

Gradient et profondeur de prélèvement de terre en cas de non labour prolongée

RÉGNIEZ Émile (*AUREA*)

AUMOND Claire (*INVIVO*)

BOUTHIER Alain (*ARVALIS*)

DENOROY Pascal (*INRA*)

FÉLIX-FAURE Bruno (*GALYS*)

KALT Sébastien (*AUREA*)

LABREUCHE Jérôme (*ARVALIS*)

LE SOUDER Christine (*ARVALIS*)

MATHIEU Pascal (*CESAR*)

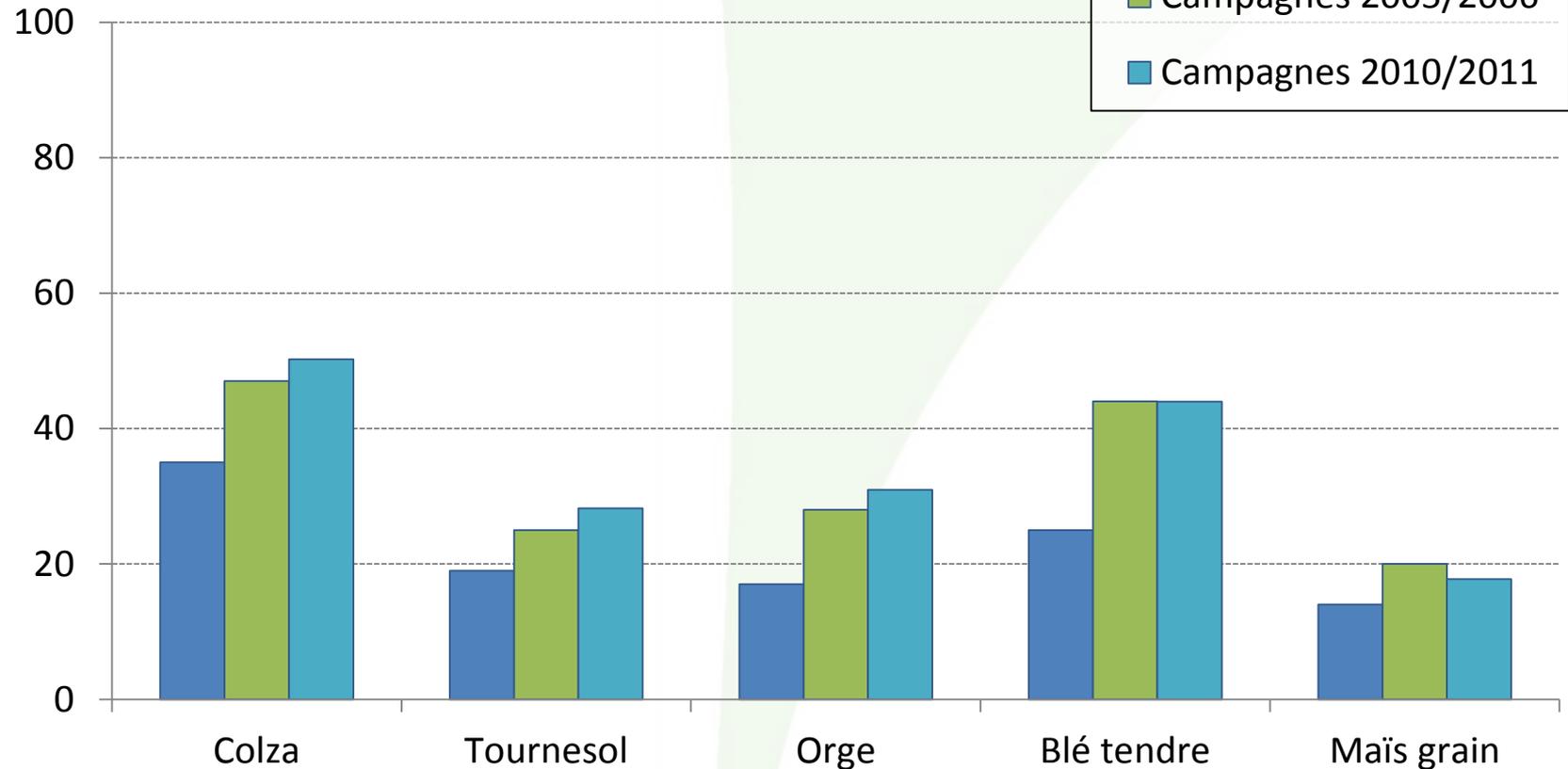
SERVAIN François (*LDAR*)

VALÉ Matthieu (*AUREA*)

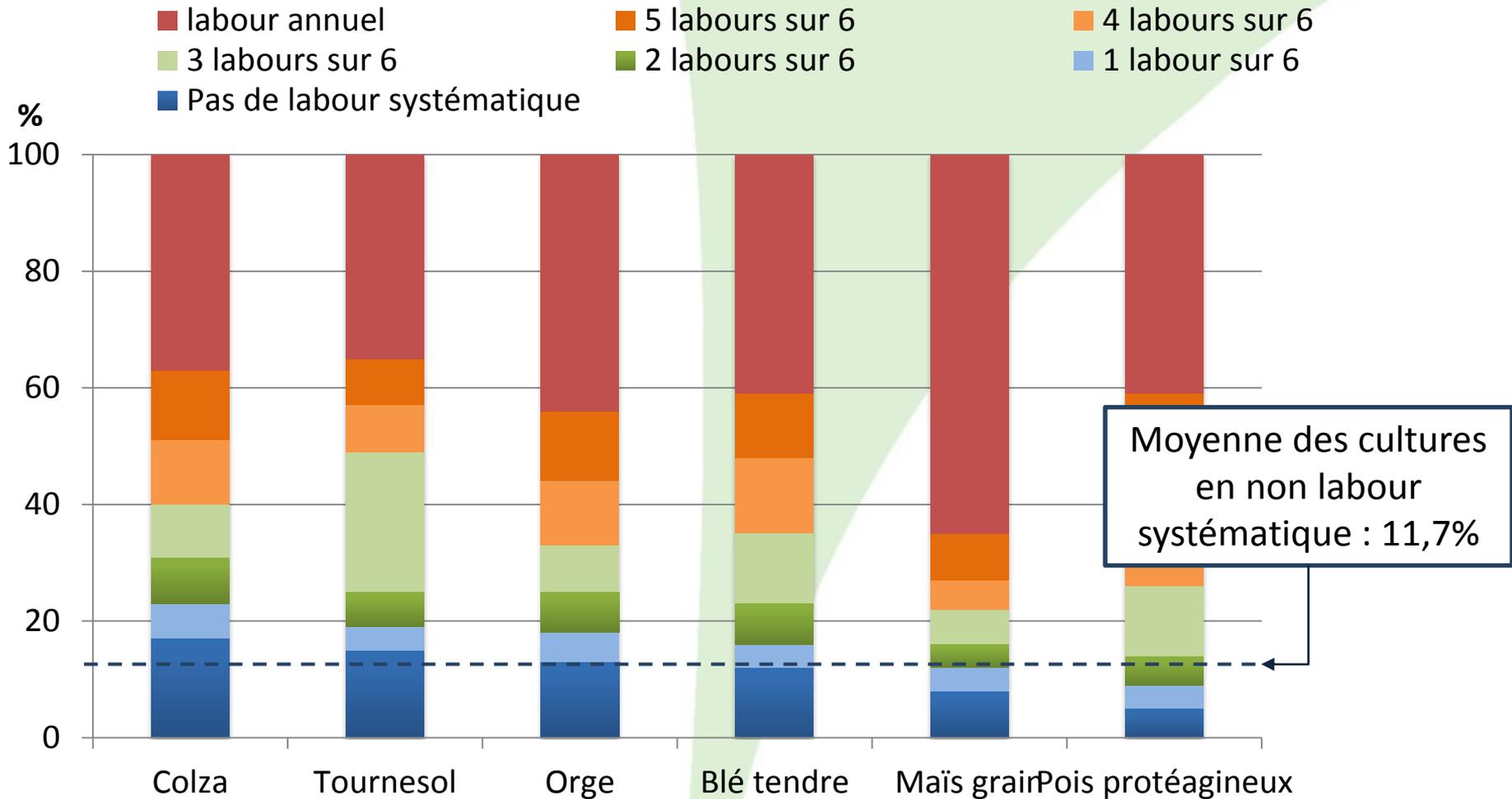
VERBEQUE Bernard (*CA Loiret*)

COMIFER PKMg – 23/03/16

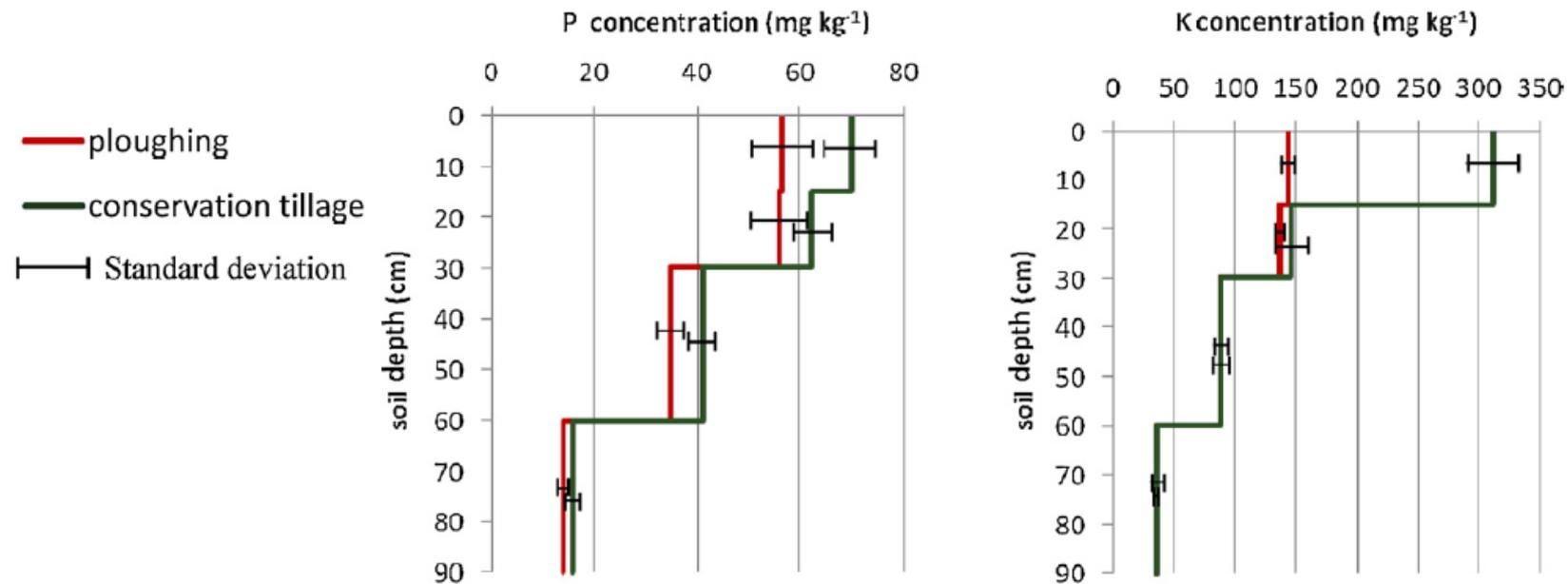
% des surfaces
implantées sans
labour



Pourcentage des surfaces implantées sans labour par culture en France
(Labreuche et al, 2014)



Nombre de labours de 2001 à 2006 selon la culture récoltée en 2006
(Labreuche et al, 2014)



Distribution du Phosphore (P) et Potassium (K) bio-disponible en fonction de la profondeur de sol et du mode de travail : ploughing (= labour) ; conservation tillage (= travail superficiel). (Deubel et al, 2011)

Conditions expérimentales

Bernburg, Saxe Anhalt, Allemagne	Tchernoziom (Argile riche en MO, P, K et oligo)
fertilisation minérale 2002 et 2006, dose : 45 kg P.ha ⁻¹ , 100 kg K.ha ⁻¹	travail superficiel (12-15 cm) / labour (20-30cm)
Arrêt du labour depuis 16 ans	Maïs G. - BTH - Orge H -colza H - BTH
Méthode d'extraction à l'eau	Prf. Prélevée (cm) : 0-5 ; 5-15 ; 15-30 ; 30-45 ; 45-60

Faut-il changer la profondeur de prélèvement en absence de labour et quel serait l'impact de ce changement sur l'interprétation agronomique ?

À partir de quand le gradient est-il statistiquement significatif ?

Quels sont les facteurs qui influencent la formation du gradient ?

Peut-on déterminer, *a priori*, si une parcelle est stratifiée ou non, s'il faut changer de profondeur de prélèvement ou non ?

Détermination d'un seuil de significativité du gradient par test statistique

Évaluation de la répercussion des facteurs sur la formation d'un gradient, à partir :

- De la bibliographie
- De deux jeux de données : 1 essai travail du sol + 1 réseau de parcelles

Formalisation d'un outil d'aide à l'identification des situations avec gradient

Essai travail du sol (Boigneville)

Site expérimental

- 1970-2015
- Néoluvisol
- Rotation : Maïs-blé H



3 modalités de travail du sol

- Labour : 20 cm
 - Travail superficiel (TS) : 10 puis 5 cm
 - Semis-direct (SD)
- } TCS

Prélèvement

- Couches prélevées : tranche de 5 cm jusqu'à 35 cm de profondeur

Analyses physico-chimiques

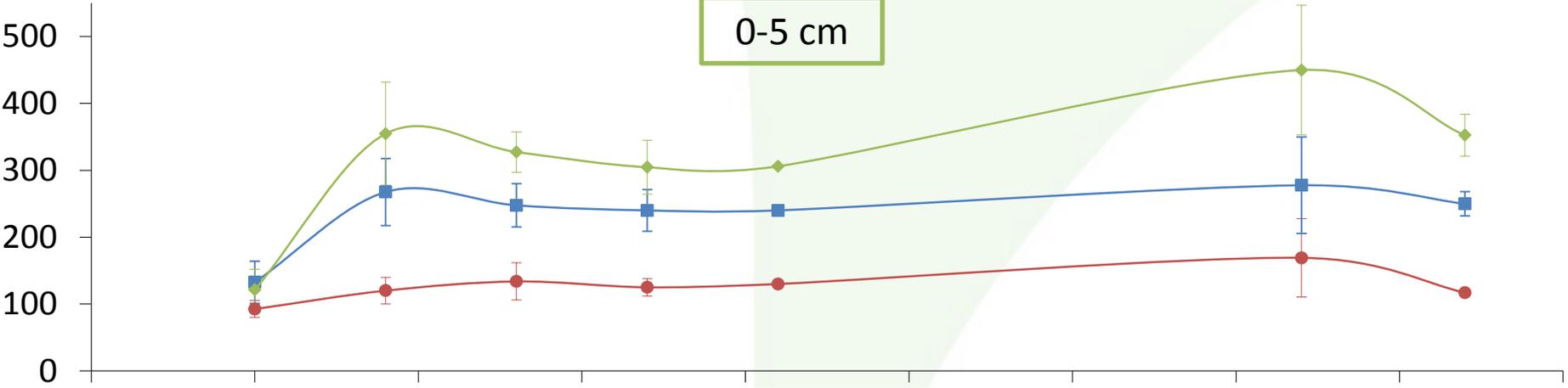
- P_2O_5 (Joret-Hébert et Olsen), K_2O , MgO , CaO (échangeables)
- Tous les 4 ans jusqu'en 1986, 2002, 2007
- Composition du sol et des plantes

