ?

# Influence des couverts végétaux, caractérisés par leurs teneurs en C, N et P, sur la biodisponibilité du P et son prélèvement par les cultures

Nicolas Honvault<sup>1</sup>, Michel-Pierre Faucon<sup>1</sup>, Timothy McLaren<sup>2</sup>, David Houben<sup>1</sup>, Emmanuel Frossard<sup>2</sup>, Astrid Oberson<sup>2</sup>

<sup>1</sup>AGHYLE UP 2018.C101, UniLaSalle, 60000 Beauvais - Group of Plant Nutrition,

<sup>2</sup>Institute of Plant Sciences, Federal Institute of Technology (ETH), Swiss

Vesce



Moutarde Abyssinie



Lentilles



Phacélie



Sarrasin

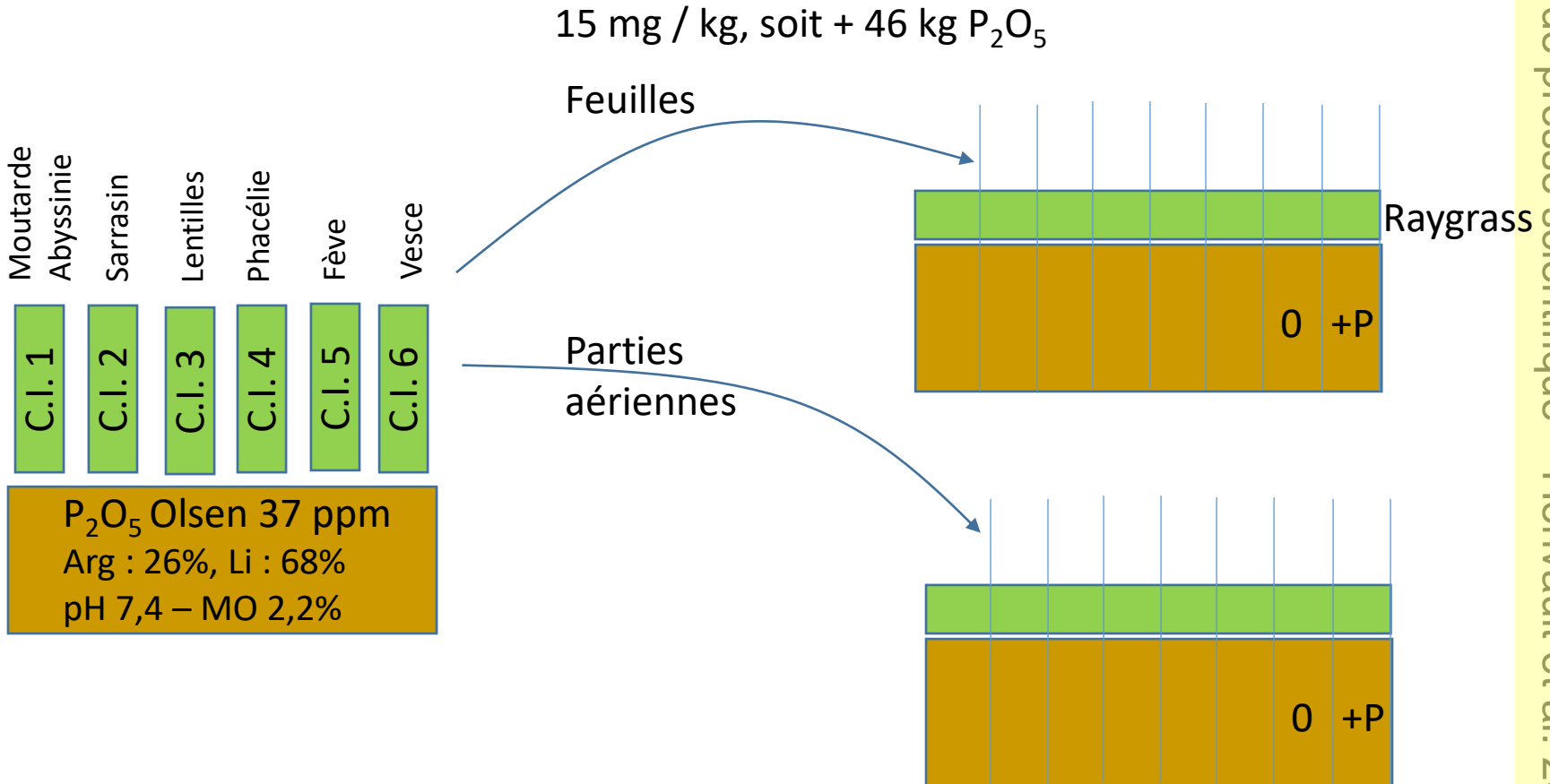


Fève



# Matériel et Méthodes

6,5T / ha, 3% P



# Matériel et Méthodes

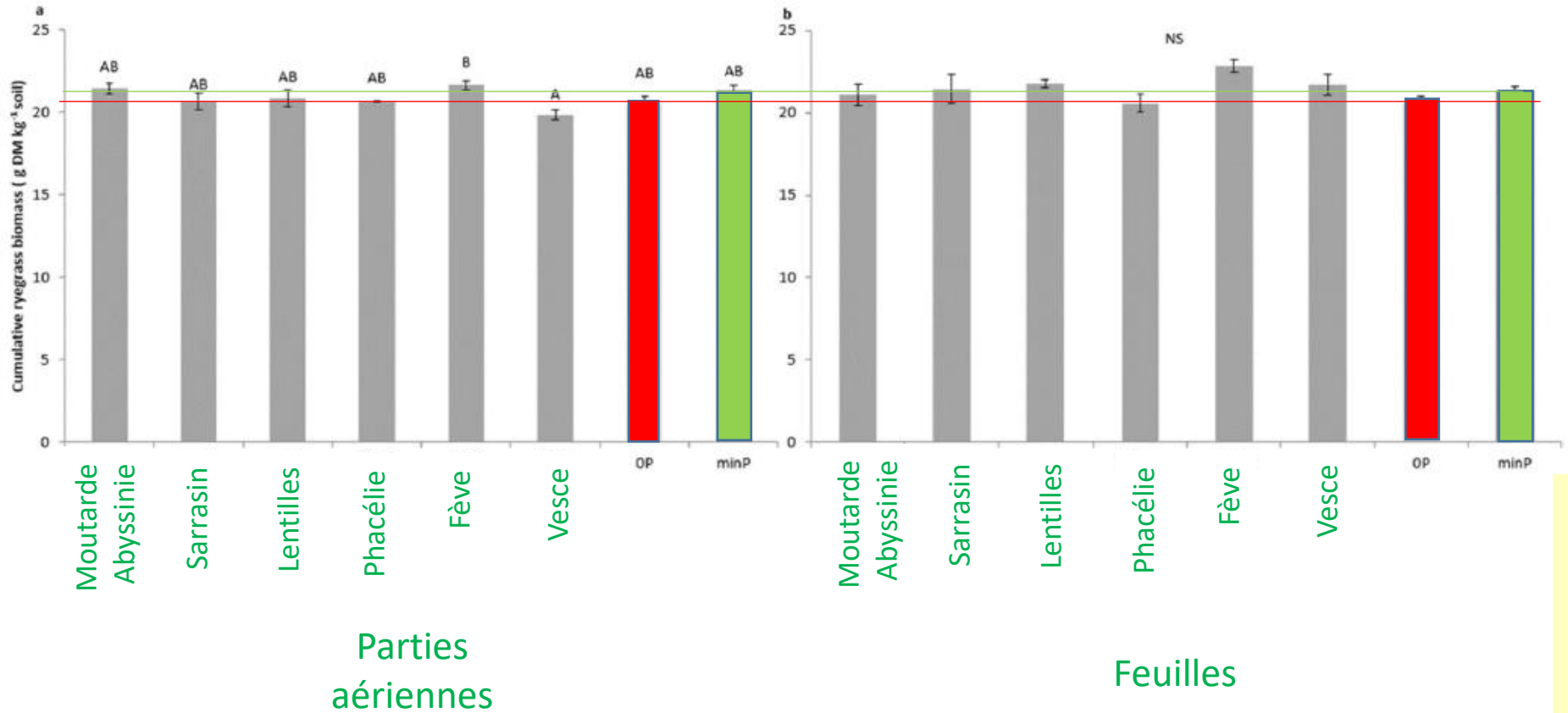


# Matériel et Méthodes



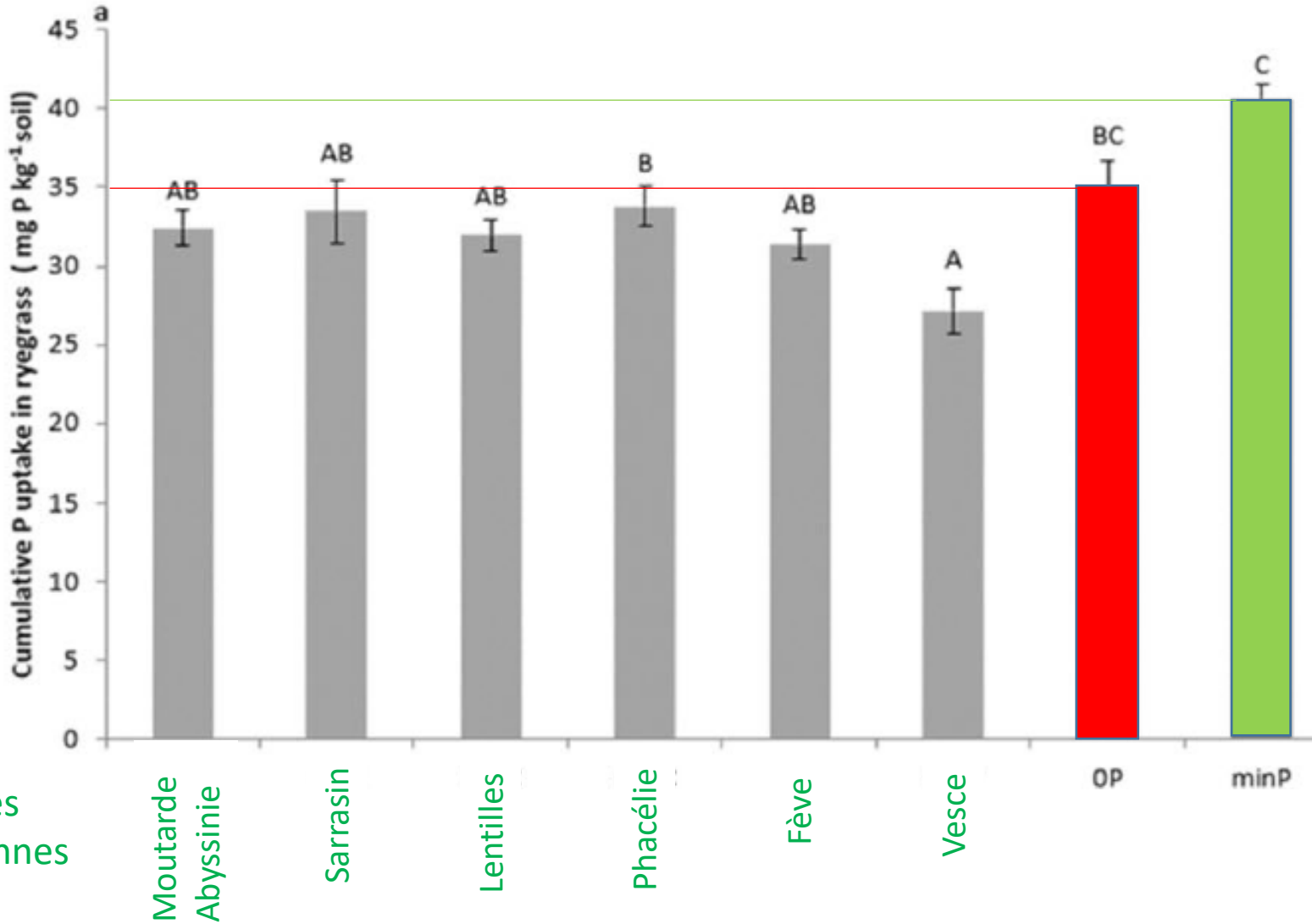
# Résultats

Biomasse produite par le raygrass suite à l'apport des résidus de culture



# Résultats

Prélèvement de P par le raygrass suite à l'apport des résidus de culture



Parties  
aériennes

# Résultats

Biomasse produite par le raygrass suite à l'apport des résidus de culture

**Table 3** Soil resin extractable P content after amendment with cover crop residues

Residues	Time	Moutarde	Sarrasin	Lentilles	Phacélie	Fève	Vesce	0P	minP
Parties aériennes	10	16.1±0.4	16.6±0.7	14.2±1.1	15.2±0.6	16±1.1	6.8±0.8	13.4±0.6	17.1±1.1
