

## Quelle méthode pour calculer les seuils d'impasse en phosphore ?

Lionel Jordan-Meille (Bordeaux Sciences Agro), Alain Mollier (UMR ISPA, INRAE), Paul Poulton (Rothamsted Research, GB), Margaret Glendining (Rothamsted Research, GB), Claire Jouany (UMR AGIR, INRAE), Jean-Baptiste Gratecap (Chambre d'Agriculture d'Eure-et-Loir), Daniel Hanocq (Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne), Christophe Montagnier (UMR Ecosys, INRAE), Pascal Denoroy (UMR ISPA, INRAE)

Les règles de fertilisation en Phosphore s'appuient notamment sur une étape de diagnostic qui consiste à comparer le niveau de P disponible du sol ( $P_{\text{biodispo}}$ ), obtenu par une analyse de terre (e.g.  $P_{\text{Olsen}}$ ) avec une "valeur critique" ( $P_{\text{crit}}$ ). Les  $P_{\text{crit}}$  sont généralement calculés à partir de données obtenues sur des essais de fertilisation de longue durée, fournissant des relations "Rendement vs-  $P_{\text{biodispo}}$ ". Selon les fonctions statistiques utilisées pour ajuster la relation entre ces deux variables, le  $P_{\text{crit}}$  peut varier d'un facteur 2, introduisant ainsi une forte variabilité dans les recommandations qui s'en suivent dans les sorties des différentes méthodes. L'objectif de cette étude est de fournir des arguments pour aider à choisir le meilleur modèle pour gérer des ensembles de données de qualité variable (essais annuels, de longue durée).

Notre analyse est basée sur six essais de longue durée caractérisés par une description environnementale complète, des mesures régulières de  $P_{\text{Olsen}}$  et des rendements annuels pour le blé, le maïs, l'orge et blé dur. L'ensemble de données est composé de 4500 paires de points « rendement-  $P_{\text{Olsen}}$  ». Quatre modèles ont été testés, qui sont les plus fréquemment utilisés pour cet objectif : Linéaire-Plateau (LP), Quadratique-Plateau (QP), Mitscherlich 95 % (Mi95) et l'algorithme de Cate-Nelson (CN).

L'évaluation de chaque modèle s'est basée sur les trois critères suivants : qualité de l'ajustement (RMSE : écart quadratique moyen), variabilité interannuelle de l'estimation de  $P_{\text{crit}}$  (Coefficient de Variation, CV), risque d'échec à l'ajustement ou de fournir un  $P_{\text{crit}}$  extrapolé hors domaine de définition, signifiant respectivement précision, certitude et robustesse.

Les modèles sont testés à l'échelle de la culture annuelle. Le calcul du  $P_{\text{crit}}$  d'une culture donnée sur un essai donné a été testé d'une part en utilisant des données groupées reposant sur les rendements relatifs, et d'autre part en faisant la moyenne des essais annuels.

Nos résultats montrent clairement que les deux premiers indicateurs (RMSE, CV) ne permettent pas de discriminer les modèles. Les modèles sont donc équivalents quant aux critères qualité et variabilité. Cependant, la capacité des modèles à gérer des jeux de données peu fournis ou imprécis a fortement favorisé la fonction LP. Nous avons également prouvé que l'utilisation de rendements relatifs regroupés ou de moyennes annuelles conduisait non seulement aux mêmes conclusions, mais fournissait également les mêmes ordres de grandeur de  $P_{\text{crit}}$ . Comme mentionné dans la littérature, nous avons confirmé le fort impact de la méthode sur le  $P_{\text{crit}}$  final, les fonctions CN et QP produisant respectivement les valeurs les plus basses et les plus élevées de  $P_{\text{crit}}$ .

Au final, nous recommandons l'utilisation de la méthode LP, qui combine de nombreux avantages : algorithme simple, forte capacité à fournir des seuils raisonnables même sur des essais s'appuyant sur peu de données, ajustement de modèle et variations interannuelles



équivalents à ceux des modèles plus complexes, simplicité dans l'explication des résultats (signification agronomique évidente), et absence de décision arbitraire à prendre comme dans le cas du choix d'un "seuil" pour la méthode de Mitscherlich. La méthode du rendement relatif doit être privilégiée lorsque les données annuelles sont trop rares pour pouvoir être ajustées au modèle ; à l'inverse, le calcul de la moyenne des données annuelles semble plus simple (robuste), n'étant pas soumise au choix arbitraire d'un "rendement de référence".

## Références

Jordan-Meille L., Mollier A., Montagnier C., Thiebaut F., Gratecap J.-B., Véricel G., Tauvel P., Denoroy P. 2023. From long term experiment gross results to soil nutrient critical concentration: which adjustment method can be used with best robustness and precision? Case study of P. Actes du colloque "Long Term Experiments: Meeting future challenges", Rothamsted Research, Harpenden, aab, CGIAR, USDA, 20-22 juin.

Jordan-Meille L., Mollier A., Poulton P., Glendining M., Jouany C., Gratecap J.-B., Hanocq D., Montagnier C., Denoroy P. 2023. Using long-term experiments to help choose the best data processing procedure for establishing P fertilisation thresholds. Article soumis à la revue "European Journal of Agronomy"

**Mots-clés** : Seuils impasse, ajustements de modèles, évaluation, linéaire-plateau, fertilisation, essais de longue durée

## Auteurs principaux



### Pascal Denoroy

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).

### Lionel Jordan-Meille

Ingénieur du Génie Rural (1995) - Thèse de doctorat sur les pollutions diffuses (1996 – 1998)  
Maître de Conférences en Agronomie à Bordeaux Sciences Agro (1999 - ...) en nutrition des plantes  
Habilitation à diriger les recherches "Who K'cares?" (2020) sur le thème de la nutrition potassique  
Année sabbatique à Rothamsted Research (GB) sur teneur récoltes en  $\mu$ -nutriments (2019-20)  
Direction de thèse sur la nutrition hydrique et minérale dans les systèmes agroforestiers (2023 - 26)  
Président du COMIFER (2021 - ...) et animateur du Groupe P K Mg du COMIFER (2018 - ...)