Évolution du P₂O₅ Joret-Hébert dans le temps selon le travail du sol

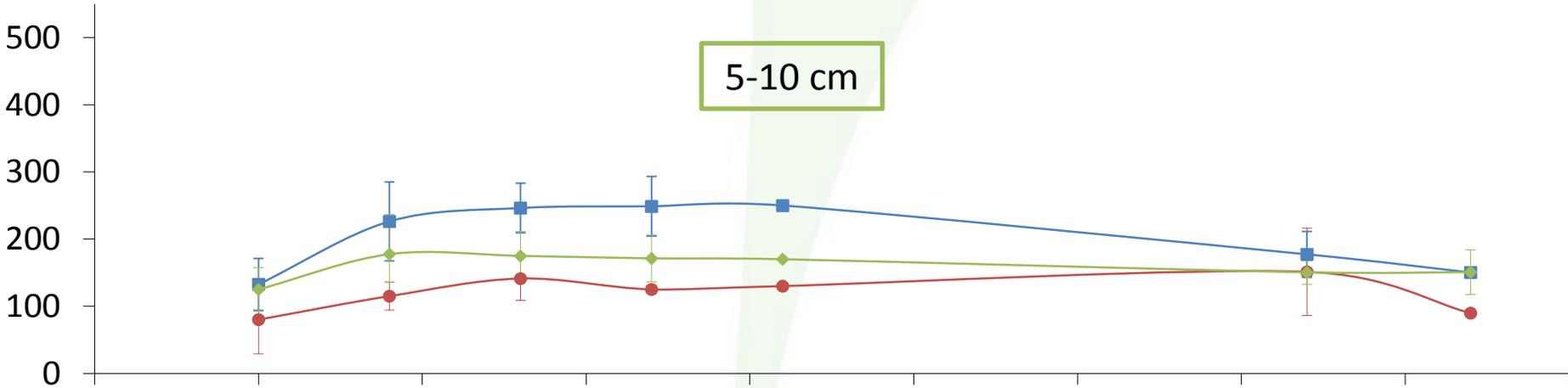
P₂O₅ J.-H.
(ppm)



0-5 cm

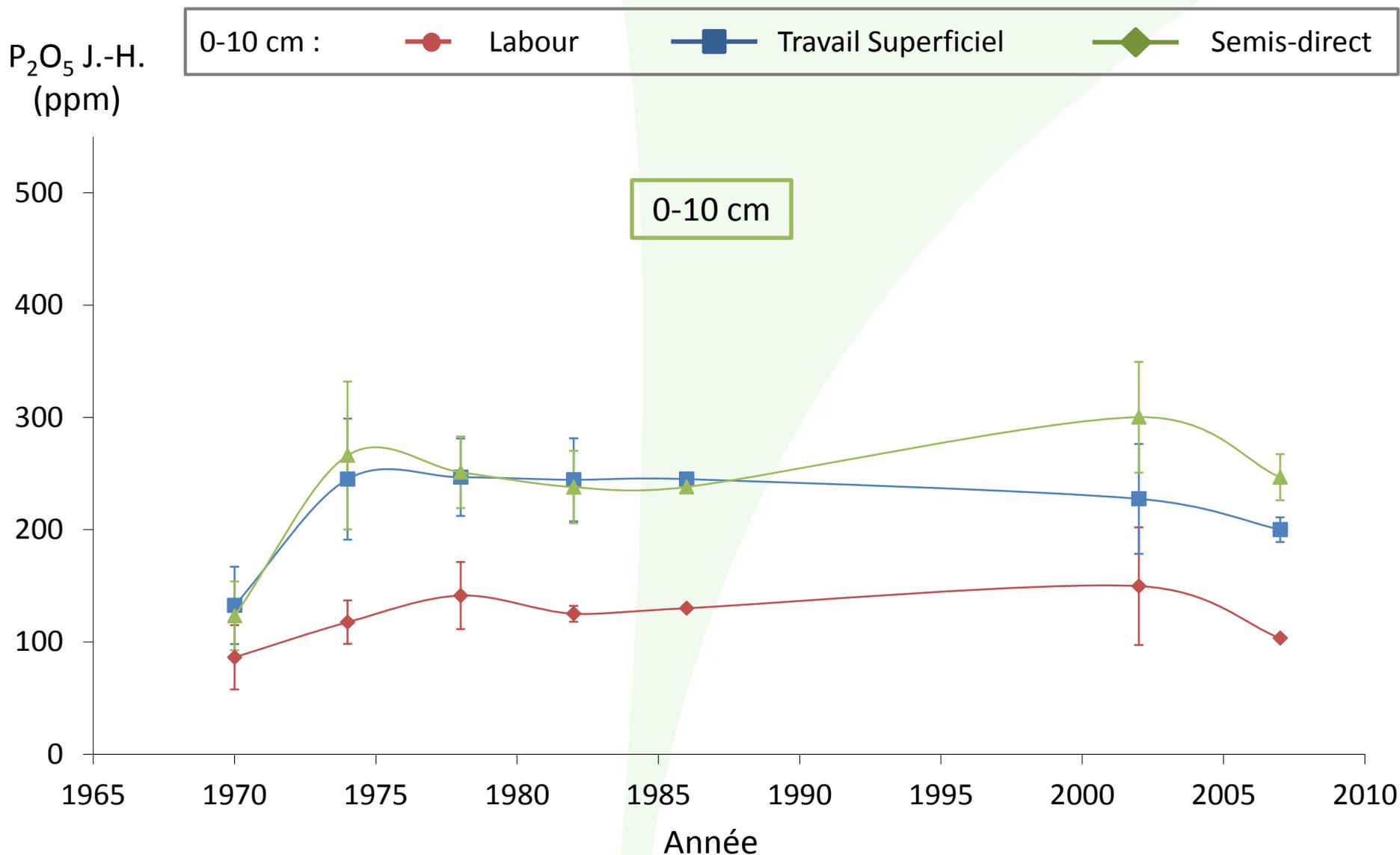


5-10 cm

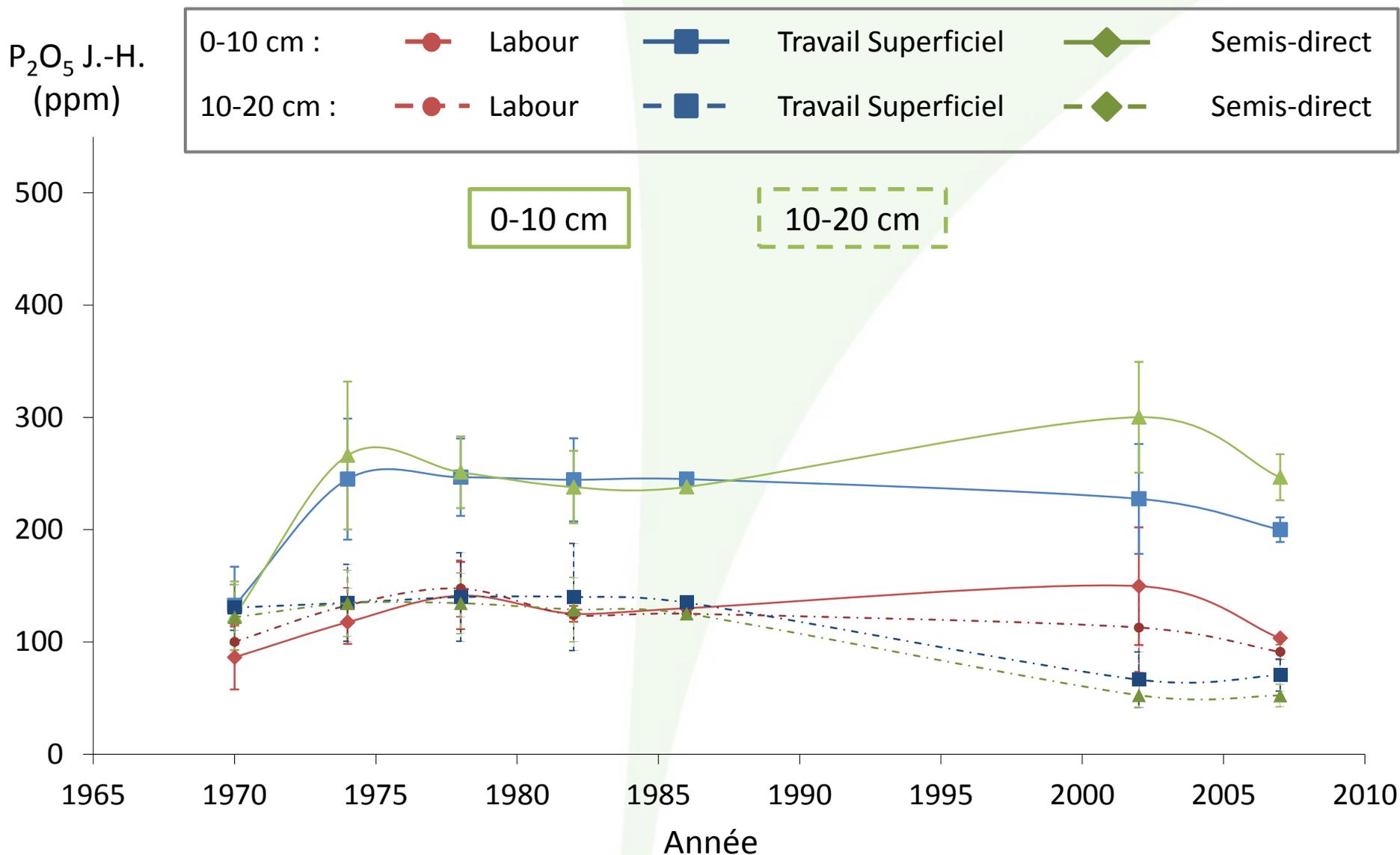


1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010
Année

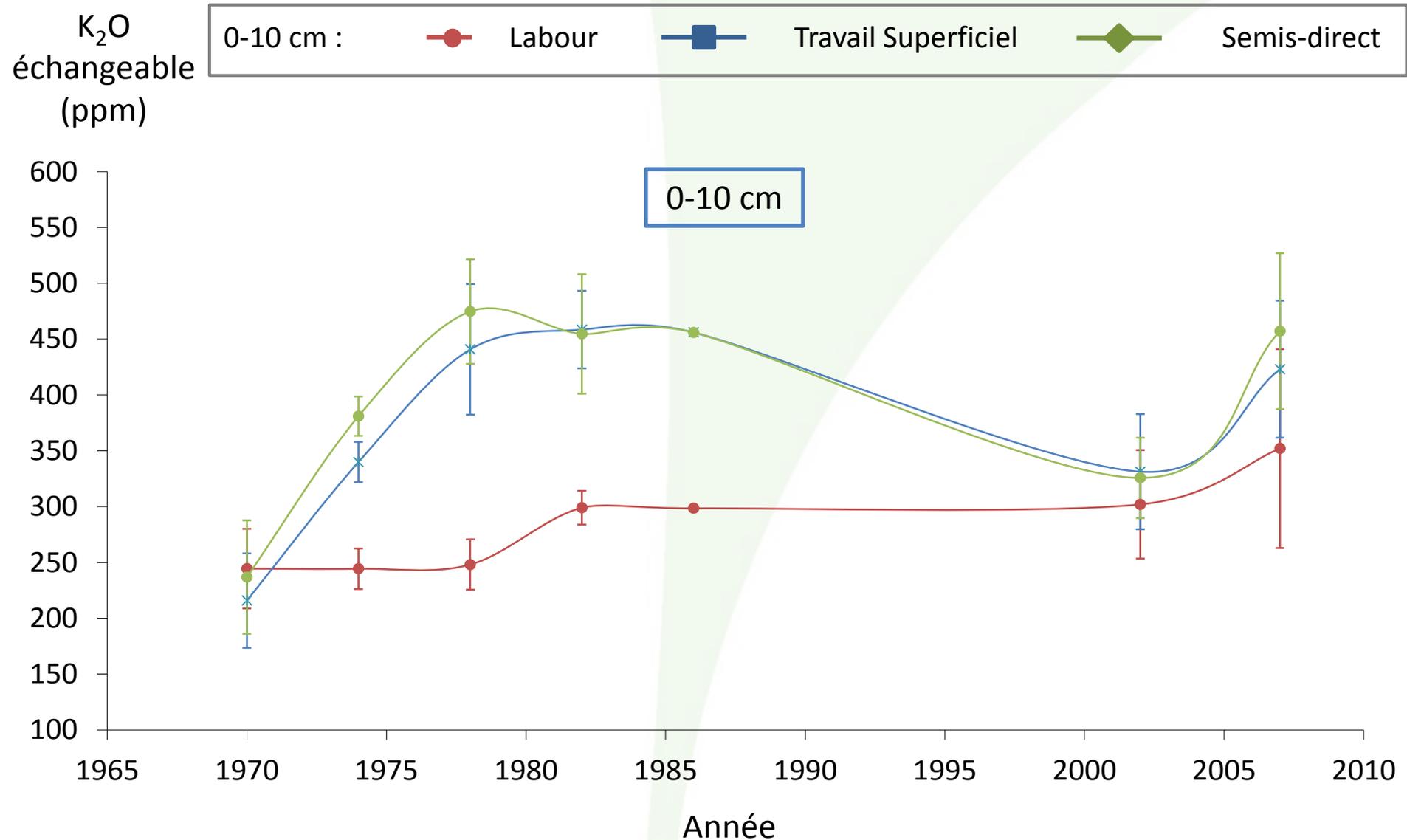
Évolution du P_2O_5 Joret-Hébert dans le temps selon le travail du sol



