

Colloque
PhosphoBio
21 novembre 2024,
BORDEAUX

Impact des pratiques culturales et du type d'exploitation sur les bilans de phosphore en AB

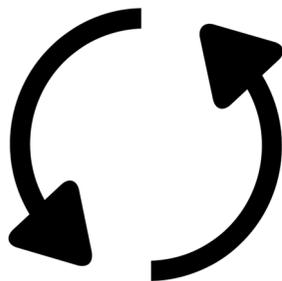
Pietro Barbieri -
Bordeaux Sciences Agro



Gestion de la fertilité dans les systèmes d'agriculture biologique : le défi du phosphore (P)



Fixation biologique de l'azote



Interaction des stratégies de fertilisation N-P

1. Moins d'engrais N -> moins d'engrais P
2. Moins d'apports en P -> moins de BNF pour les cultures légumineuses (moyen terme)



Interdits



Relativement inefficaces



Coûteux



Difficiles à transporter



Risque d'épuisement du P des sols



Les budgets de phosphore, une mesure couramment utilisée pour suivre les pratiques de gestion du phosphore

Choix des limites du système



Parcelle - sol



Farm gate

Exploitation agricole

Calcul des bilans de P



=



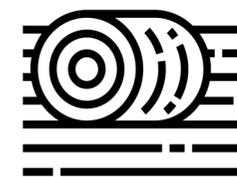
Inputs (P)

-



Exportations (P)

-



Exportations résidus de culture (P)

Éléments négligés



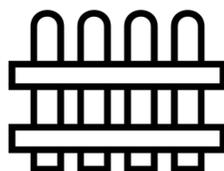
P érosion, dépôts atmosphériques

Quelles avancées pour une gestion durable du phosphore en AB ?
BORDEAUX, 21 novembre 2024



Peu de connaissances sur la gestion du phosphore et l'état des sols dans les systèmes d'agriculture biologique

Plusieurs études ont examiné la relation entre les bilans de P au départ de l'exploitation et le type d'exploitation ou les pratiques de gestion de la fertilisation, avec des résultats contrastés (*Oelofse et al., 2010; C.A. Watson et al., 2002*).



- Les bilans de P peuvent être très variables d'une exploitation à l'autre (-12.1 to +48 kg.P ha⁻¹ y⁻¹, *Reimer et al., 2020*)
- Présence de bétail, taux de chargement ? (*Nesme et al., 2012*)
- Une forte dépendance à l'utilisation des légumineuses pour les apports d'azote (>60 %) est associée à un bilan de P négatif (*Reimer et al., 2020*)



Limites des études précédentes :

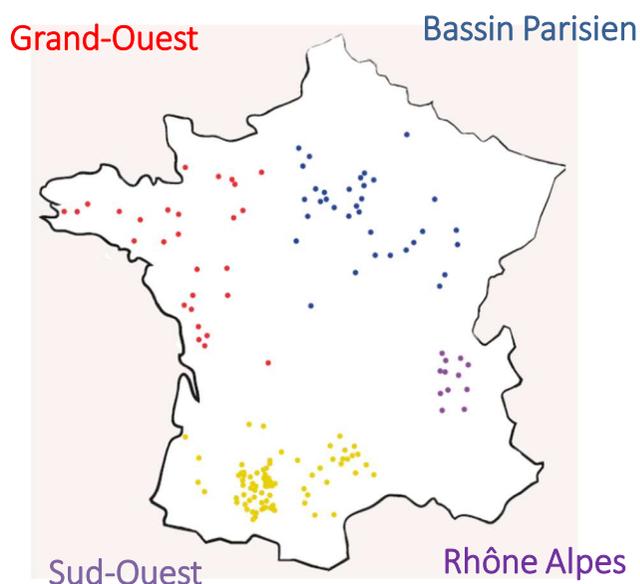
1. les bilans de P à la ferme ou sur le terrain n'ont été calculés que pour une ou quelques années et...
2. ...pour des régions géographiques spécifiques (*Kirchmann et al., 2008; Nesme et al., 2012; Reimer et al., 2020a; C.A. Watson et al., 2002*).

Ces limitations ont rendu difficile l'étude de la corrélation entre **les pratiques culturelles, le contexte socio-économiques des territoires et les bilans de P du sol.**



Un observatoire national pour analyser ces corrélations

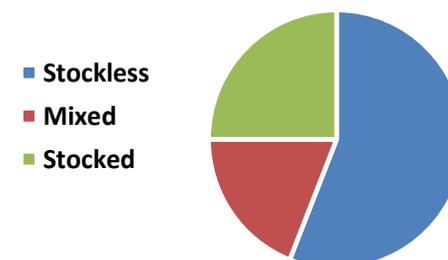
- 193 parcelles (sur 201) d'agriculteurs certifiées biologiques appartenant à 153 exploitations (sur 157) ont été enquêtées (novembre 2021-février 2023)
- Entretiens semi-directifs :
 - Décrire les systèmes de culture ;
 - Expliquer leurs pratiques de fertilisation P et détailler à la fois la gestion et les flux de biomasse (importations et exportations) pour chaque parcelle étudiée sur une période de cinq ans (2017 à 2021).
- Echantillonnage de sol (Olsen-P)



Critères de sélection des parcelles :

- 4 territoires offrant **modes de production et contextes pédoclimatiques contrastés** ;
- Mobilisation de 44 parcelles rattachées à un observatoire de la fertilité des sols préexistant en Midi-Pyrénées + parcelles suivies par les chambres d'agriculture --> **85 parcelles disposant d'analyse de terre antérieure** ;
- Parcelle homogène, type de sol et système de culture représentatif de l'exploitation et de sa région

Regional specialisation



Quelles avancées pour une gestion durable du phosphore en AB ?
BORDEAUX, 21 novembre 2024



Calcul et analyse des bilans de sol

- Les **bilans P** ont été calculés pour chaque parcelle en convertissant les flux de biomasse importés et exportés en flux de P en multipliant chaque entrée et sortie par sa concentration respective en P (calibrée pour les systèmes d'agriculture biologique).