		C	C	BC	BC	ABC	A	B	C
Parties aériennes	59	11.6±1.1	14.1±1.9	11.2±0.7	14.4±0.4	10.4±1.5	9.4±0.4	11.9±0.6	14.7±0.8
		AB	AB	AB	B	AB	A	AB	B
Feuilles	10	11.1±1.6	15.7±0.3	14.3±0.8	14.6±1.2	16.5±0.5	10.2±0.9	13.4±0.6	17.1±1.1
		AB	C	AC	BC	C	A	ABC	C
Feuilles	59	12±0.7	15.3±0.5	14.8±1.1	14.7±0.9	15.2±0.5	13.8±0.3	11.9±0.6	14.7±0.8
		A	B	AB	AB	AB	AB	A	AB





## Conclusions

Les feuilles ne libèrent pas plus de P à la culture suivante que les parties aériennes totales

Importance du C:P (immobilisation microbienne) – Seuil à 300

Pas d'effet global des résidus de culture sur les teneurs en P du sol

Pas d'effet global des résidus de culture sur la croissance de la culture qui suit

L'absence d'effets des résidus de culture serait liée à la faible  $[P]_{\text{sol}}$

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

## European Journal of Agronomy

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/eja](http://www.elsevier.com/locate/eja)

## Using long-term experiments to assess statistical models for determining critical P fertilisation thresholds

L. Jordan-Meille<sup>a,\*</sup>, A. Mollier<sup>a</sup>, P. Poulton<sup>b</sup>, M. Glendining<sup>b</sup>, C. Jouany<sup>c</sup>, J.