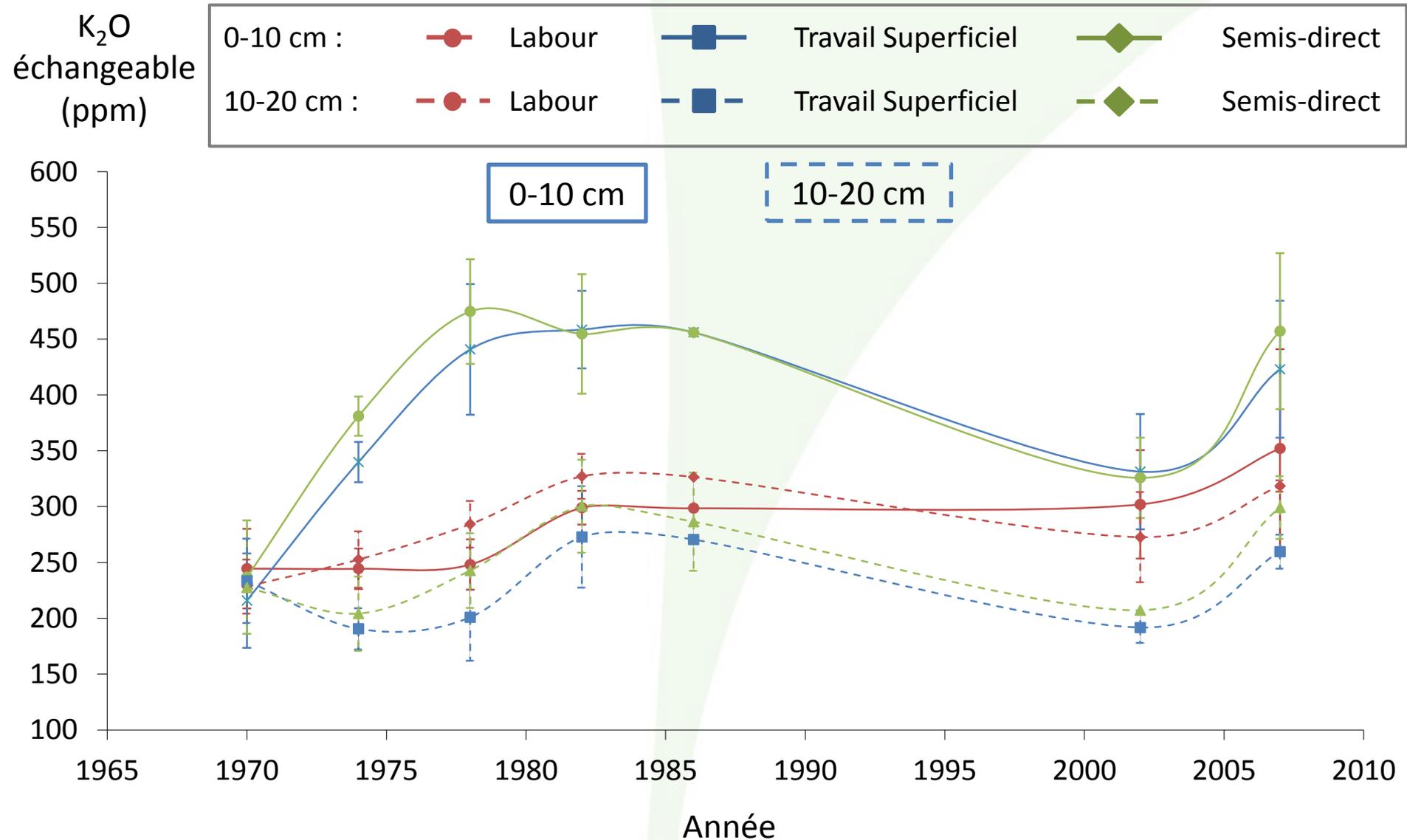
Évolution du P₂O₅ Joret-Hébert dans le temps selon le travail du sol



Évolution du K₂O échangeable dans le temps selon le travail du sol

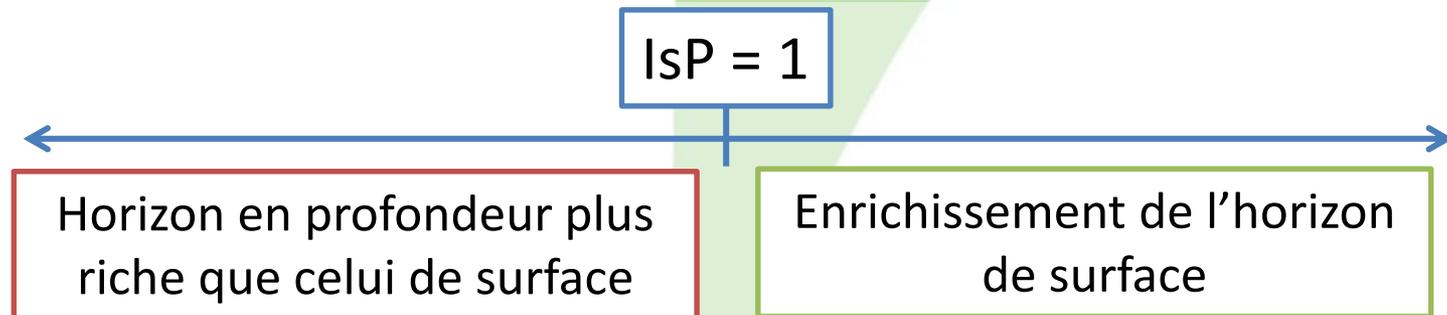


Évolution du K₂O échangeable dans le temps selon le travail du sol



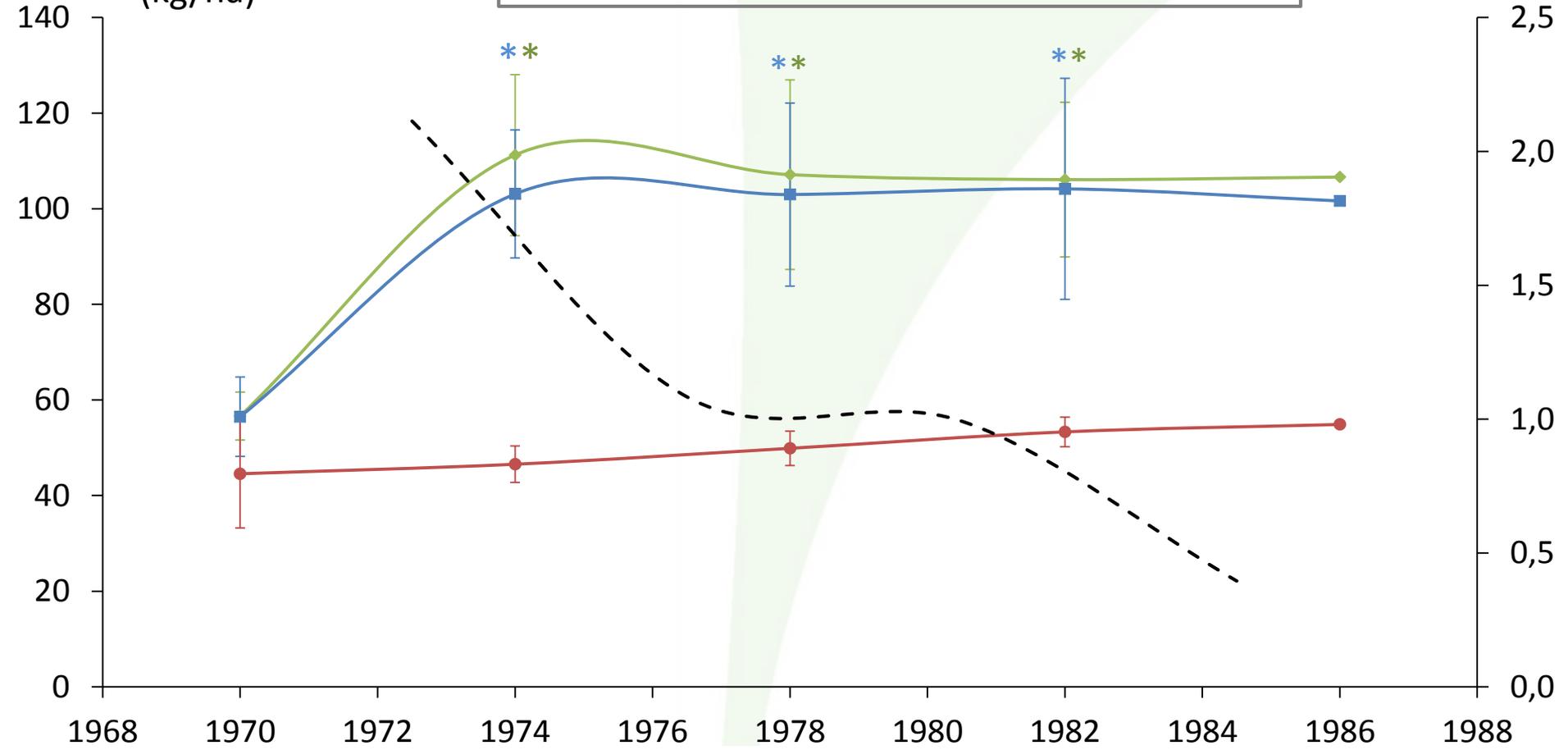
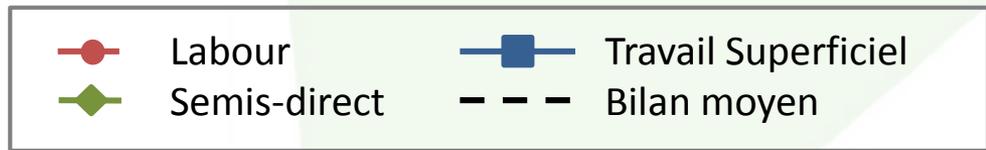
Mise en place d'un indice de stratification (I_s)

$$I_s = \frac{\text{teneur à } 0 - 10 \text{ cm de profondeur}}{\text{teneur à } 10 - 20 \text{ cm de profondeur}}$$



Évolution du bilan et des Is du phosphore

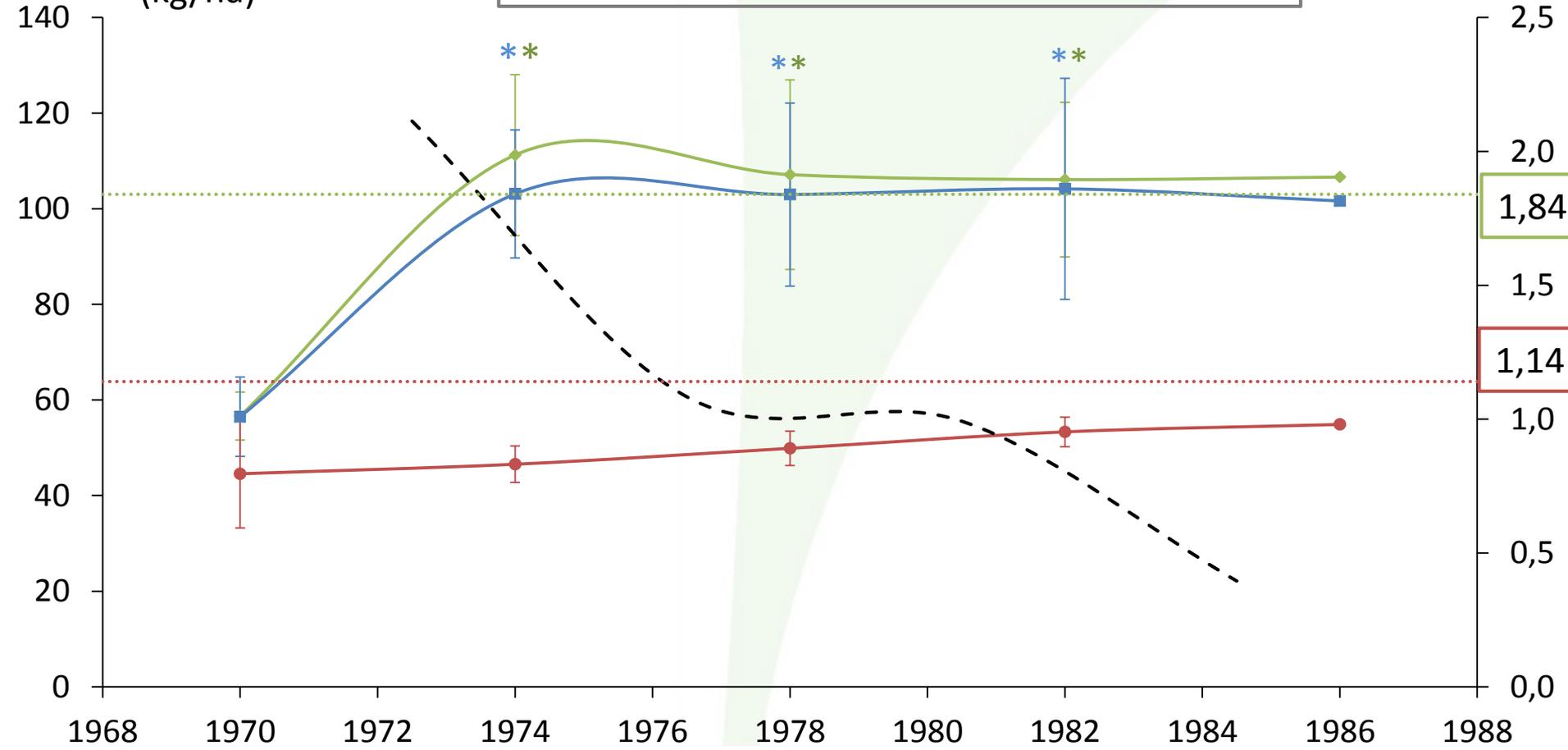
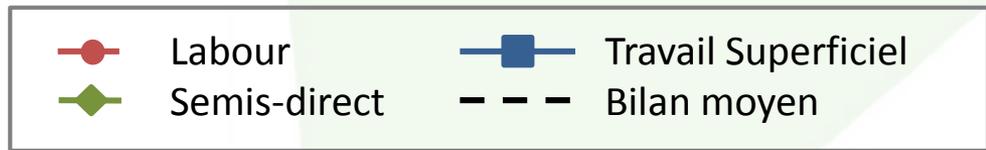
Bilan moyen en P_2O_5
par intervalle de 4 ans
(kg/ha)