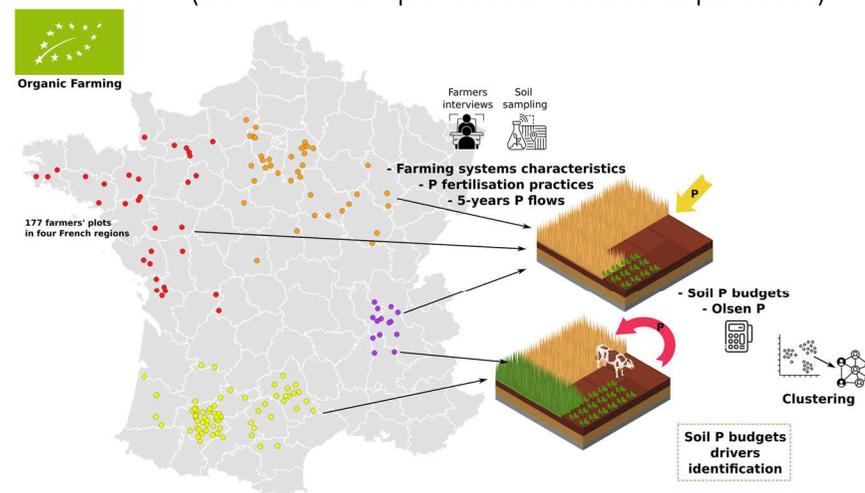
Bilan = quantités de fertilisants épandues x %P – Grains exportés x %P + Pailles exportées x %P paille

- Pour les 67 exploitations qui ont fourni une analyse de sol plus ancienne avec la disponibilité en P Olsen, nous avons calculé la variation annuelle de P Olsen en tenant compte du nombre d'années entre le premier échantillonnage de sol et celui effectué dans cette étude.

Analyse statistique pour :

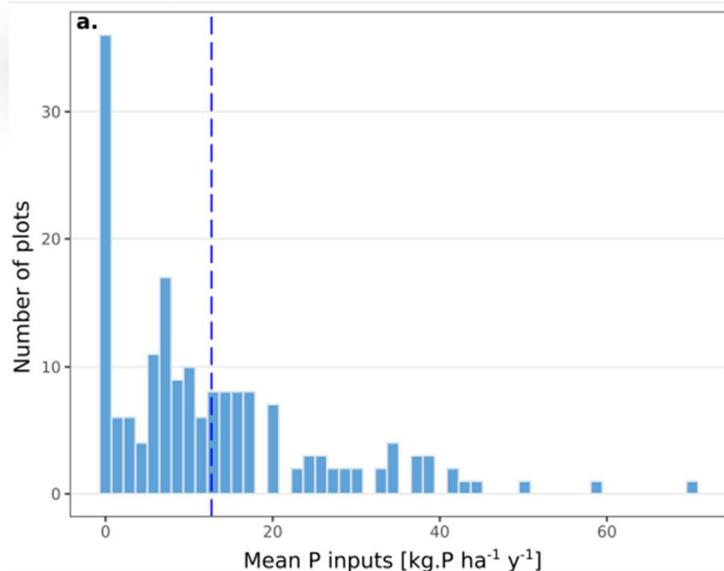
- Déterminer les **facteurs influençant** les bilans des sols (modèles linéaires mixtes)
- Identifier les **associations entre les variables** de gestion, socio-économiques et territoriales et pour analyser la similarité entre les parcelles étudiées (Analyse factorielle des données mixtes (FAMD))
- Identifier les **groupes de parcelles similaires** (Classification hiérarchique sur les composantes principales (HCPC))

Calculs réalisés sur 177 parcelles appartenant à 140 exploitations (données manquantes sur les autres parcelles)