-B. Gratecap<sup>d</sup>, D. Hanocq<sup>e</sup>, C. Montagnier<sup>f</sup>, P. Denoroy<sup>a</sup><sup>a</sup> UMR 1391 ISPA, Bordeaux Sciences Agro, INRAE, France<sup>b</sup> Rothamsted Research, West Common, Harpenden, Herts AL5 2JQ, UK<sup>c</sup> INRAE Toulouse, UMR AGIR, France<sup>d</sup> Chambre d'Agriculture d'Eure-et-Loir, France<sup>e</sup> Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, France<sup>f</sup> Unité Mixte de Recherche 1402 ECOSYS Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes INRAE Campus Agro Paris-Saclay, France

Criteria	Statistical models			
	Linear-Plateau	Quadrat.-Plateau	Mitscherlich	Cate-Nelson
Accuracy	=	=	=	non relevant
Robustness	+	-	-	+
Certainty	-(NS)	-(NS)	+(NS)	+(NS)
Agronomic meaning	Meaningful	Meaningful	Meaningful	Meaningless
Arbitrary choice based	Not-arbitrary	Not-arbitrary	Arbitrary	Not-arbitrary
Ranking of P thresholds	Intermediate	Higher	Intermediate	Smaller

## 2. Réponse des cultures au K sous différentes situations pédo-climatiques.

Conséquences pour les recommandations de fertilisation

Raphaël Wittwer

raphael.wittwer@agroscope.admin.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Federal Department of Economic Affairs,  
Education and Research EAER

Agroscope



Crop response to soil potassium under diverse pedoclimatic conditions in  
multiple environments – implications for fertilization recommendations