* : Différence significative entre les teneurs à 0-10 et à 10-20: TCS; SD

Évolution du bilan et des Is du phosphore

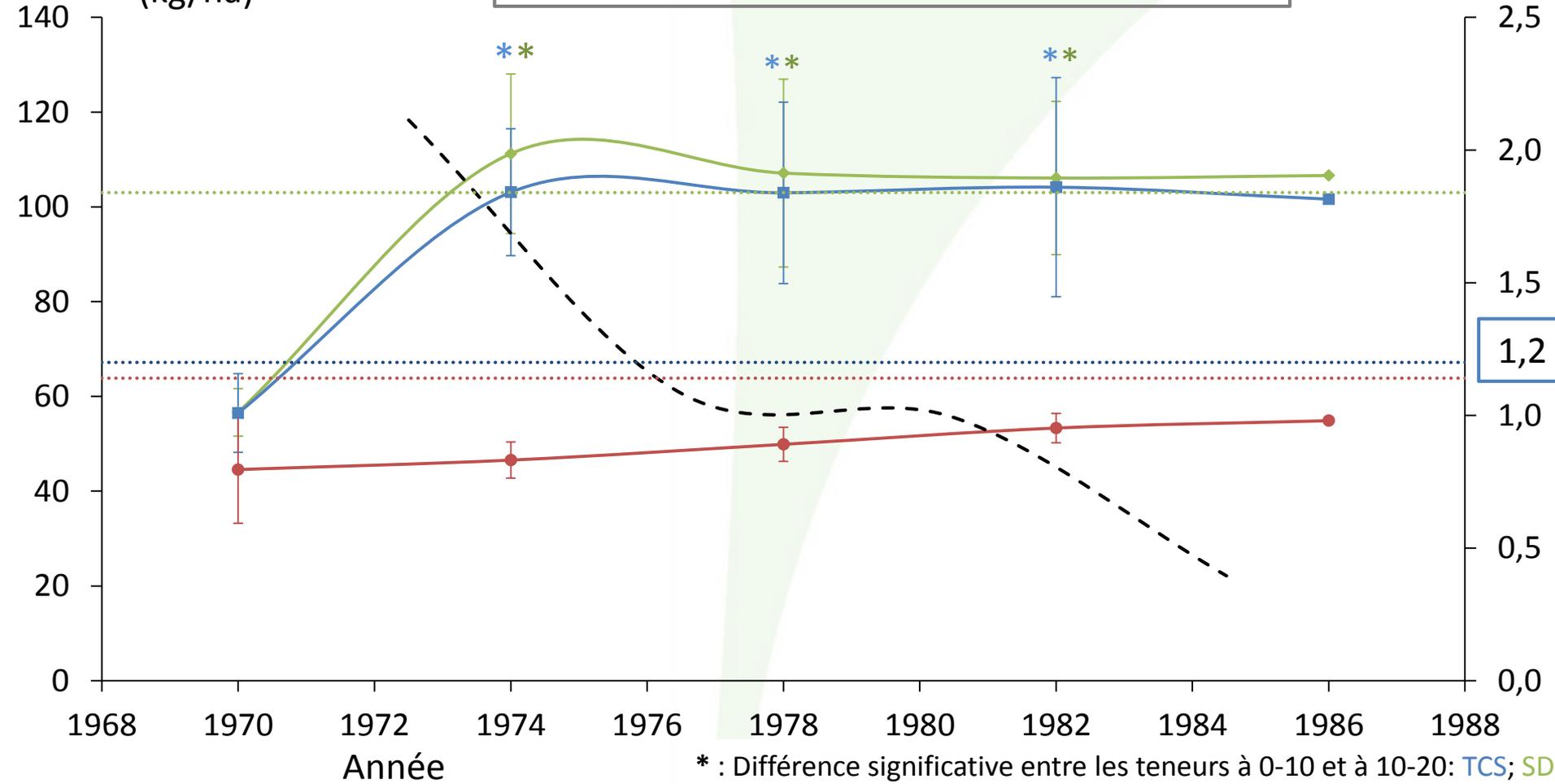
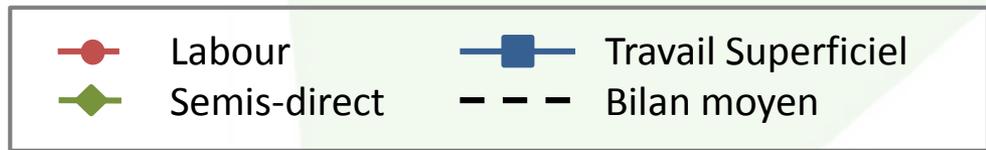
Bilan moyen en P_2O_5
par intervalle de 4 ans
(kg/ha)



* : Différence significative entre les teneurs à 0-10 et à 10-20: TCS; SD

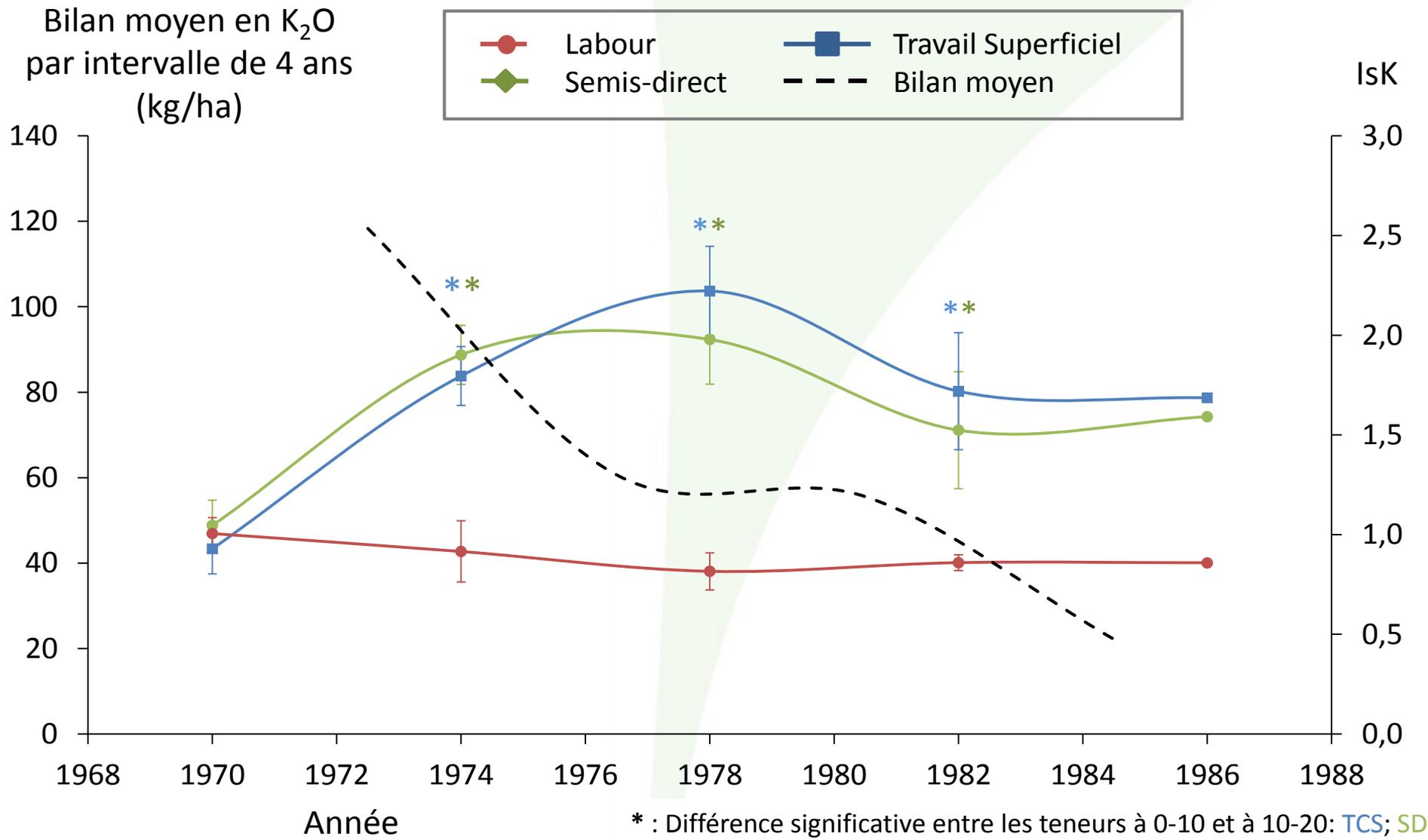
Évolution du bilan et des Is du phosphore

Bilan moyen en P_2O_5
par intervalle de 4 ans
(kg/ha)

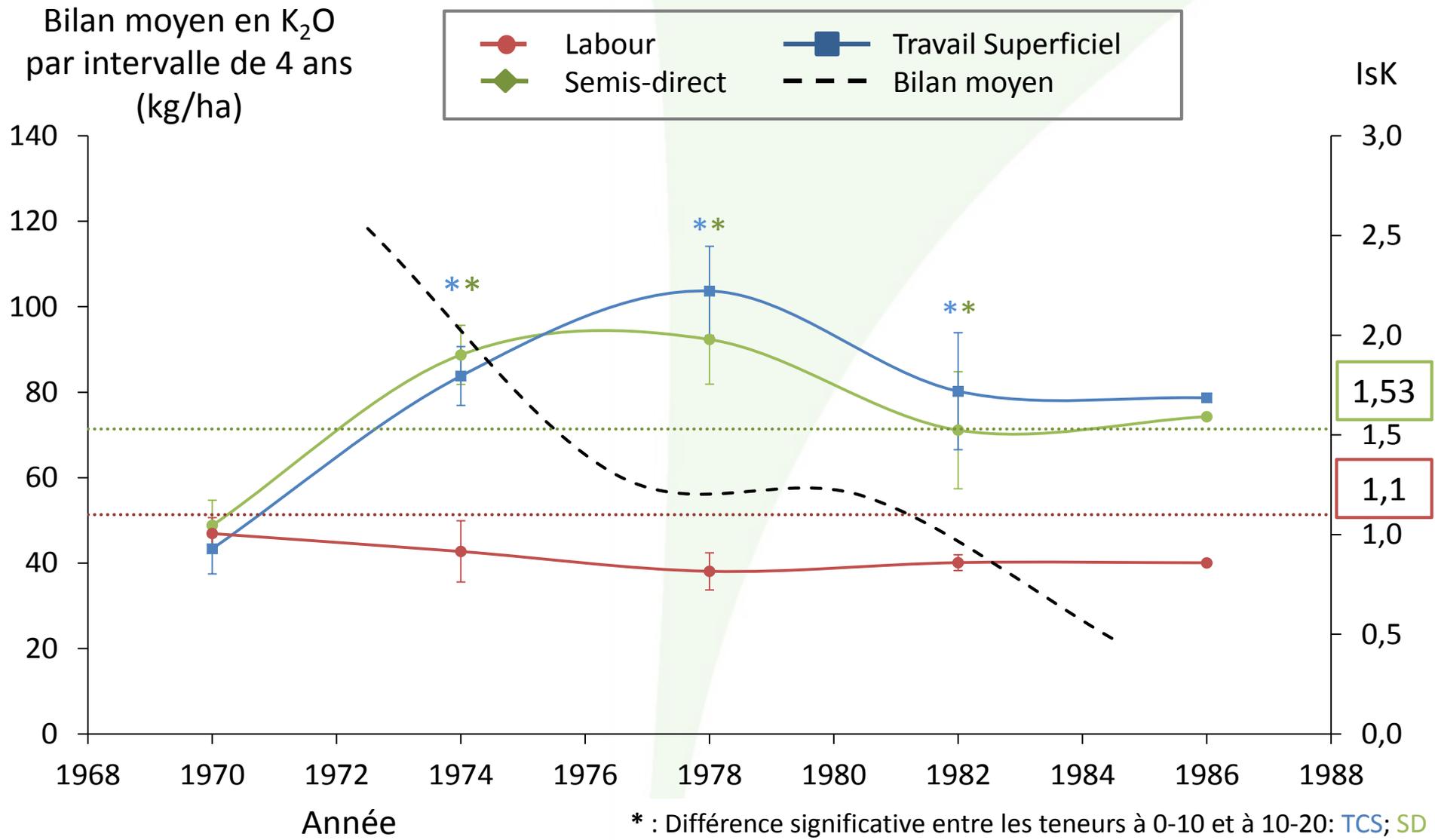


* : Différence significative entre les teneurs à 0-10 et à 10-20: TCS; SD

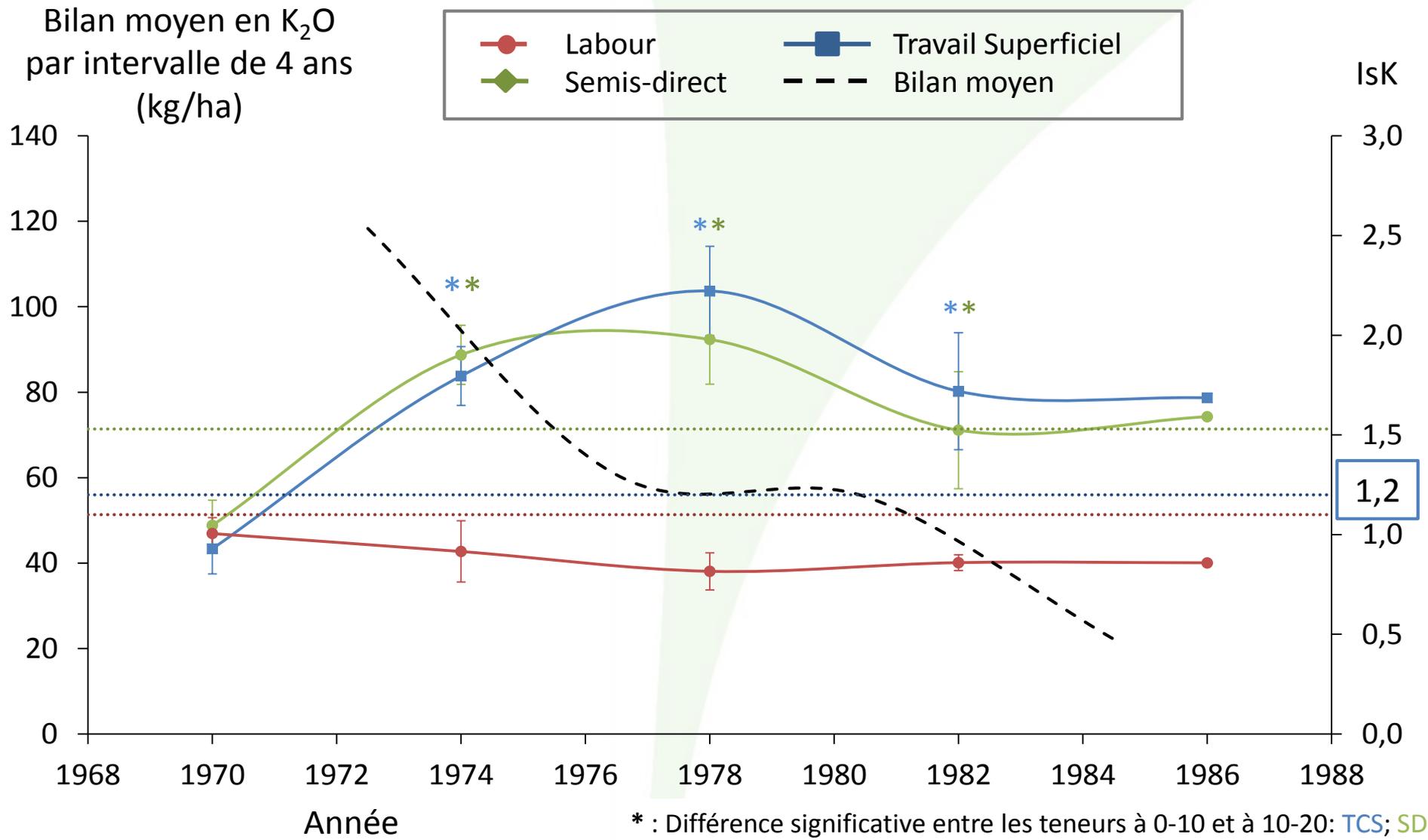
Évolution du bilan et des Is du potassium