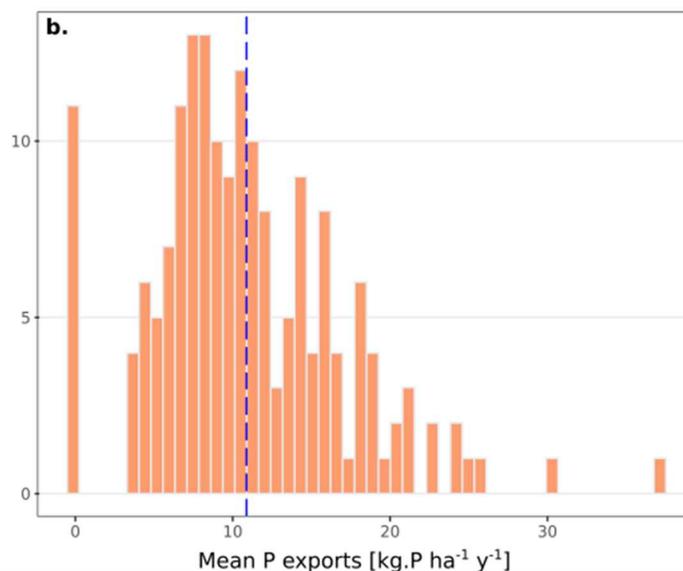




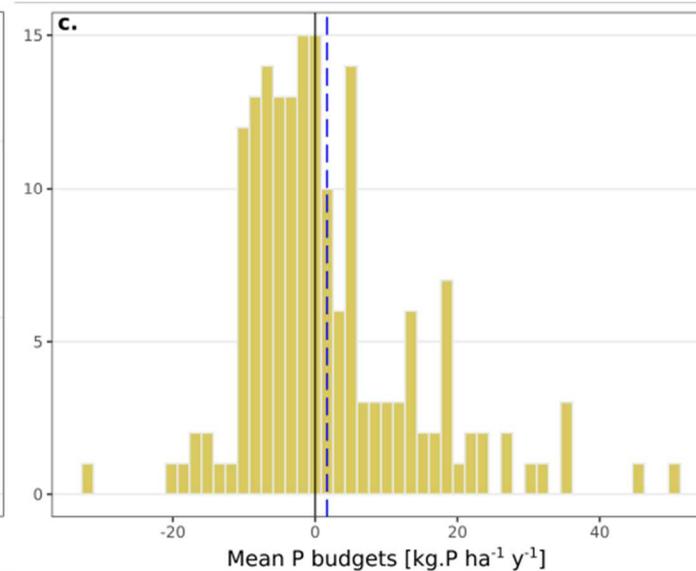
Les parcelles présentent des apports, des exportations et des bilans P contrastés



Moyenne + 13 kg de P/ha,
min : 0, max : + 70 kg de P/ha



Moyenne + 11 kg de P/ha,
min : 0, max : + 37 kg de P/ha



Moyenne + 1.6 kg de P/ha,
min : -32, max : + 50 kg de P/ha

Cette variabilité des bilans de P dans le sol est cohérente avec la littérature existante sur les systèmes d'agriculture biologique (Reimer et al., 2020b)

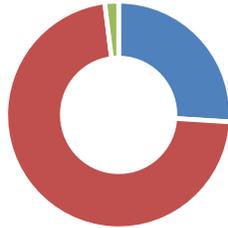
Valeurs exprimées en P.
Pour transformer en P_2O_5 , multiplier par 2.29

Quelles avancées pour une gestion durable du phosphore en AB ?
BORDEAUX, 21 novembre 2024

Principaux facteurs influençant les bilans de P dans le sol

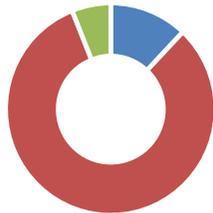
Attention paid to P fertilization strategy

- Yes
- No
- n/a



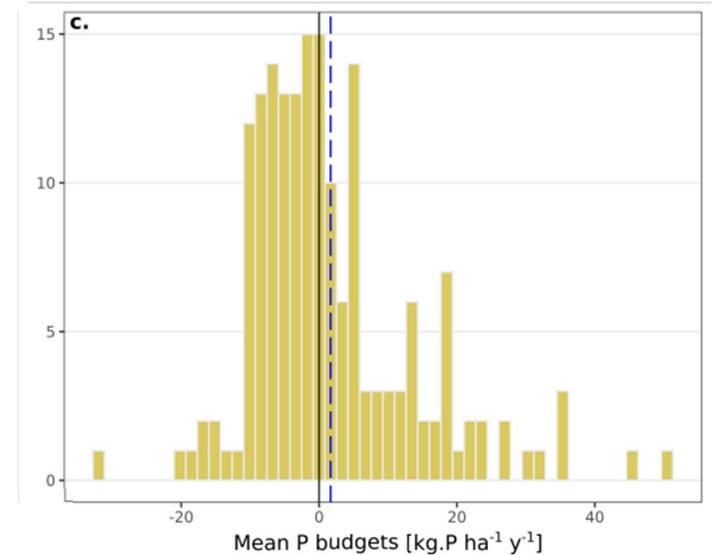
Use of a P fert. recommandation method

- Yes
- No
- n/a



Influence des facteurs

apports cumulés de P >
gestion du P > fréquence des
cultures fixant l'azote >
fréquence de la fertilisation



**Sol Olsen-P n'est pas
un des facteurs
explicatifs des
budgets P du sol !**

- Seules 7 % des parcelles présentaient un bilan de P du sol constamment positif
- 30 % des parcelles présentaient des bilans de P du sol négatifs récurrents

Pas ou peu d'effet sur les bilans P de :