# 3. Rôle des formes de phosphore organique dans la disponibilité et l'acquisition du phosphore par les plantes

Issifou Amadou



# 4. Point d'étape sur le dossier PHOSPHOBIO

Grégory Véricel

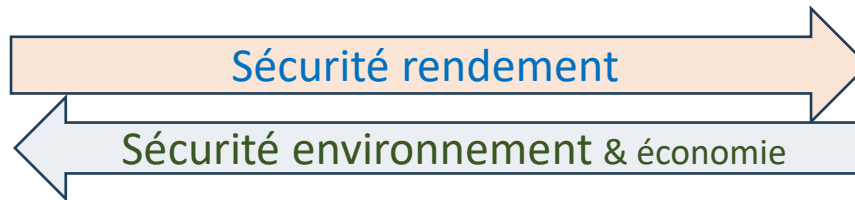




# 5. Révision des seuils d'impasse : propositions de résultats et méthode de travail

## Pascal Denoroy and his groupe P

Pascal **Denoroy** (ex-INRAE), Daniel **Hanocq** (Chambre Régionale Agri. Bretagne), Grégory **Véricel** et Christine le Souder (Arvalis), Paul TAUVEL (**ITB**), Matthieu Charron (**TIMAC**), Lionel Jordan-Meille (**Bordeaux Science Agro**), Philippe Marion (**Chambre Agri. Marne**), Pierre-Yves Tourlière (**TIMAC**), Gildas Cotten (**UNIFA**), Jean-Baptiste Gratecap (**Chambre Agri. Eure & Loir**), Khady Diedhiou (**COMIFER**), Clément Fontaine (**Eurofins Galys**), Sarah Ranoarison (**Labo Dpt Aisne**), Juline Davied (**EMC2**)



Type sol revu	Sensibilité culture	Nombre de données	Médiane	Moyenne	Ecart-type ET	Moyenne + ET	Quantile 80 %	Quantile 90 %	Approx seuil actuel
Argilo-calcaire	SE	43	51.6	55.8	29.9	85.7	86.8	98.7	90
Argilo-calcaire	SF	24	35.3	41.8	26.9	68.7	61	67	80
Craie	SE	28	50.8	71.7	53	124.7	113.9	121	180
Craie	SF	15	122.8	99.4	57	156.4	151	165	135
Limon-argile	SE	60	66.6	43.6	24.9	68.5	58	81	80
Limon-argile	SF	60	75	44	25.5	69.5	63	77.8	70
Sable	SF	6	69	67.6	32.9	100.5	90	104	80

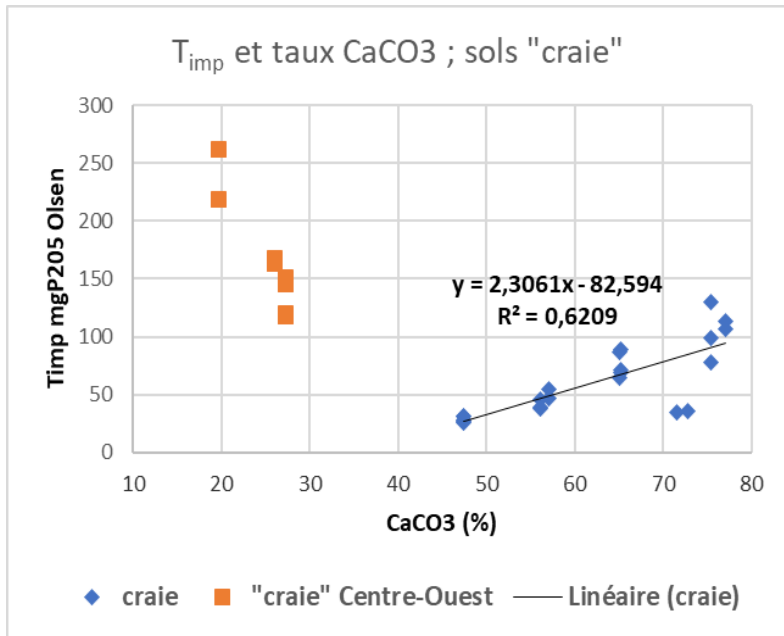
sensibilité culture à déficience P : SE = sensibilité élevée ; SF = sensibilité faible ; unité : mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Olsen / sol sec

**Tout ça ... pour ça !**

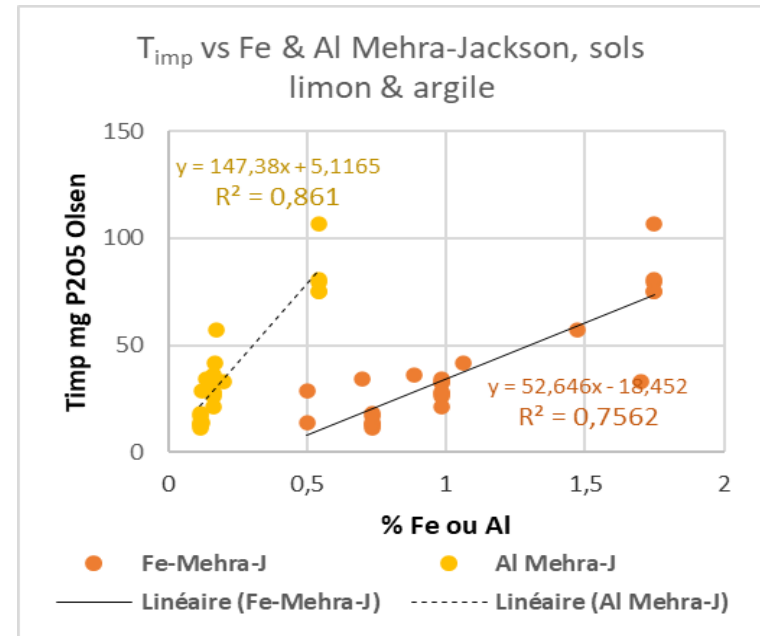
→ Réduire la variabilité au sein des couples «type de sol X type de culture »

1) Pour une même culture (e.g. blé tendre), réduire la variabilité au sein d'un même type de sol grâce à des corrélations entre  $P_{imp}$  et des indicateurs analytiques. Créer des sous-catégories de sols avec des  $P_{imp}$  plus homogènes.

Sol de craie – %  $CaCO_3$



Sols limoneux et argileux - « Fer libre »



# Démarche proposée

## 1. Affiner la typologie des sols / Diminuer la dispersion des valeurs de $T_{imp}$ pour 1 culture donnée

Existe-t-il une relation entre  $T_{imp}$  et des formes de Fe « libre » (cobaltihaxamine, EDTA, Mehra-Jackson) ?