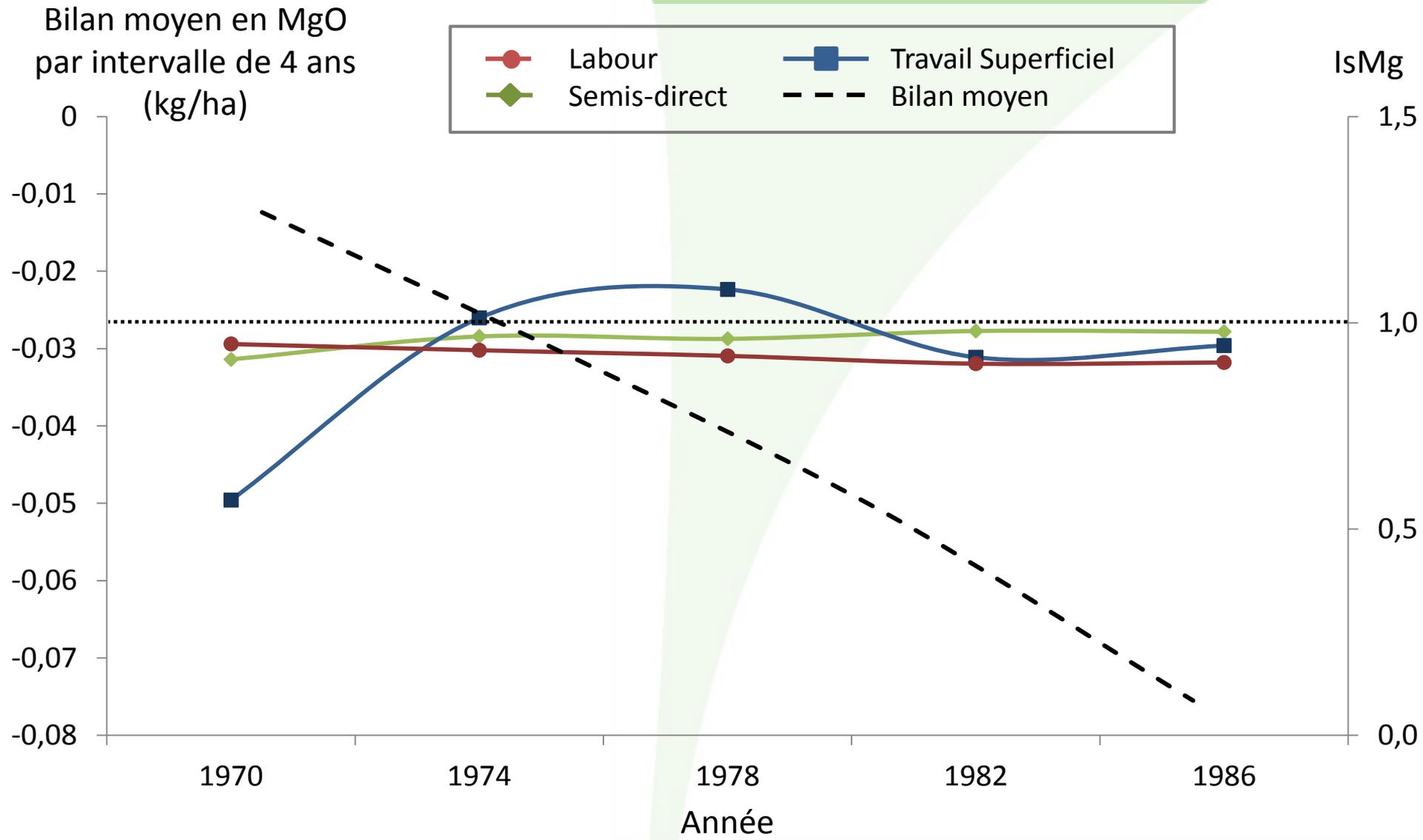
Évolution du bilan et des Is du potassium



Évolution du bilan et des Is du potassium

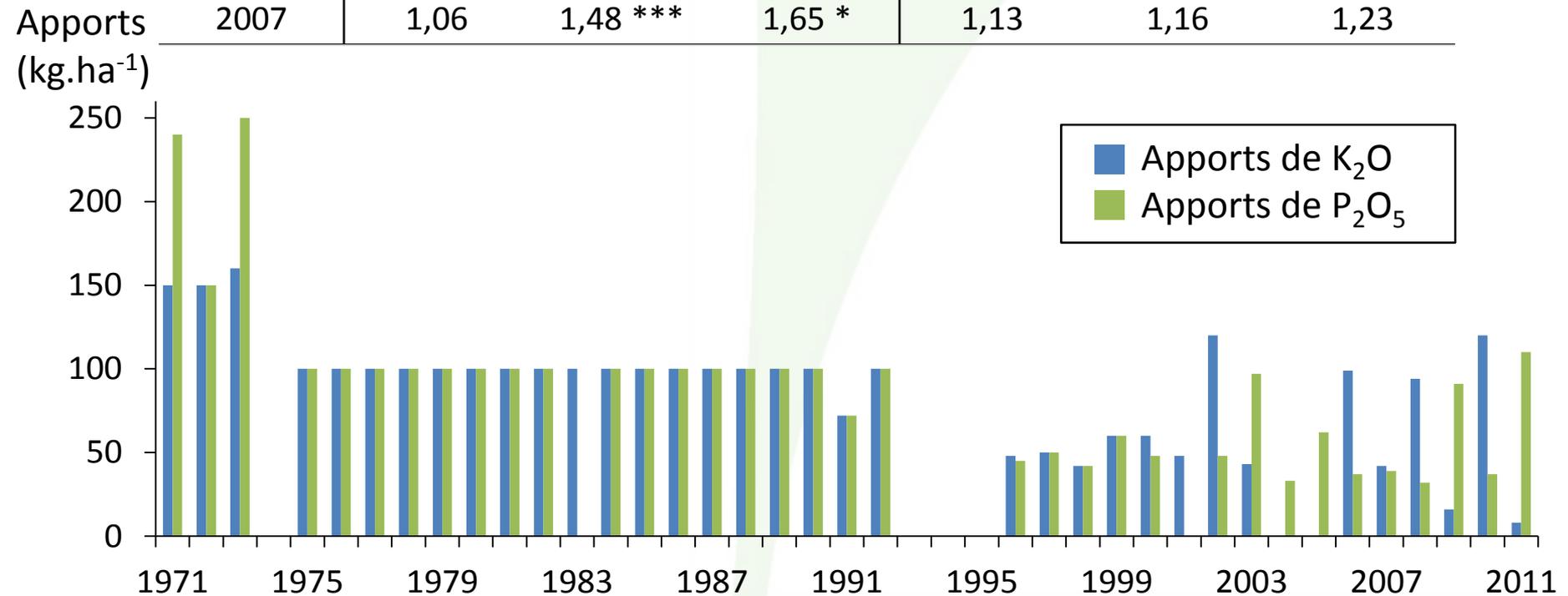


Évolution du bilan et des Is de la magnésie



L'horizon de surface par rapport à l'horizon « classique »

Année	P ₂ O ₅ [0-10] / P ₂ O ₅ [0-20]			K ₂ O[0-10] / K ₂ O[0-20]		
	Labour	TS	SD	Labour	TS	SD
1970	0,93	1,01	1,01	1,03	0,96	1,02
1974	0,94	1,29 *	1,33 *	0,98	1,28 ***	1,30 ***
1978	0,98	1,28 **	1,30 **	0,94	1,37 ***	1,32 ***
1982	1,01	1,27 *	1,30 **	0,96	1,25 ***	1,20 **
2007	1,06	1,48 ***	1,65 *	1,13	1,16	1,23



Profondeur de prélèvement (P, K)

- Pour le P : prélèvement à 0-10 cm, atténuation de la différence des teneurs à 0-5 cm entre SD et TCS
- Pour le K : pas de différences marquantes entre SD et TCS sur les 10 premiers cm
- Horizon de surface plus riche au bout de 4 ans par rapport à l'horizon « classique », mais que pour des apports importants

Formation du gradient (P, K, Mg)

- P et K : enrichissement significative de la surface par rapport à la profondeur au bout de 4 ans avec fertilisation
- Mg : Pas d'enrichissement de surface, mais pas de fertilisation magnésique

Gradient significatif

- Pour un indice de stratification du P et du K de 1,2 (soit 2x incertitude à 10%), aussi bien pour 10-20 que pour 0-20

Parcelles prélevées en 2015

- Environ 10 par laboratoire, total : 64

Critères de sélection

- non labour depuis au moins 3 ans
- Contextes pédoclimatiques variés
- Différents itinéraires techniques

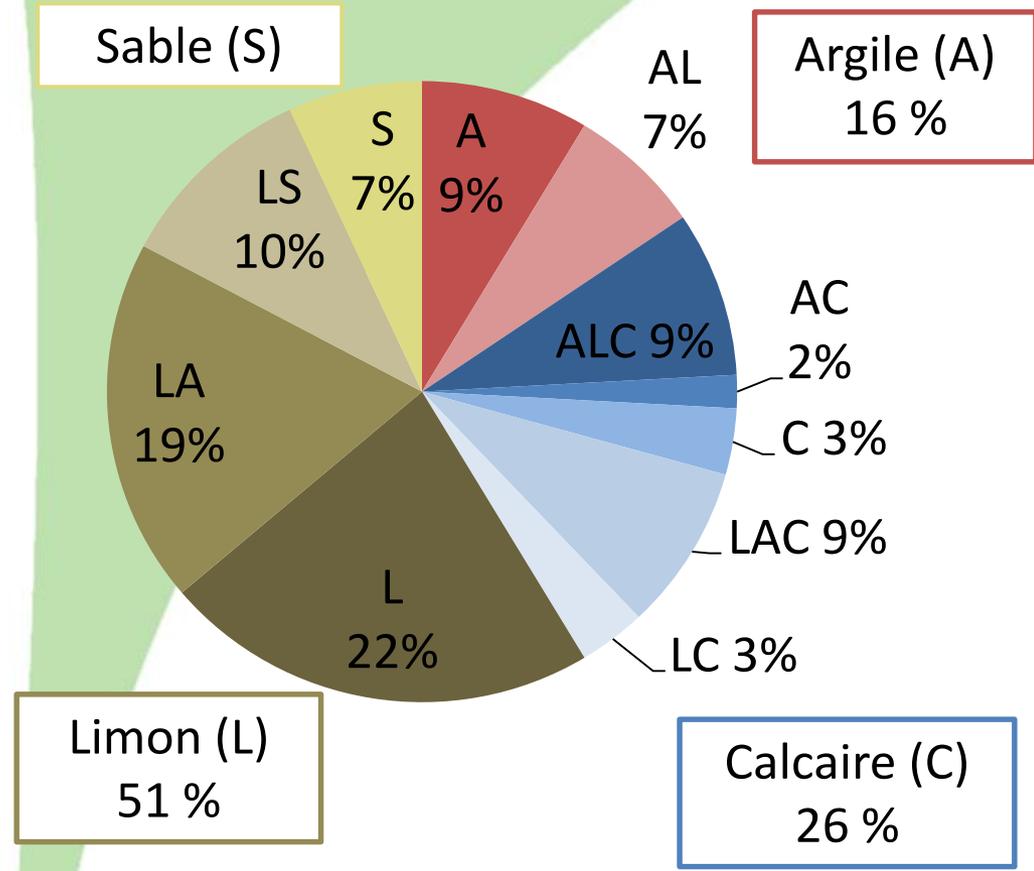
Prélèvements

- Classique : 0-20 cm
- Stratifié : 0-10 et 10-20 cm

Analyses physico-chimiques

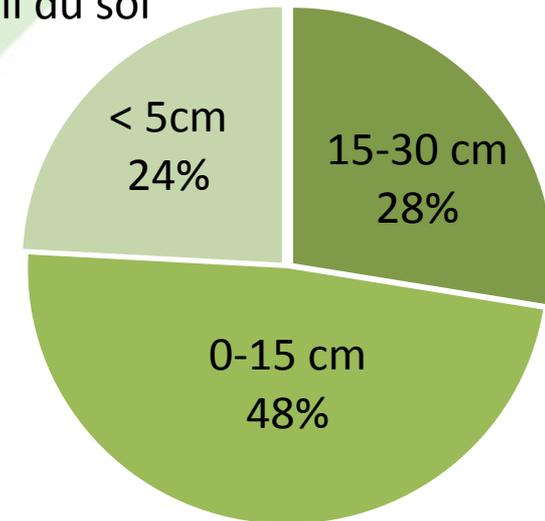
- Corg ; N total ; P_2O_5 Olsen ; K_2O , MgO et CaO échangeables ; pH_{eau} ; CEC Metson
- Analyse granulométrique seulement sur la couche 0-20 cm