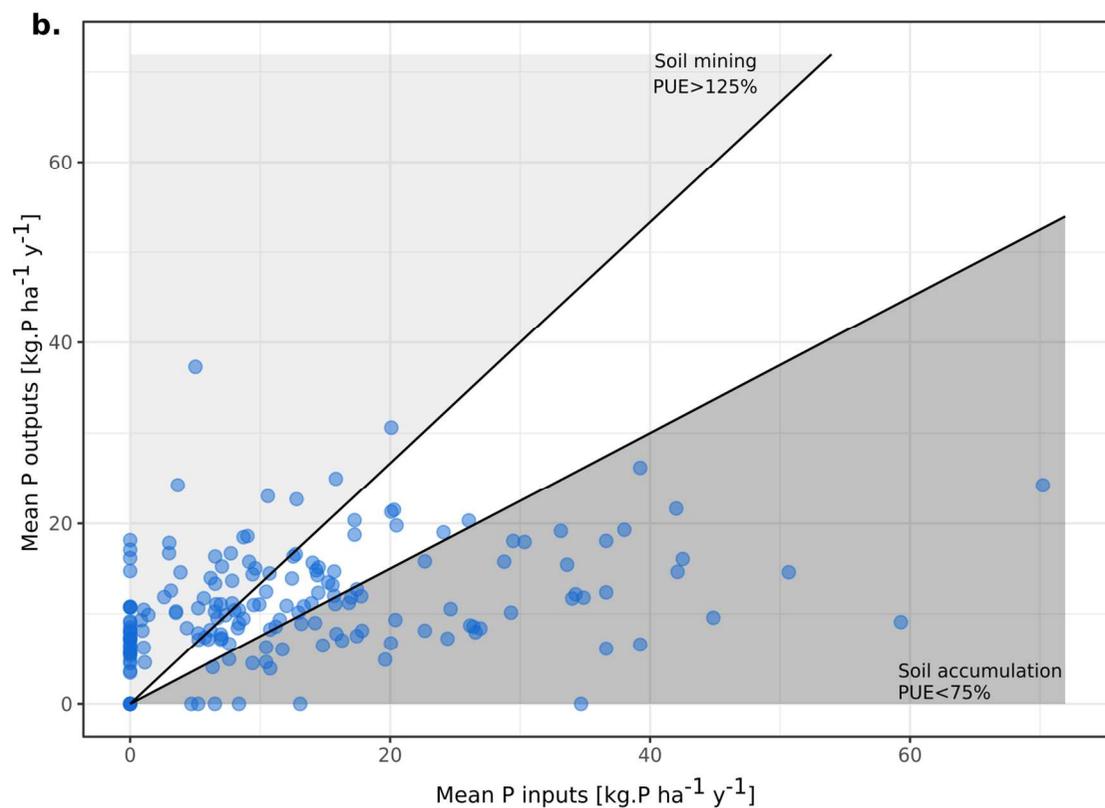
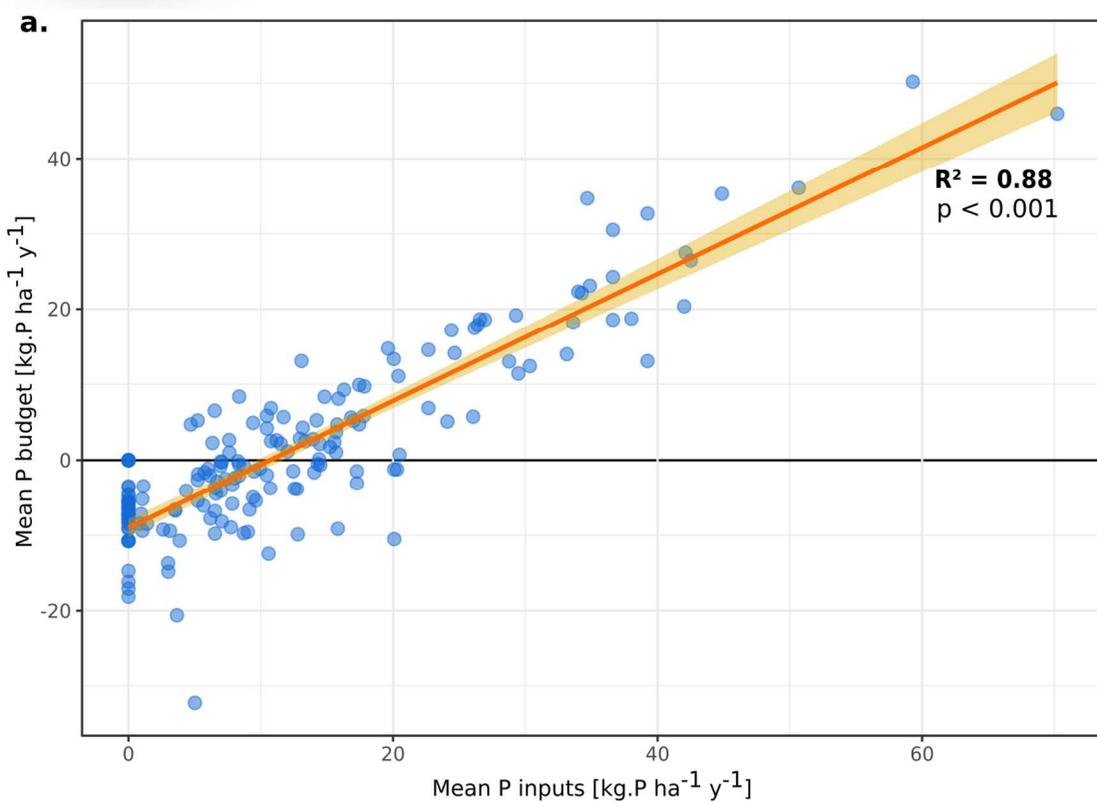
- ancienneté de conversion en AB
- territoire PhosphoBio
- présence ou non d'élevage sur l'exploitation
- taille de l'élevage présent sur l'exploitation
- Mode d'occupation du sol de la parcelle (PP, GC, GC+PT)

Quelles avancées pour une gestion durable du phosphore en AB ?
BORDEAUX, 21 novembre 2024