Pour quels types de sols ?

Sur chaque essai P, attribuer une valeur de Fe-libre par valeur obtenue dans le réseau RMQS (Mehra-Jackson)

Sur chaque essai P dont le sol est disponible en terrothèque, mesurer de Fe-libre (Fe-EDTA, Fe-cobaltihaxamine)

Utiliser une relation liant  $P_{imp}$  à Fe-libre, par type de sol

Utiliser une relation liant  $P_{imp}$  à Fe-libre, par type de sol

# Démarche proposée

Echantillon de sol [ $P_{\text{Olsen}}$ ]

Le type de sol est-il suffisamment bien défini ?

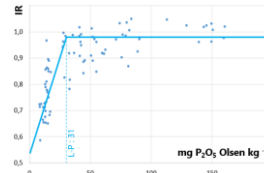
non

oui

$[\text{Fe}]_{\text{libre}}$  disponible ?  
(EDTA, Cobaltih)

non

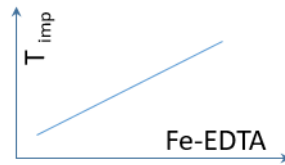
oui



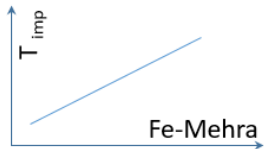
$T_{\text{imp}}$  par défaut

Type de sol  
(ref pédologique  
X RMQS)

Fe-Mehra



$T_{\text{imp}}$  amélioré analyse

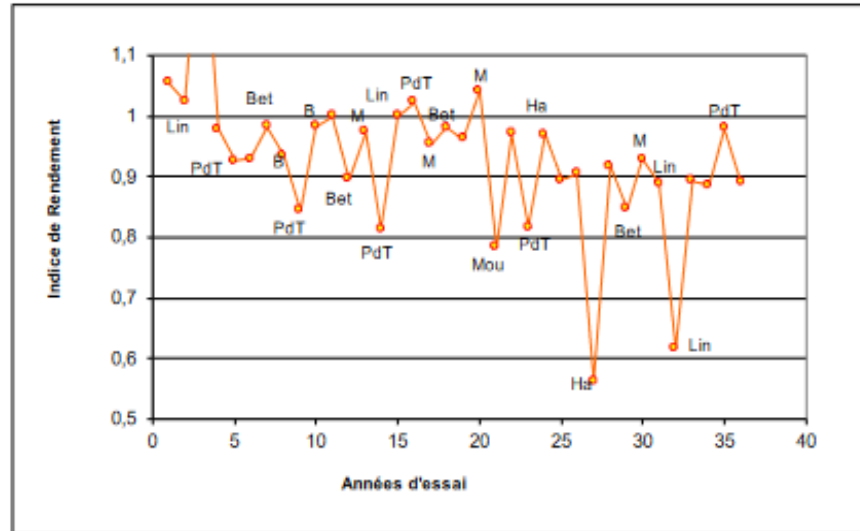


$T_{\text{imp}}$  amélioré ref pédo et RMQS

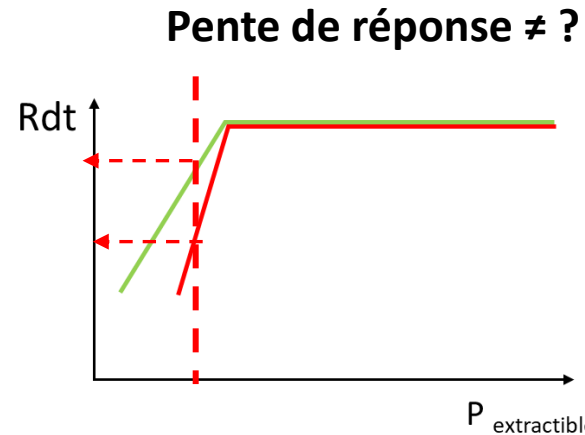
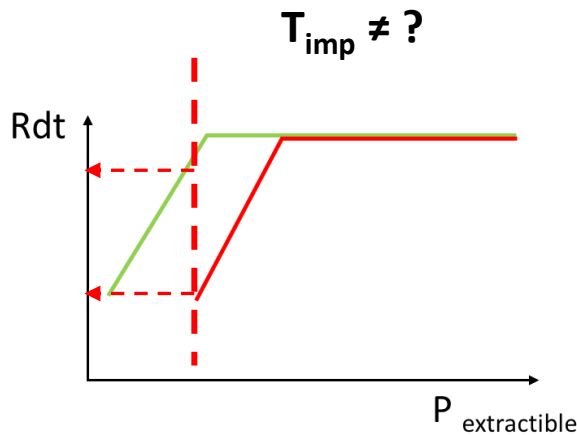
# Démarche proposée

## 2. Redéfinir des groupes de cultures par rapport à leur sensibilité à la déficience

pour 1 sol donné



A quoi est due la différence de sensibilité à la déficience (=exigence) ?