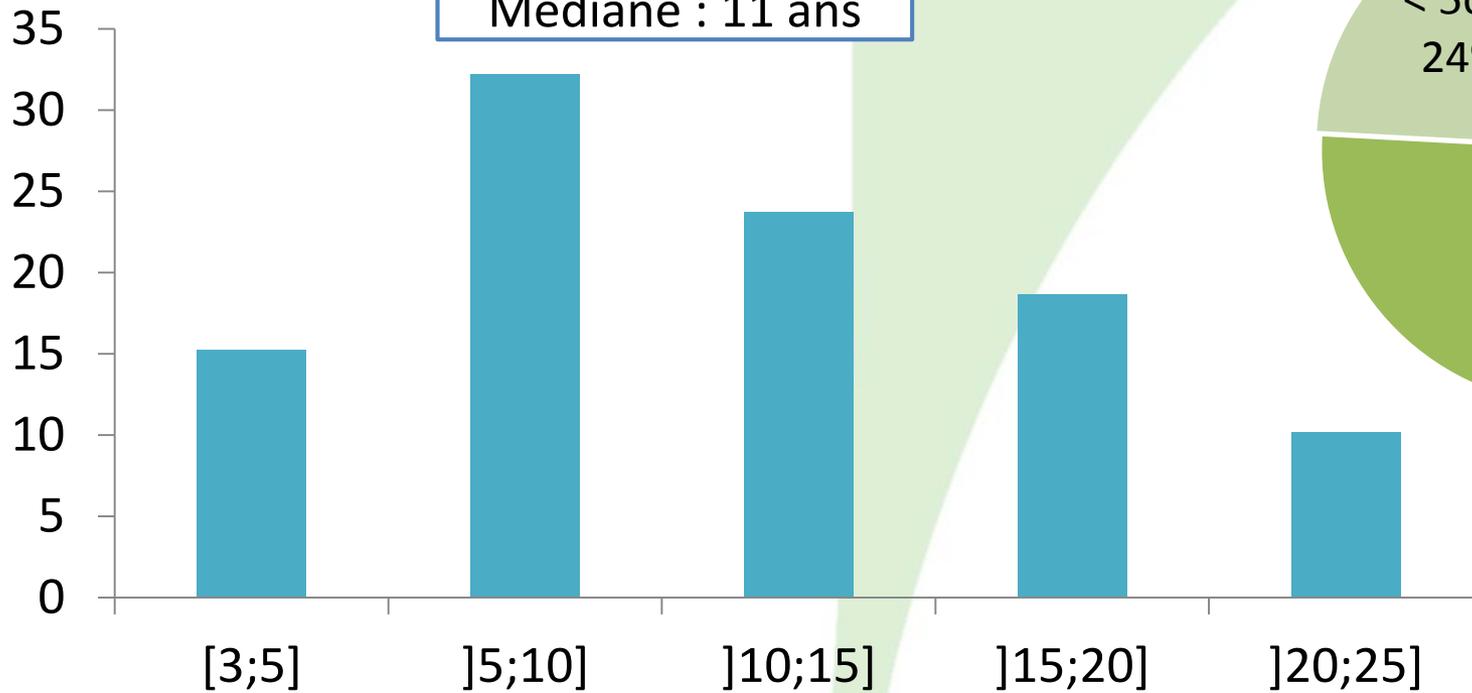
Profondeur de travail et âge du système

% de parcelles selon la profondeur de travail du sol



Moyenne : 13 ans
Médiane : 11 ans

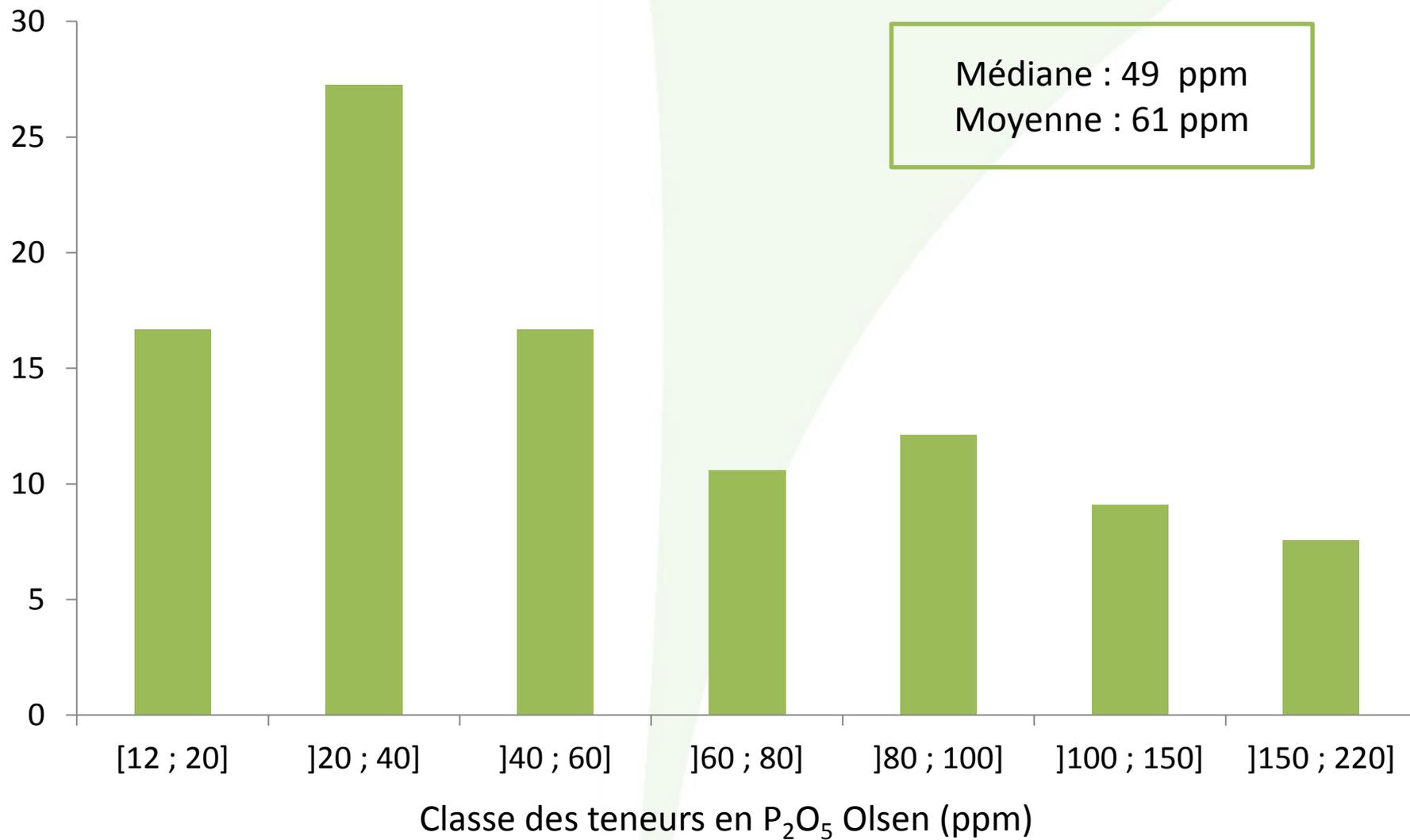
% de parcelles



nombre d'années depuis l'arrêt du labour

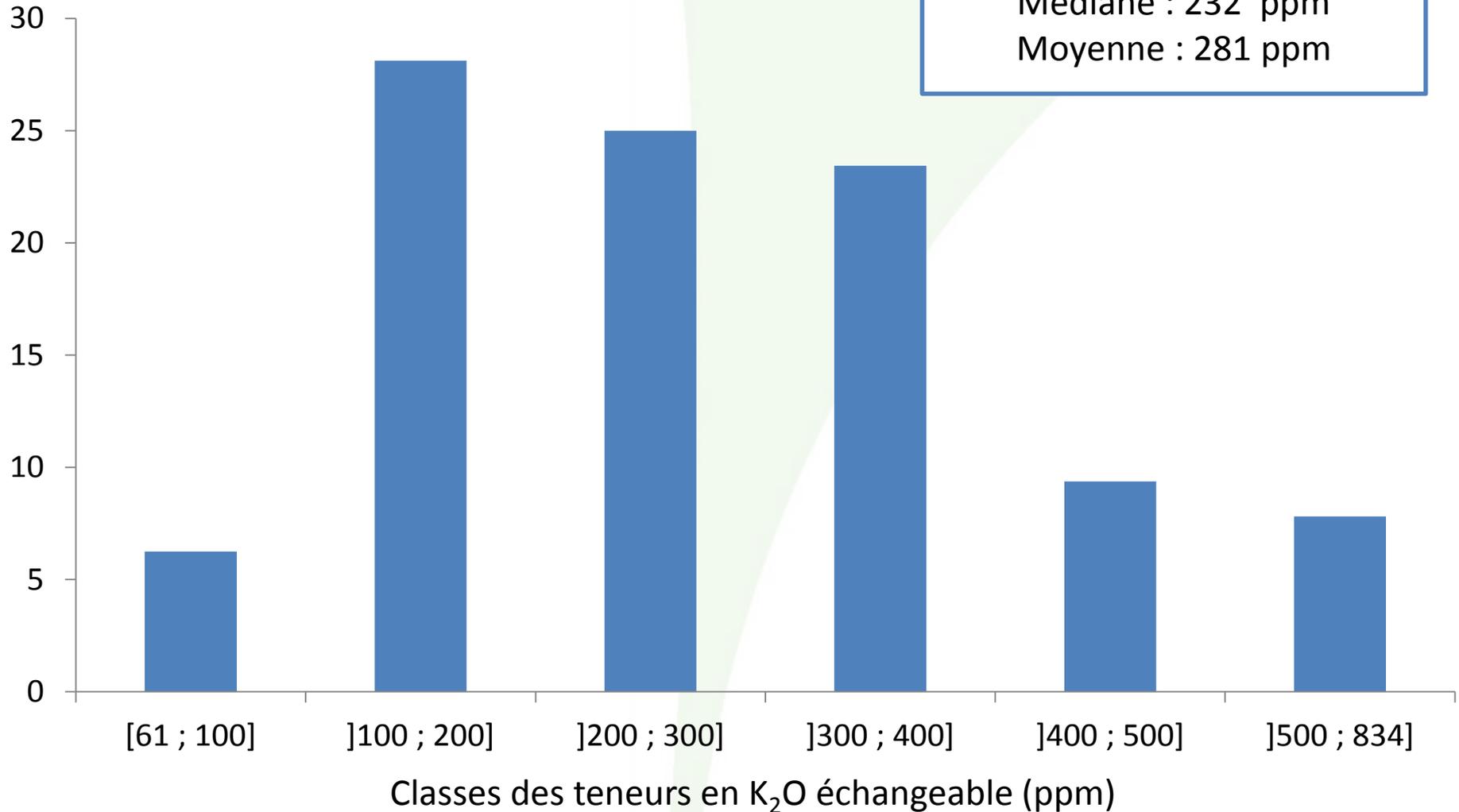
Répartition des teneurs en P_2O_5 Olsen

% de parcelles

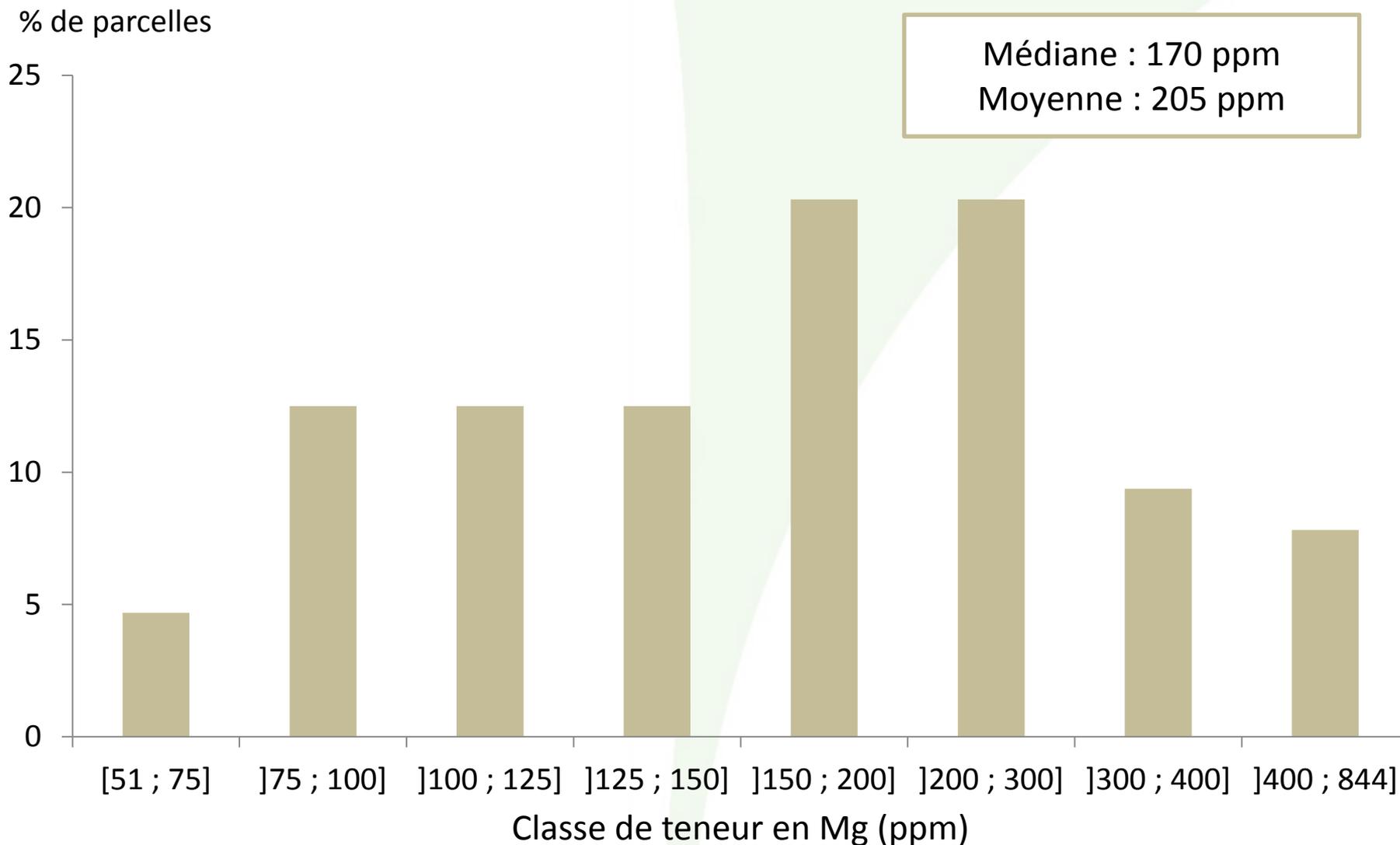


Répartition des teneurs en K_2O échangeable

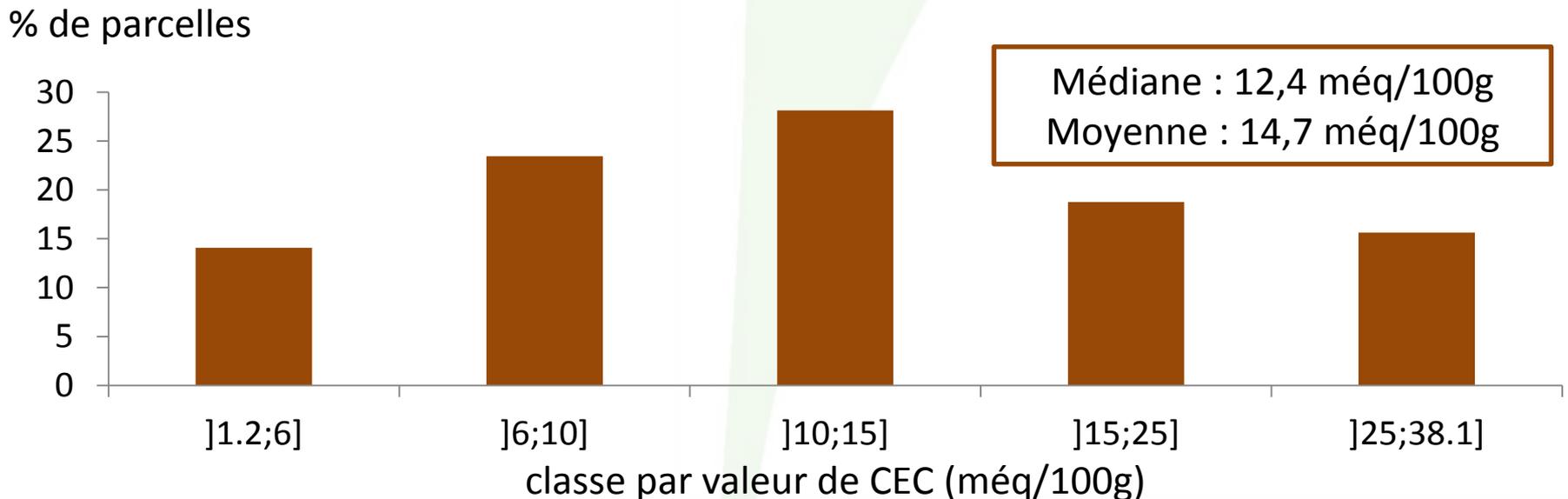
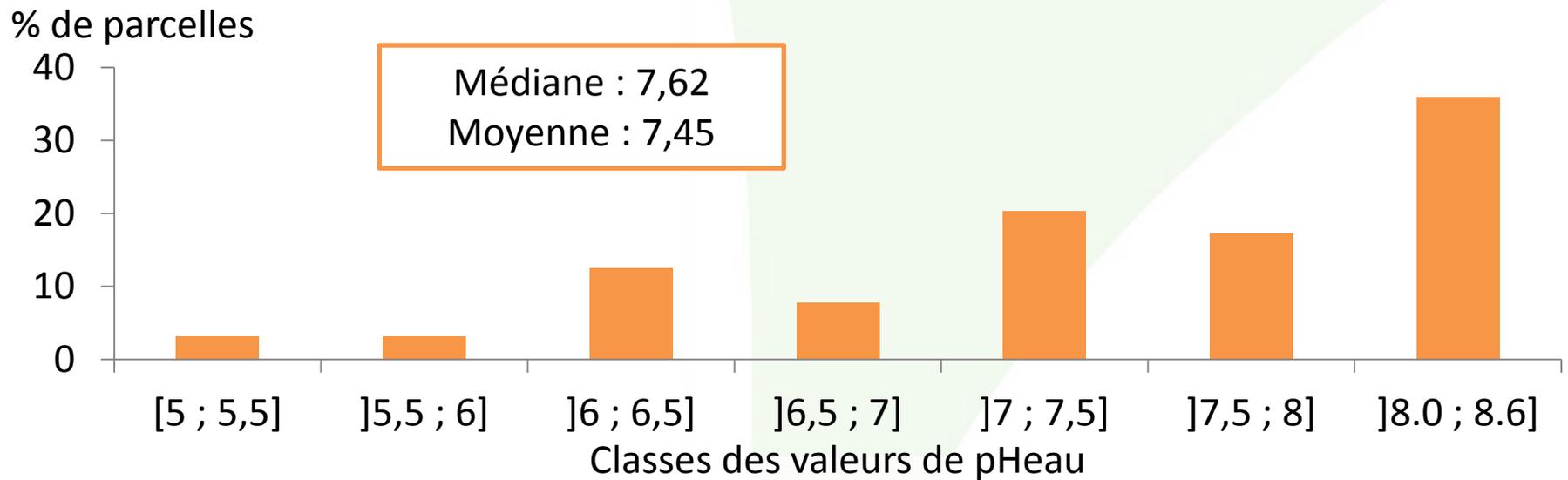
% de parcelles