Impact des inputs sur les bilans de P

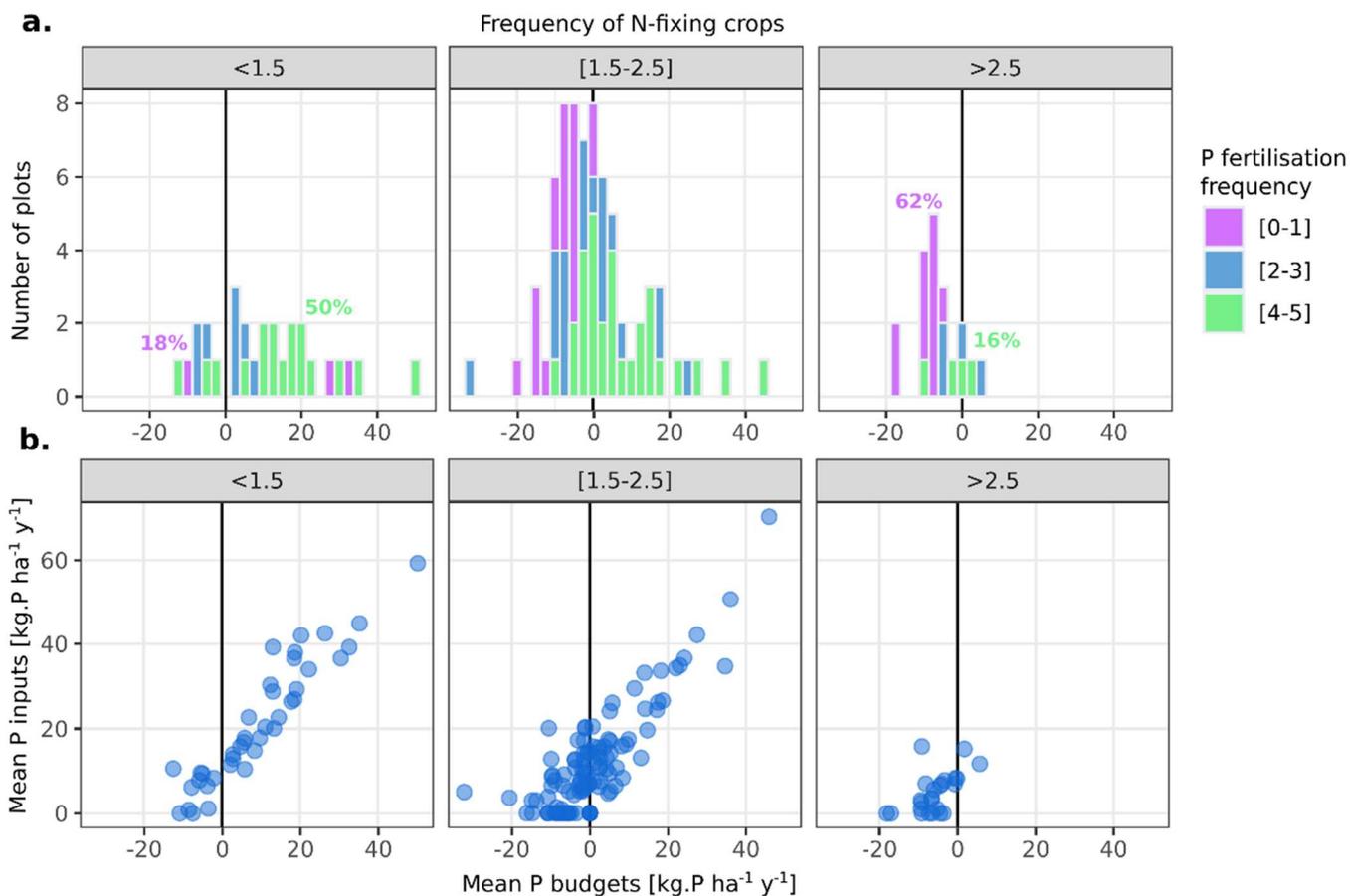
Distribution des bilans moyens de P (kg de P/ha.an) estimés à partir des enquêtes « pratiques agricoles de 2017 à 2021 » sur 177 parcelles de l'observatoire selon les inputs de P (kg de P kg de P/ha.an)





Influence de la fréquence des légumineuses et de la fréquence de fertilisations

La relation inverse entre la fréquence des cultures fixatrices d'azote dans les rotations et les bilans de phosphore est significative et soulève des inquiétudes quant à la fertilité en phosphore à long terme des exploitations biologiques qui dépendent fortement de la fixation symbiotique pour la gestion de la fertilité en azote.





Les bilans de P du sol diffèrent entre les types de parcelles - 5 groupes identifiés

Typologie des exploitations/parcelles : un ensemble de pratiques de gestion P dans un contexte socio-économique donné (spécialisation agricole de la région).

Legend

Environment: stockless Mixed Stock

Farm Land Use: cropland cropland with pasture

Grey color iniquates a non-significant level

Stocking rate: no livestock; medium medium small

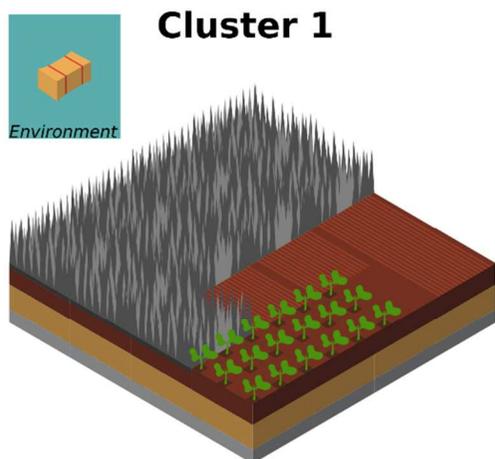
Transparency indicates either "large" or "no livestock"