# Démarche proposée

## 3. Définir un niveau de risque

une fois établis les groupes de sols, de cultures, et les  $T_{imp}$  correspondants

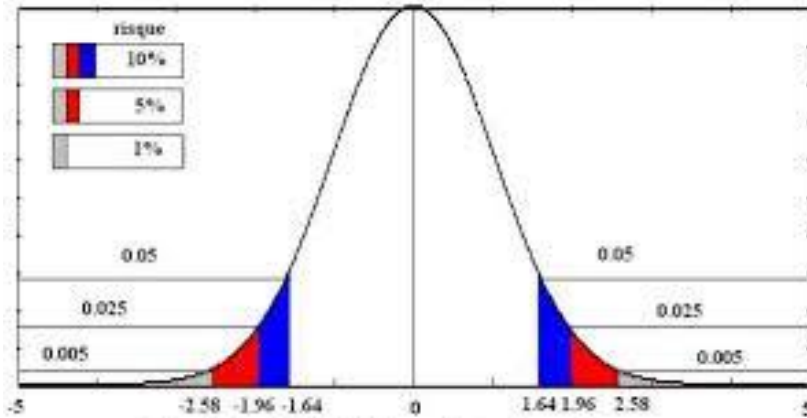


Figure 10.5 : densité de la loi normale et valeurs critiques.

Intervalles de confiance ?  
Ecart types  
Quartiles ?

Approche statistique X Approche profession

$T_{imp}$  est-il le bon indicateur ?

- Dans le raisonnement de la fertilisation P, on prend en compte le régime de fertilisation antérieur à l'analyse de terre. Ce régime n'est pas pris en compte dans l'estimation actuelle du seuil d'impasse. N'est-ce pas cet historique -en particulier, la présence ou non d'un apport- qui déterminerait la réponse culture plutôt qu'un seuil de P du sol ? .
- A-t-on des réponses décorréées de la teneur P\_Olsen du sol dans une modalité ? N'est-ce pas simplement de la variation aléatoire ? Répertorier les cas qui interrogent pour les expliquer .
- Même dans des situation « au-dessus du seuil d'impasse » il semble possible d'avoir une réponse à un apport (cf. Bignan). Il faudrait identifier et expliquer les cas où cela se produit



Quelques observations sur l'évolution  
conjointes des teneurs en P Olsen et du  
comportement des cultures.

Essai longue durée de  
Bignan (56)



CHAMBRE  
D'AGRICULTURE  
BRETAGNE

# Dispositif expérimental

- Teneur initiale du sol : 430 mg/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Dyer, 80 mg/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Olsen et 380 mg kg<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O échangeable.

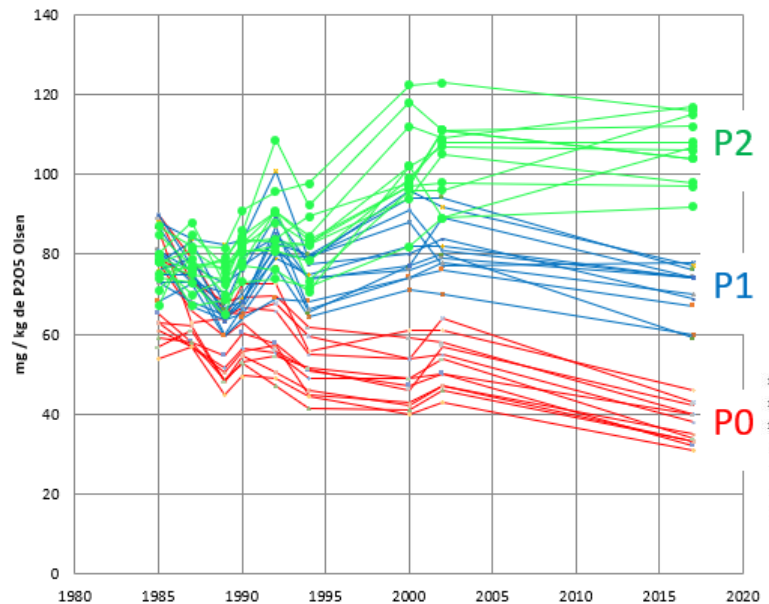
P0 et K0 : Impasse depuis 1985  
P1 et P2 : 50 et 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>  
K1 et K2 : 100 et 200 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>

- Dispositif : criss cross, 4 répétitions
- Cultures : Blé, Maïs, Orge, Pois.

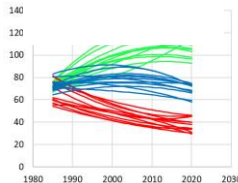
## 9 traitements en comparaison

	P0	P1	P2
K0	K0P0	K0P1	K0P2
K1	K1P0	K1P1	K1P2
K2	K2P0	K2P1	K2P2

Evolution des teneurs en P Olsen des 36 parcelles élémentaires



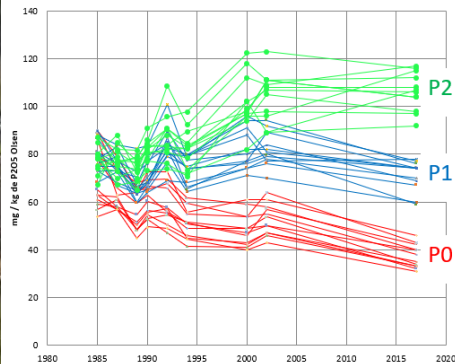
Ajustement  
s pour  
affecter une  
teneur par  
année