Répartition des teneurs en MgO échangeable



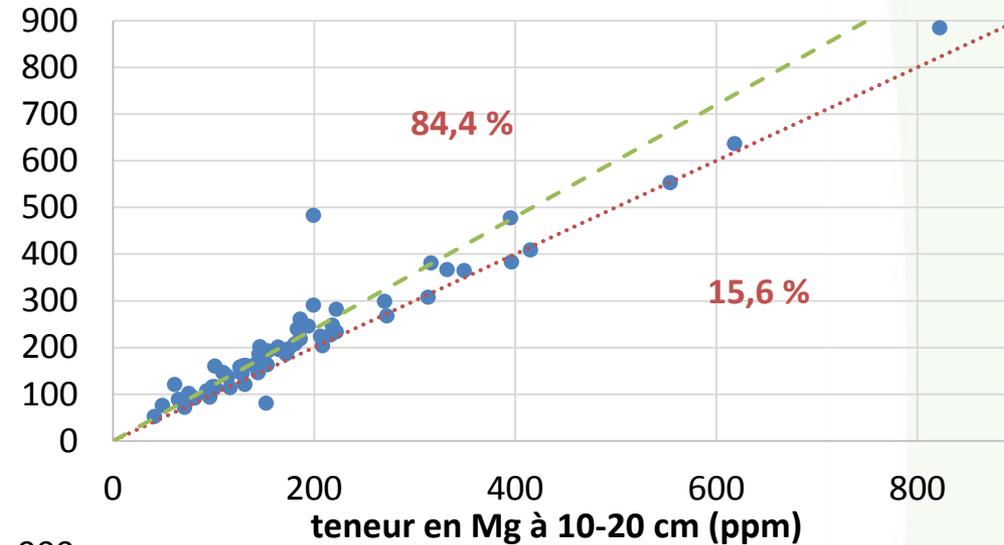
Répartition du pH_{eau} et de la CEC Metson



	Indice de stratification	valeur minimale	moyenne	médiane	valeur maximale	% de parcelles $\geq 1,2$
10-20	P_{0-10} / P_{10-20}	0,60	1,50	1,32	6,25	62
	K_{0-10} / K_{10-20}	0,60	1,38	1,36	3,73	67
	Mg_{0-10} / Mg_{10-20}	0,53	1,19	1,15	2,43	41
0-20	P_{0-10} / P_{0-20}	0,65	1,17	1,14	2,16	33
	K_{0-10} / K_{0-20}	0,57	1,26	1,19	2,44	48
	Mg_{0-10} / Mg_{0-20}	0,78	1,08	1,08	1,50	9

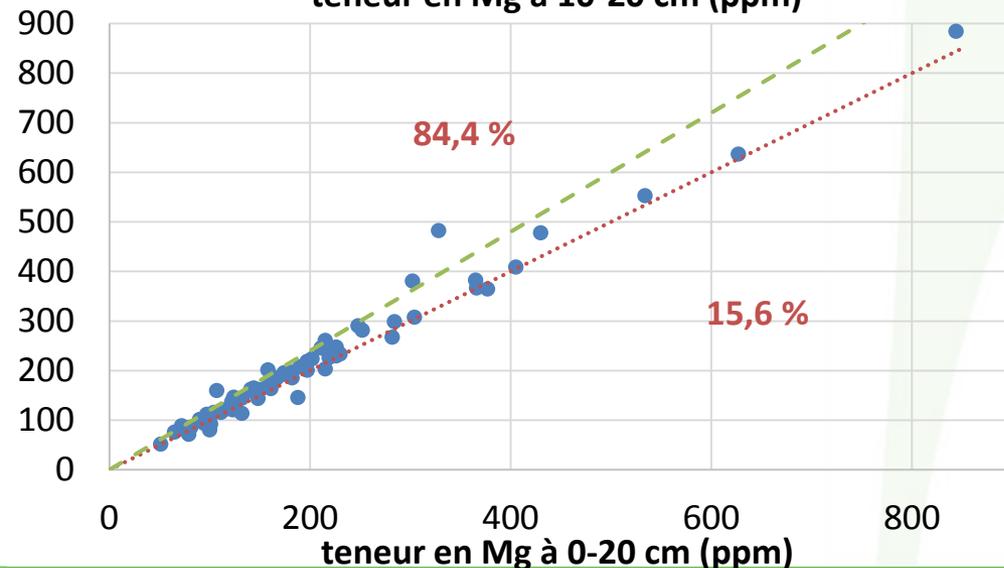
Répartition du MgO dans les sols du réseau

teneur en MgO à
0-10 cm (ppm)



$$y = x$$

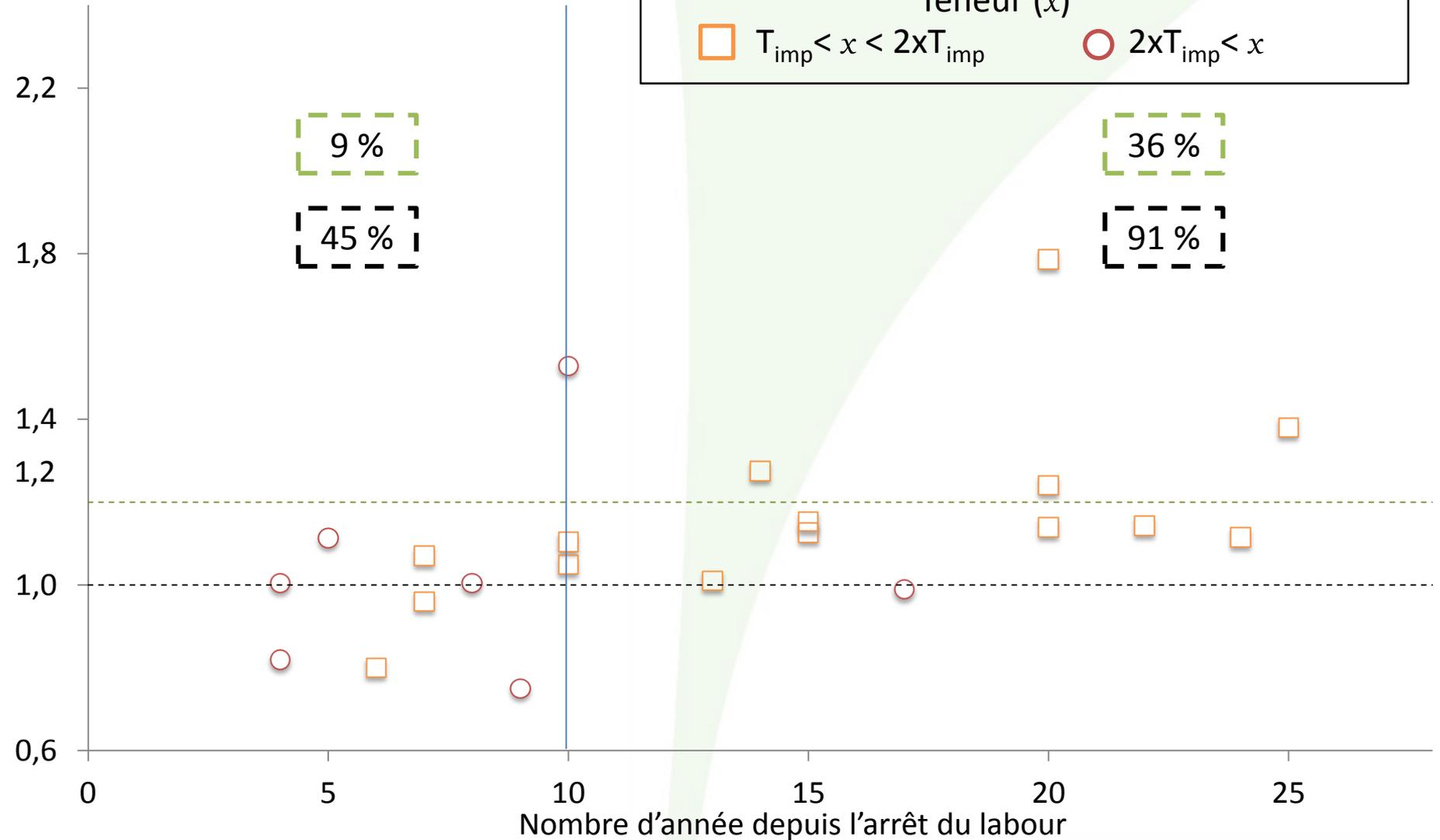
$$y = 1,2 x$$



écarts	[0-10]-[10-20]	[0-10]-[0-20]
écart min	-71	-42
moyenne des écarts	29	15
médiane des écarts	24	14
écart max	284	155

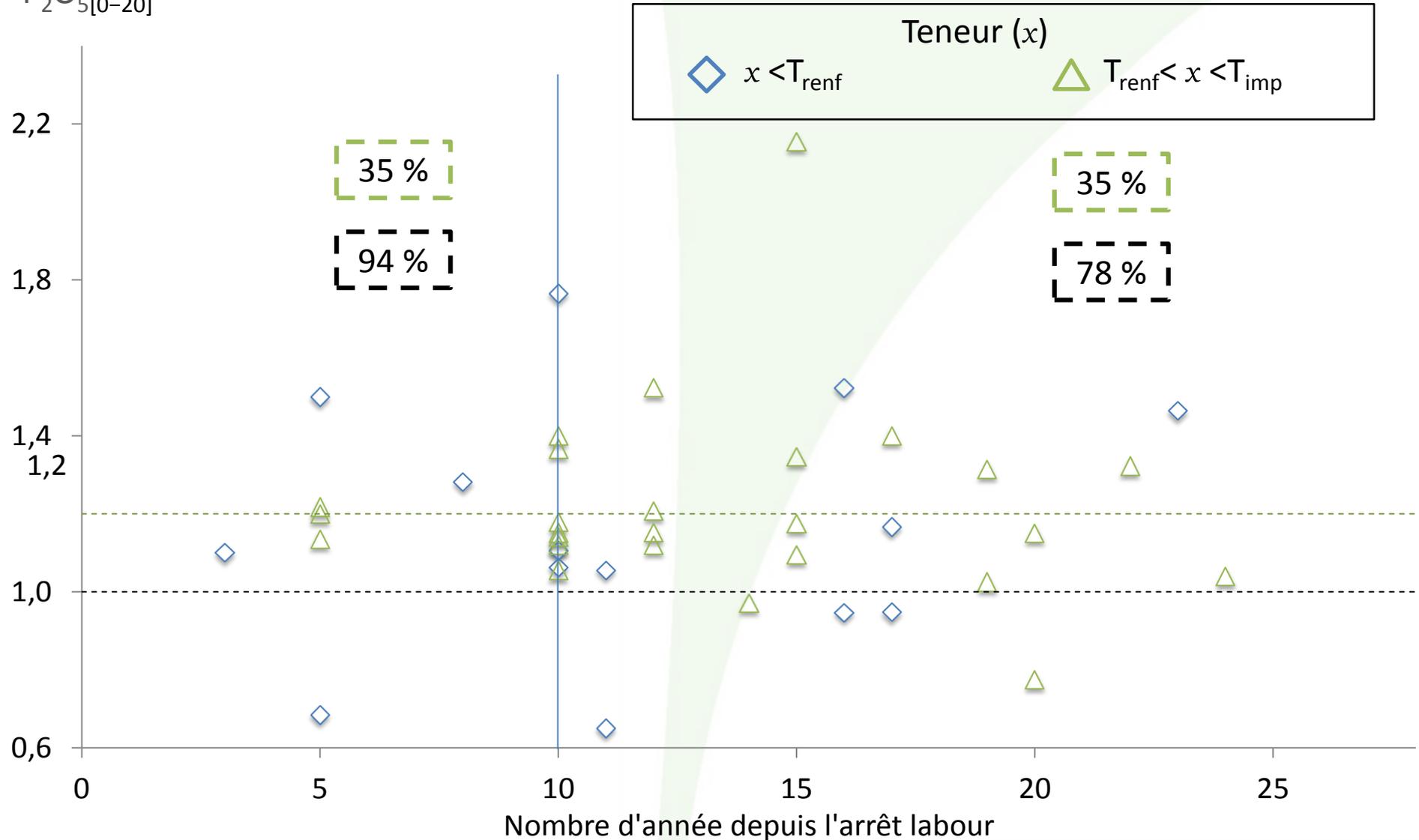
Différence 0-10/0-20 selon la richesse en P_2O_5 du sol et l'âge du système