Phosphorus management: exogenous endogenous

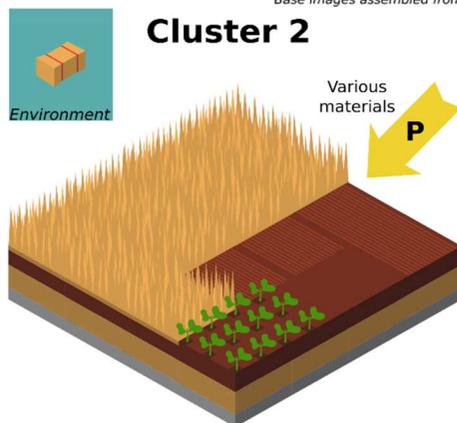
Fertilisation frequency: medium/high medium medium/low

N-fixing crop frequency: low/medium; medium;

Indicated by the symbol



Average balance
-7.4 kg.P ha⁻¹ y⁻¹



Average balance
0.72 kg.P ha⁻¹ y⁻¹

Variable	Cluster 1	Cluster 2
Number of plots	36	50
Environment	Stockless (66%)	Stockless (86%)
Farm Land Use	N.S.	Cropland (72%)
Stocking rates	No livestock (50%)	No livestock (90%)
Phosphorus management	No P inputs (100%)	Exogenous (98%)
Fertilisation frequency	Low (100%)	Medium / Low (50% / 30%)
Fertilizer type	None (100%)	Various (70%)
N-fixing crops frequency	Medium (75%)	Low / Medium (42% / 36%)
Total P inputs	0 kg.P ha ⁻¹ y ⁻¹ (85%)	< 9 kg.P ha ⁻¹ y ⁻¹ (65%)
Age	N.S.	New (56%)
Average soil P budget	-7.4 kg.P ha ⁻¹ y ⁻¹	0.72 kg.P ha ⁻¹ y ⁻¹

Quelles avancées pour une gestion durable du phosphore en AB ?
BORDEAUX, 21 novembre 2024

Les bilans de P du sol diffèrent entre les types de parcelles

Legend

Environment: stockless Mixed Stock

Farm Land Use: cropland cropland with pasture

Grey color iniquates a non-significant level

Stocking rate: no livestock; medium medium small

Transparency iniquates either "large" or "no livestock"

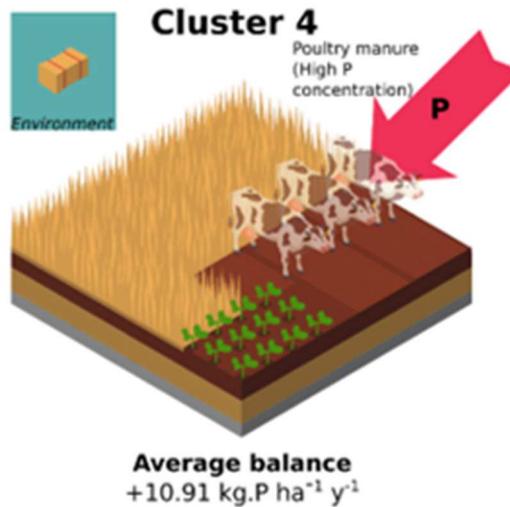
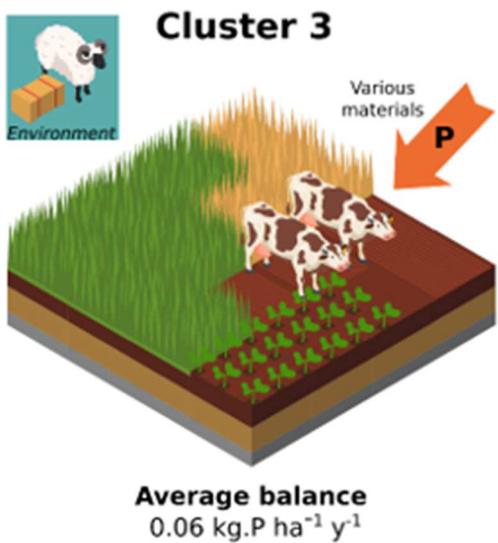
Phosphorus management: exogenous endogenous

Fertilisation frequency: medium/high medium medium/low

N-fixing crop frequency: low/medium; medium;

Indicated by the symbol

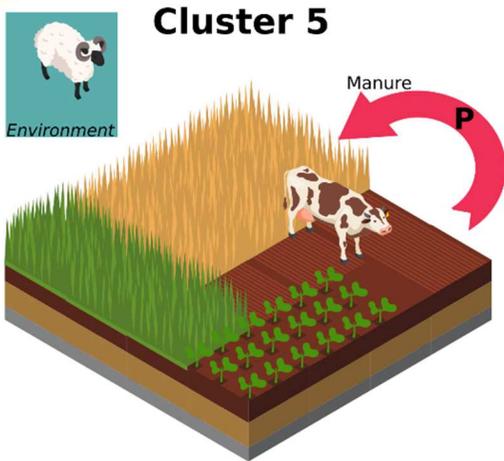
Base images assembled from "Freepik"