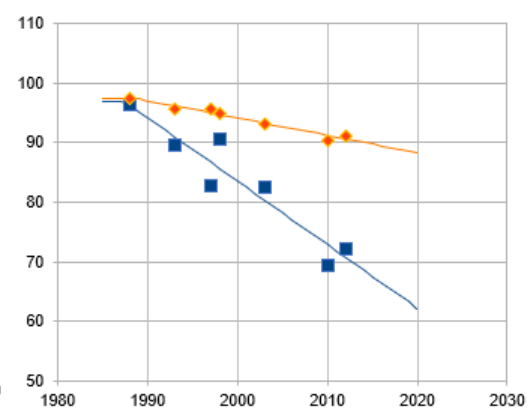
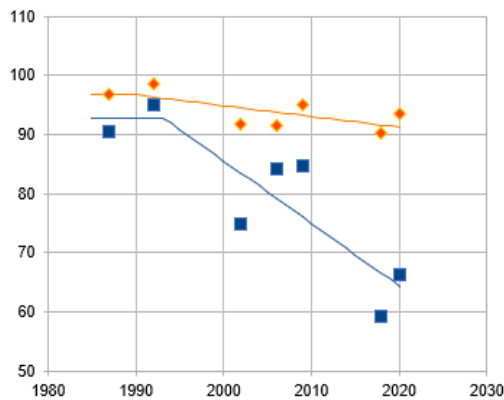
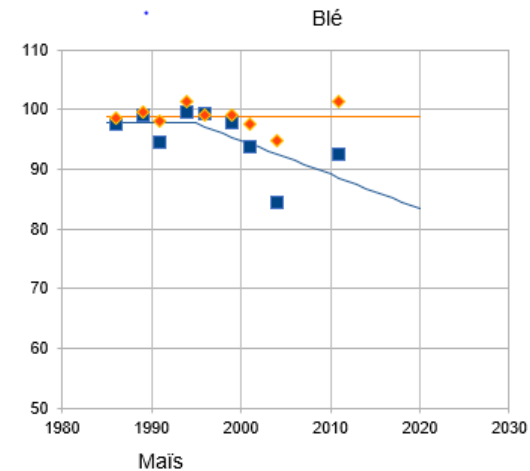
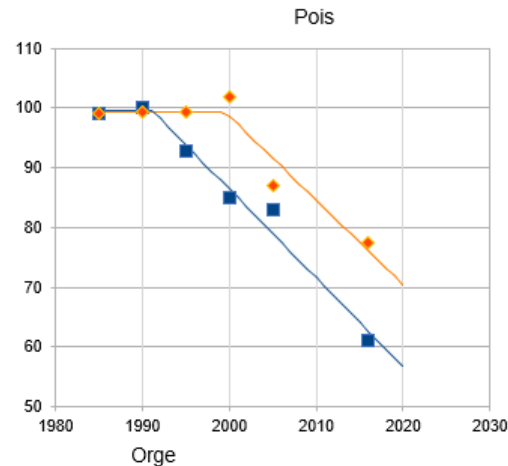
# Impact cumulatif sur les cultures des 3 régimes de fertilisation

- Différences entre les cultures
- Perte de fertilité du P1

Evolution des teneurs en P Olsen des 36 parcelles élémentaires

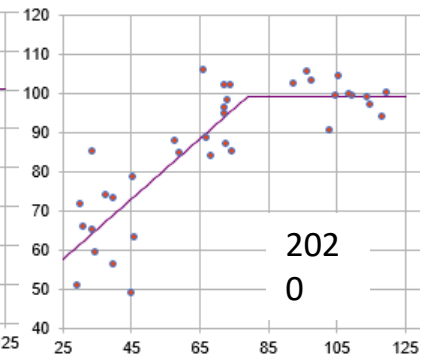
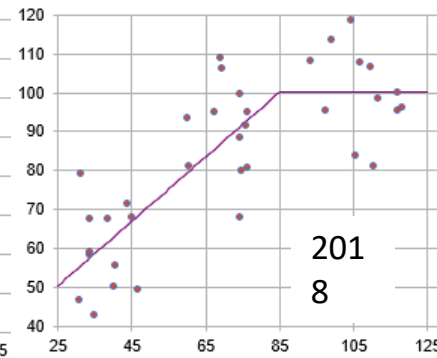
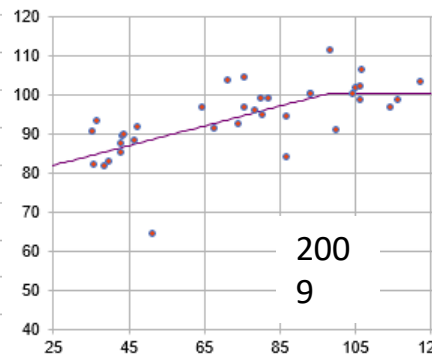
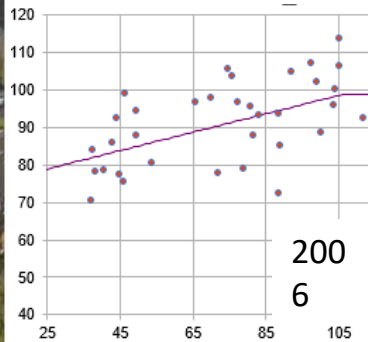
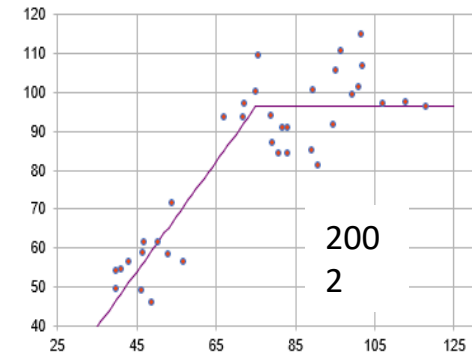
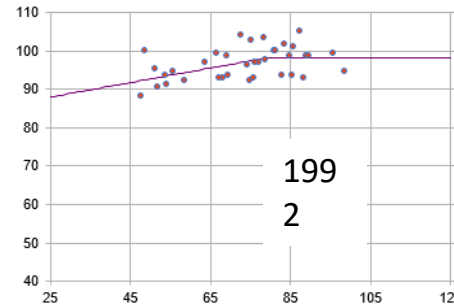
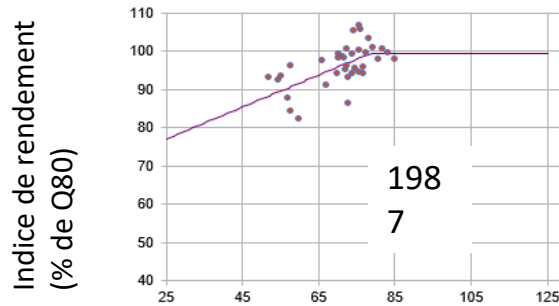