Variable	Cluster 3	Cluster 4
Number of plots	15	37
Environment	Mixed (80%)	Stockless (50%)
Farm Land Use	Permanent pasture / Cropland with pasture (47% / 40%)	Cropland (64%)
Stocking rates	Medium (87%)	No livestock / Large (46% / 41%)
Phosphorus management	Exogenous (100%)	Exogenous (98%)
Fertilisation frequency	Medium (67%)	High / Medium (43% / 35%)
Fertilizer type	Various (87%)	Poultry manure (65%)
N-fixing crops frequency	Medium (100%)	Medium / low (58% / 41%)
Total P inputs	< 15 kg.P ha ⁻¹ y ⁻¹ (75%)	< 44 kg.P ha ⁻¹ y ⁻¹ (90%)
Age	Old (66%)	N.S.
Average soil P budget	0.06 kg.P ha ⁻¹ y ⁻¹	10.91 kg.P ha ⁻¹ y ⁻¹

Quelles avancées pour une gestion durable du phosphore en AB ?
BORDEAUX, 21 novembre 2024

Les bilans de P du sol diffèrent entre les types de parcelles



Variable	Cluster 5
Number of plots	39
Environment	Stock (69%)
Farm Land Use	Cropland with pasture (67%)
Stocking rates	Medium / Small (51% / 28%)
Phosphorus management	Endogenous (92%)
Fertilisation frequency	High / Medium (51% / 37%)
Fertilizer type	Manure (80%)
N-fixing crops frequency	Medium (85%)
Total P inputs	< 17 kg.P ha ⁻¹ y ⁻¹ (80%)
Age	New (69%)
Average soil P budget	-0.55 kg.P ha ⁻¹ y ⁻¹

Legend

Environment: stockels Mixed Stock

Farm Land Use: cropland cropland with pasture

Stocking rate: no livestock; medium medium small

Phosphorus management: exogenous endogenous

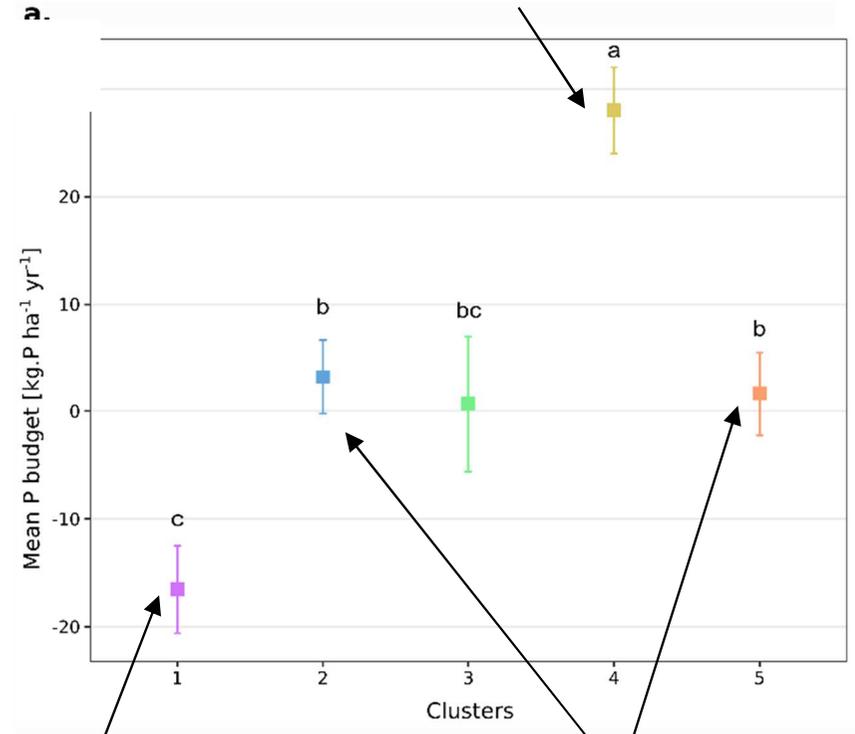
Fertilisation frequency: medium/high medium medium/low

N-fixing crop frequency: low/medium; medium;

Indicated by the symbol

Base images assembled from "Freepik"

- Pas de bétail
- Apports élevés de P exogène



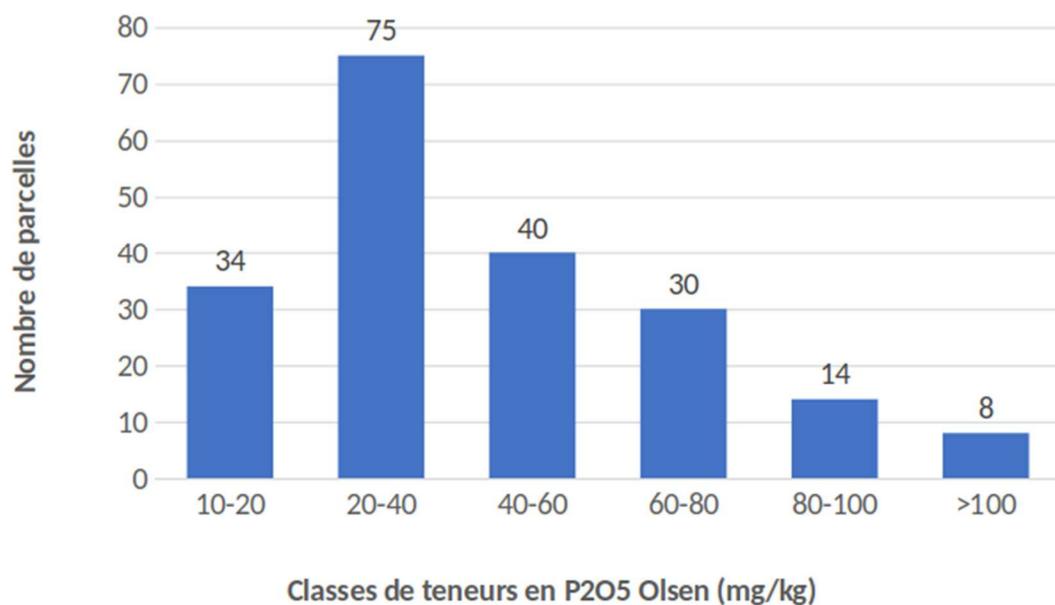
- Pas de bétail
- Pas d'input de P
- Gestion négligée
- Présence de bétail
- Intrants P exogènes ou endogènes

Quelles avancées pour une gestion durable du phosphore en AB ?
BORDEAUX, 21 novembre 2024



Distribution des teneurs en P, K et MO mesurées sur l'Observatoire

Fréquence du nombre de parcelles par classes de teneurs de P2O5 Olsen (mg/kg)

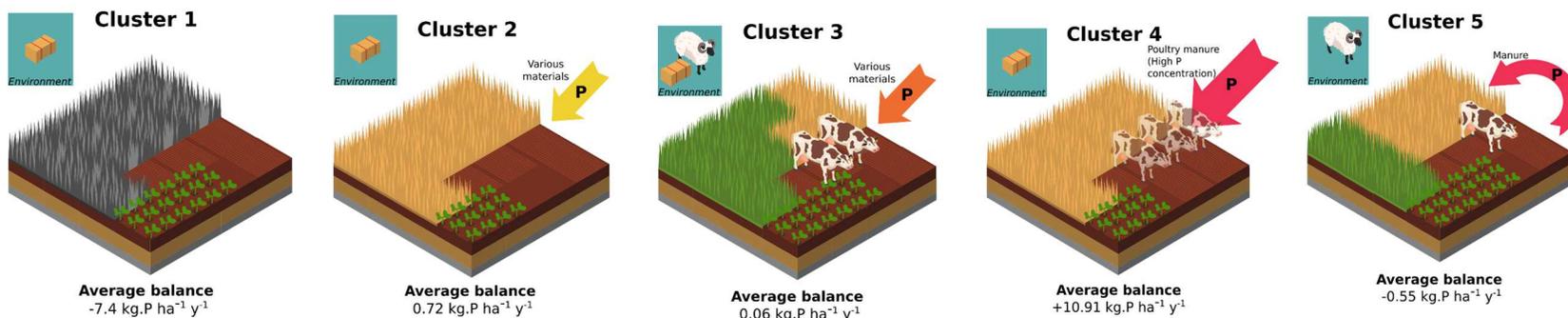


Moyenne 44 ppm
min : 10 ppm, max : 164 ppm

Selon type de sol, cultures peu exigeantes :

Seuil d'impasse entre 45 et 80 ppm
Seuil de renforcement entre 20 et 50 ppm

Les clusters ne sont pas corrélés avec les variations de teneur du sol en P biodisponible (P-Olsen)



Variable	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
Average annual rate of change of Olsen-P	+2.23 mg.P kg ⁻¹ an ⁻¹ (n=16)	+0.48 mg.P kg ⁻¹ an ⁻¹ (n=25)	-4.41 mg.P kg ⁻¹ an ⁻¹ (n=2)	-0.12 mg.P kg ⁻¹ an ⁻¹ (n=10)	+1.31 mg.P kg ⁻¹ an ⁻¹ (n=14)

Pas de relation entre les variations de teneur en P Olsen et les bilans/typologies :

- Les bilans quinquennaux ne suffisent pas à expliquer les variations de P Olsen --> Bilans cumulés sur 40-50 ans ?
- Incertitude et protocoles d'analyse des sols ?
- Les bilans de P dans le sol ne fournissent pas d'informations sur la disponibilité des excédents de P

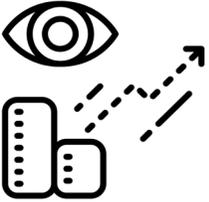
Utilisation d'un KeqP pour prendre en compte l' "efficacité" des engrais organiques en P ?

[absorption de P des engrais organiques par les cultures comparé à l'absorption de P des engrais minéraux solubles de type "superphosphate"]



Principaux enseignements de l'observatoire

- 
- Les données ont révélé une diversité de types de parcelles et de pratiques de gestion de la fertilité P
 - Notre analyse en groupes a permis d'identifier certaines combinaisons de facteurs déterminants
 - Les parcelles avec une fréquence élevée de cultures de légumineuses en rotation et aucun apport de P sont à **haut risque** pour la fertilité P du sol à long terme.
 - Les parcelles ayant les bilans de P les plus élevés dépendent d'importations de P exogène, même en présence de bétail -> une gestion de type conventionnel peut être utile pour maintenir les stocks de P du sol à long terme, **mais** au risque d'une fuite plus importante de P vers l'environnement + si l'AB se développe, il pourrait devenir difficile de maintenir les importations de P exogène (prix, disponibilité, ...).
 - La présence de bétail sur l'exploitation est souvent corrélée à une gestion équilibrée de l'état du P du sol.



Perspectives :

- D'autres recherches pourraient explorer l'influence des critères sociaux (par exemple, l'âge, l'éducation, la propriété de l'exploitation, l'esprit d'entreprise) sur les choix stratégiques des agriculteurs en matière de gestion du phosphore.
- Des stratégies visant à boucler les cycles de phosphore devraient être planifiées --> le recyclage des ressources en phosphore au sein du système alimentaire (par exemple les excréta humains et les biodéchets) est essentiel pour assurer la durabilité à long terme des systèmes d'agriculture biologique en matière de phosphore.