Indice de rendement (% de P2)



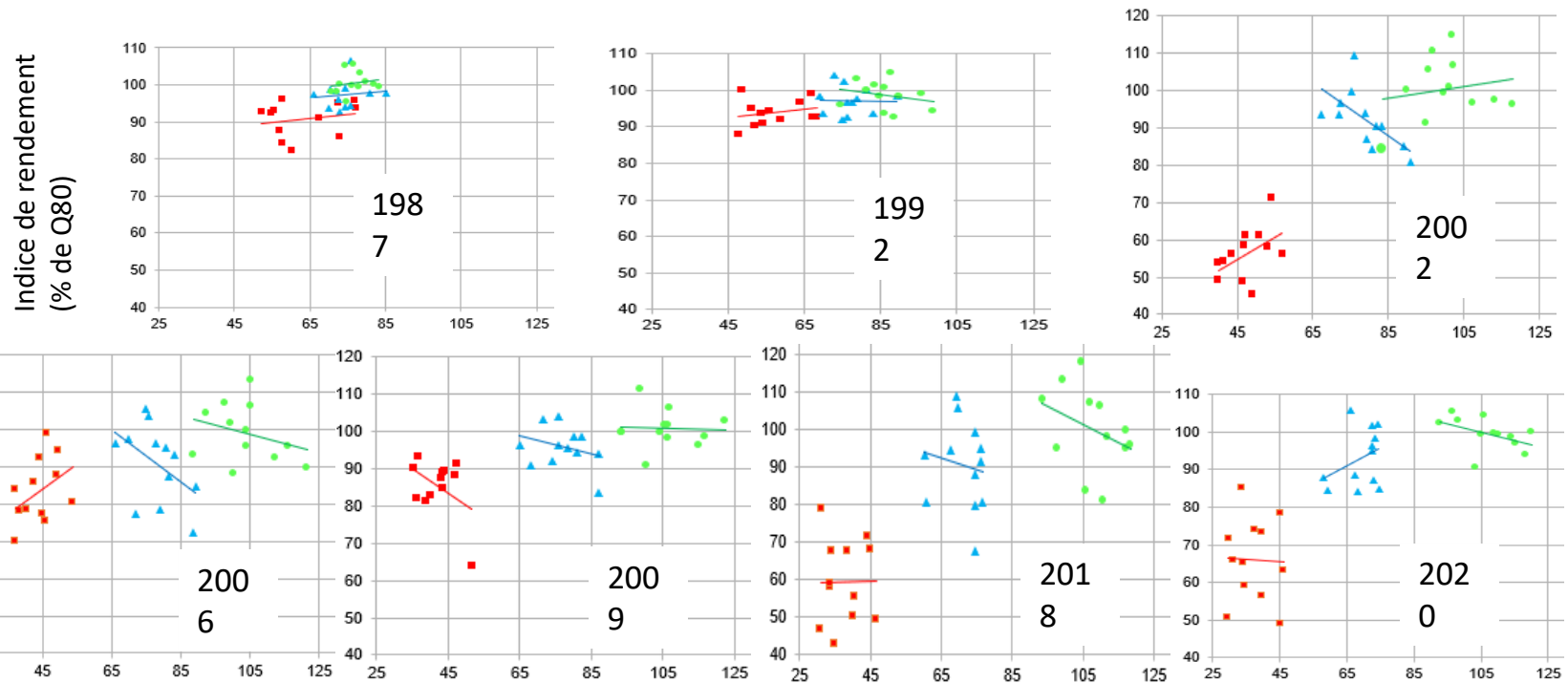
■ P0  
— P50  
— P0  
◆ P50

# Des courbes de réponse hétérogènes (exemple de l'orge)



- Un seuil entre 70 et 105 mg P2O5 Olsen / kg
- Pentas de pertes de rendement variables selon les années

# Des courbes de réponse hétérogènes (exemple de l'orge)



- Un seuil entre 70 et 105 mg P205 Olsen / kg
- Pentas de pertes de rendement variables selon les années

## Appel à Candidature

### Rénovation de paramètres du raisonnement de fertilisation P Etapas de traitement des données de P critique (Timp)

Travailler sur le tableau récapitulatif des  $T_{imp}$  à partir des seuls cas non douteux

Sur quelques espèces végétales pour lesquelles on dispose de données assez nombreuses (blé tendre, orge, maïs, colza, ...), étude de la question « typologie des « sols » ou « terres » :

- Extension BDD à analyses JH ou Dyer exprimées en P Olsen
- Etude des corrélations entre diverses analyses de Fe et/ou Al (Tamm, Mehra-Jackson, EDTA, Cobaltihexamine) ⇔ peut-on estimer un indicateur « référent » à partir des autres ?
- (À ce niveau : travail de concertation en parallèle avec les pédologues pour savoir si on peut relier une valeur d'indicateur analytique (Fe&Al, ...) à une type pédologique utilisé en cartographie)
- Choix d'une typologie des « sols », éventuellement associée à des paramètres analytiques. Mise en œuvre de méthodes stat de classification ?

Vérification que cette typologie des sols reste pertinente (discriminante) pour les autres espèces végétales non traitées auparavant.

Etude du regroupement des espèces en « classes de sensibilité » (classification ?)

Animer la discussion sur les notions d'intervalles de confiance pour la définition définitive des seuils