$\frac{P_2O_5_{[0-10]}}{P_2O_5_{[0-20]}}$

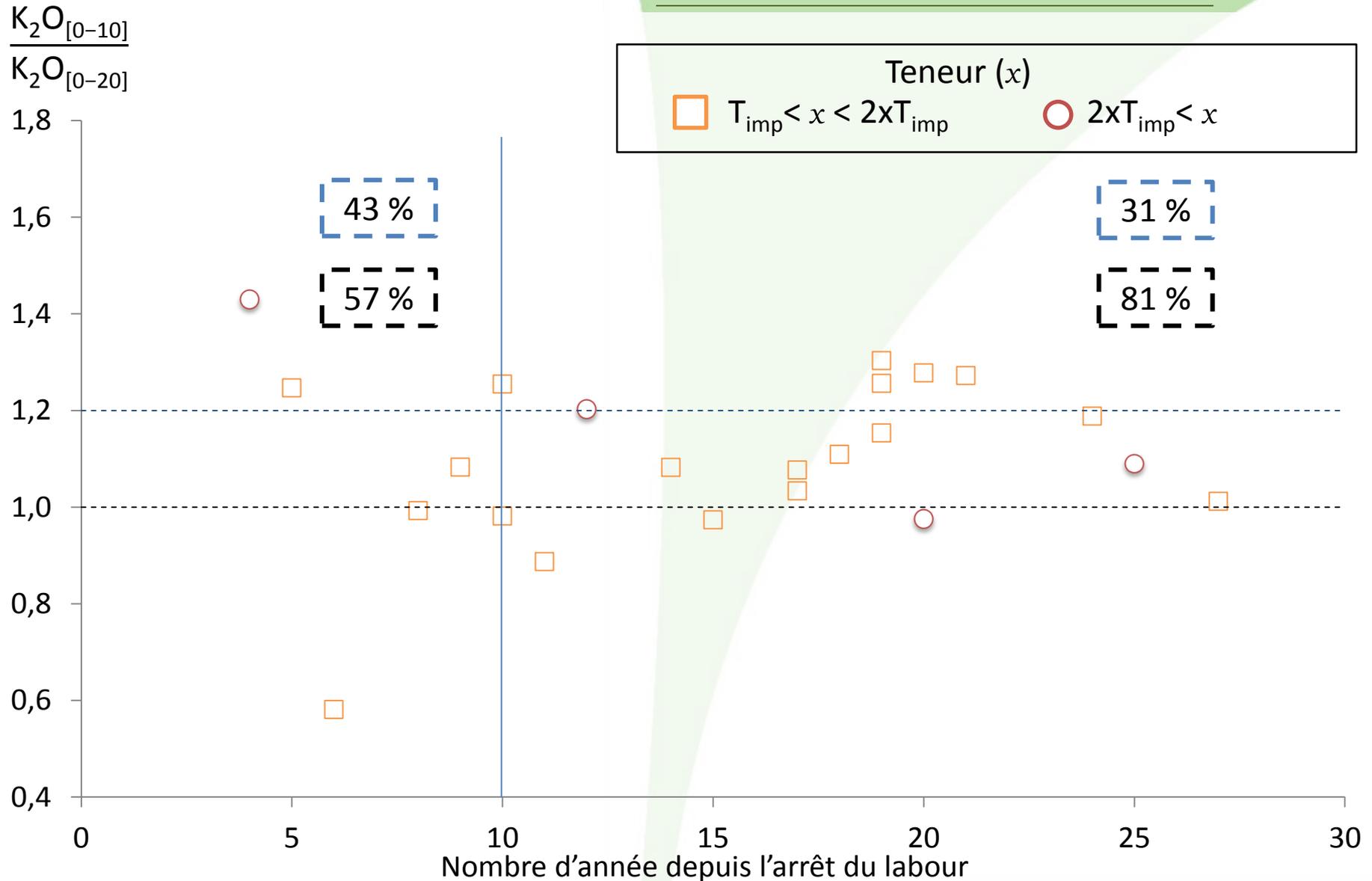


Différence 0-10/0-20 selon la richesse en P₂O₅ du sol et l'âge du système

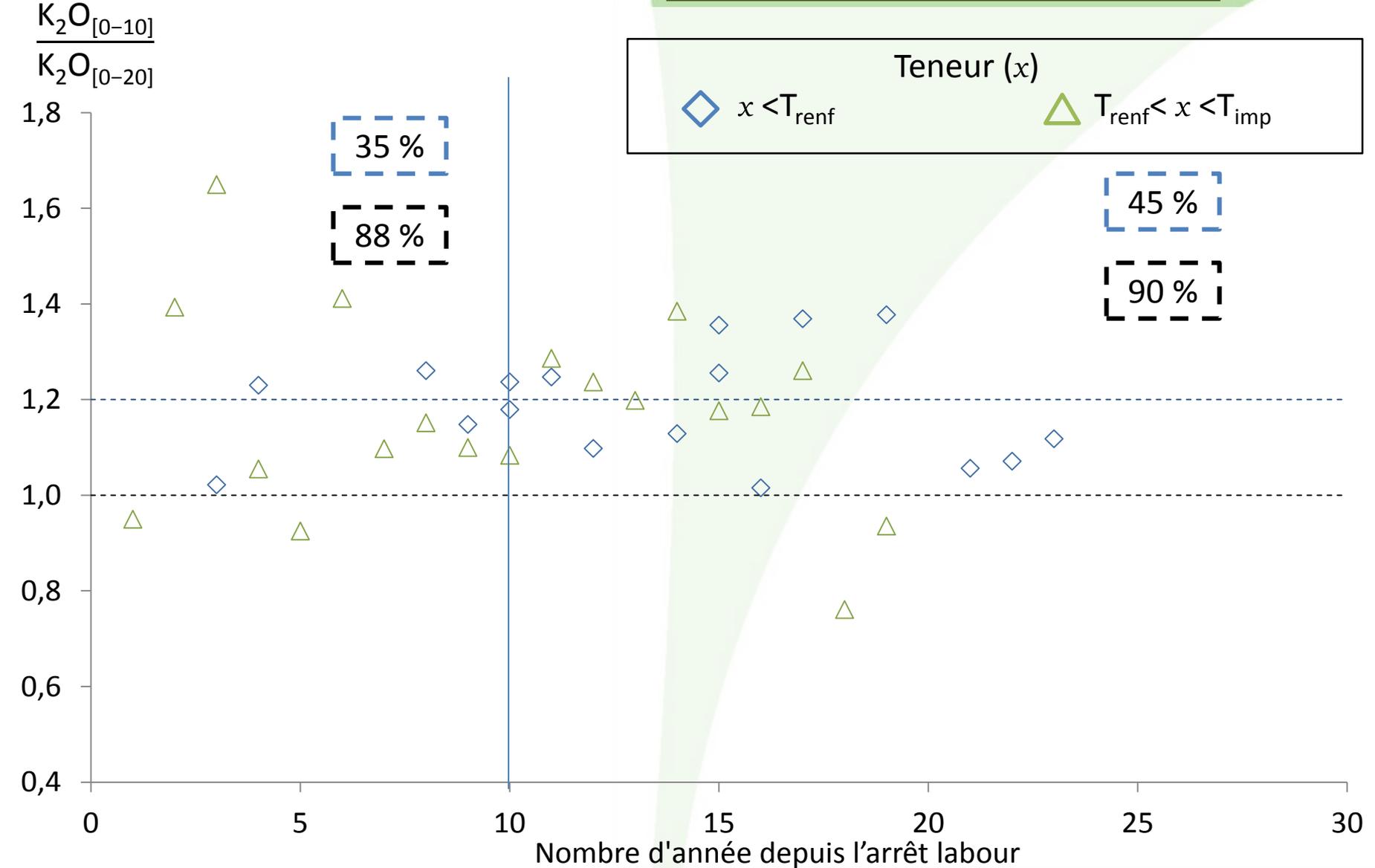
$$\frac{P_2O_5[0-10]}{P_2O_5[0-20]}$$



Différence 0-10/0-20 selon la richesse en K₂O du sol et l'âge du système



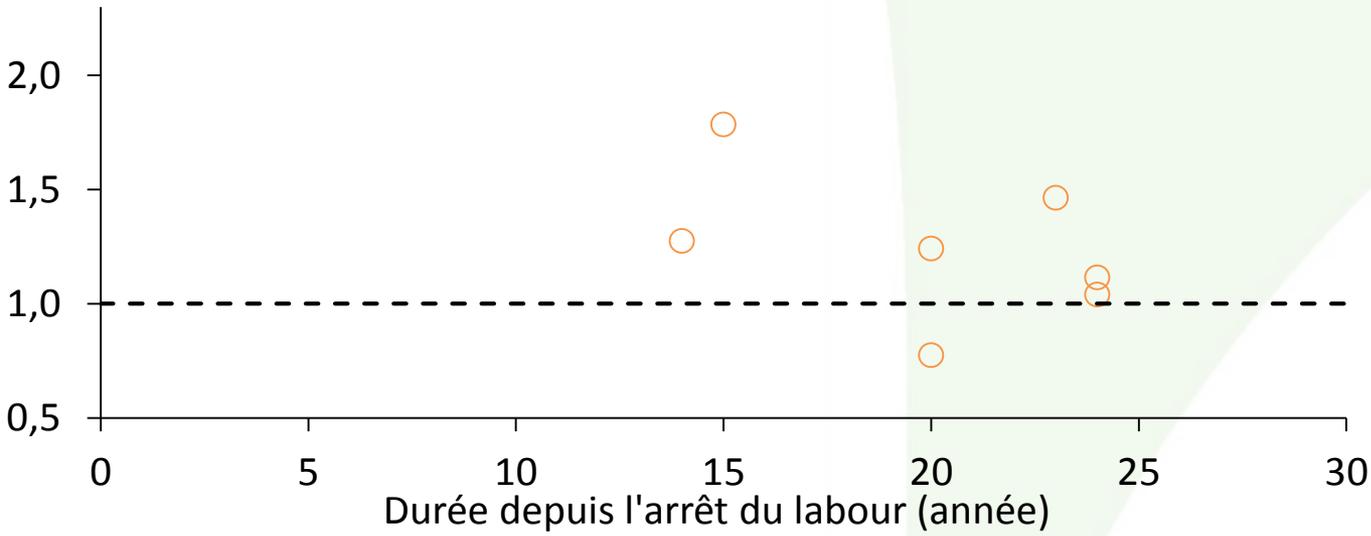
Différence 0-10/0-20 selon la richesse en K₂O du sol et l'âge du système





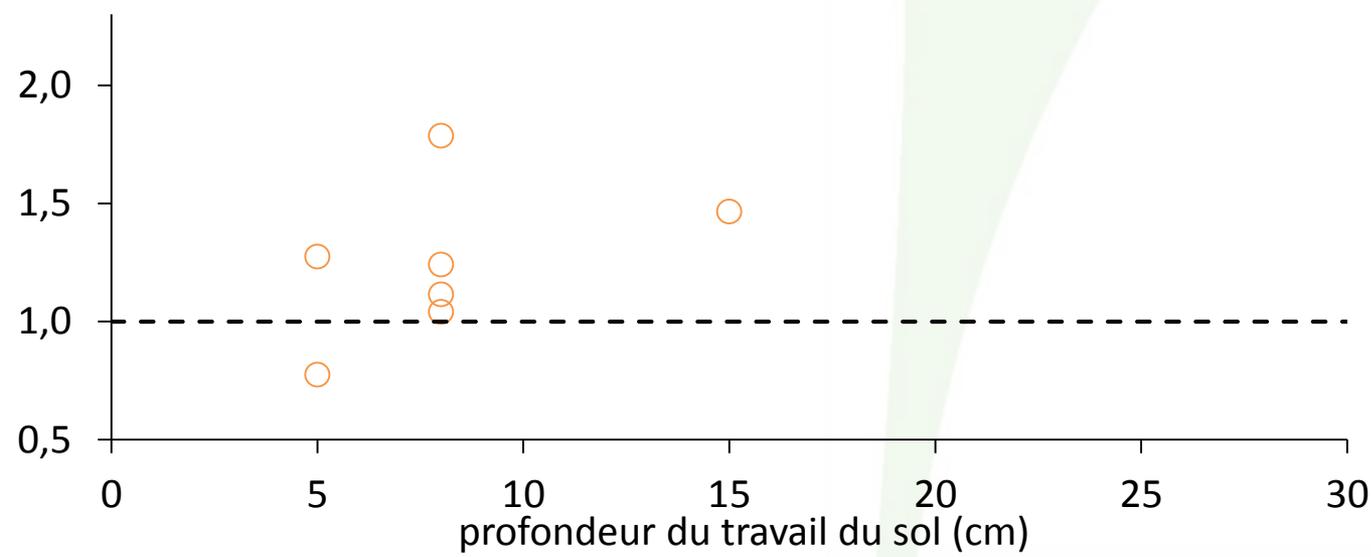
Différence de teneur en P_2O_5 0-10/0-20 selon le régime de fertilisation

$\frac{P_2O_5[0-10]}{P_2O_5[0-20]}$



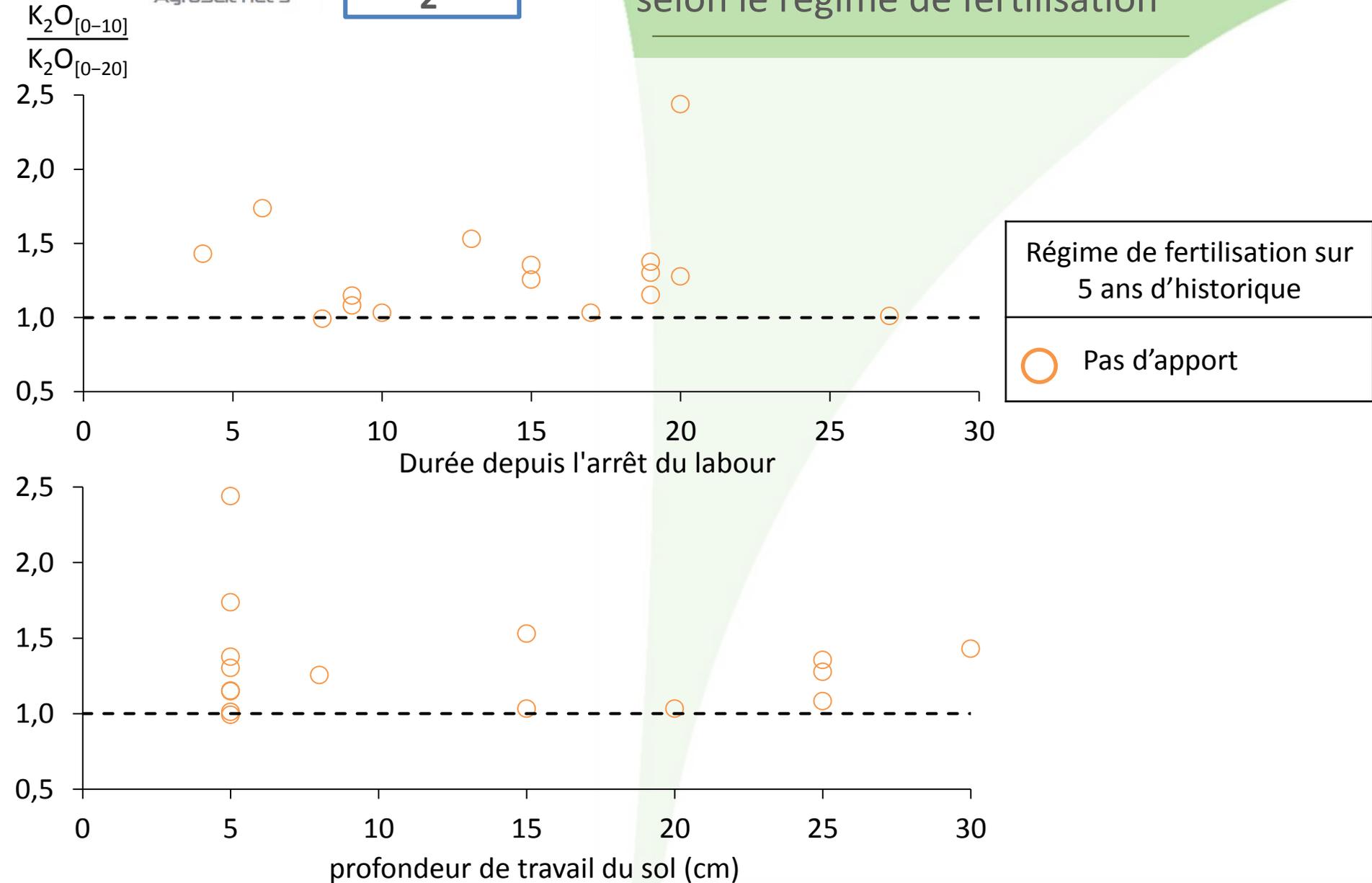
Régime de fertilisation sur 5 ans d'historique

○ Pas d'apport



K₂O

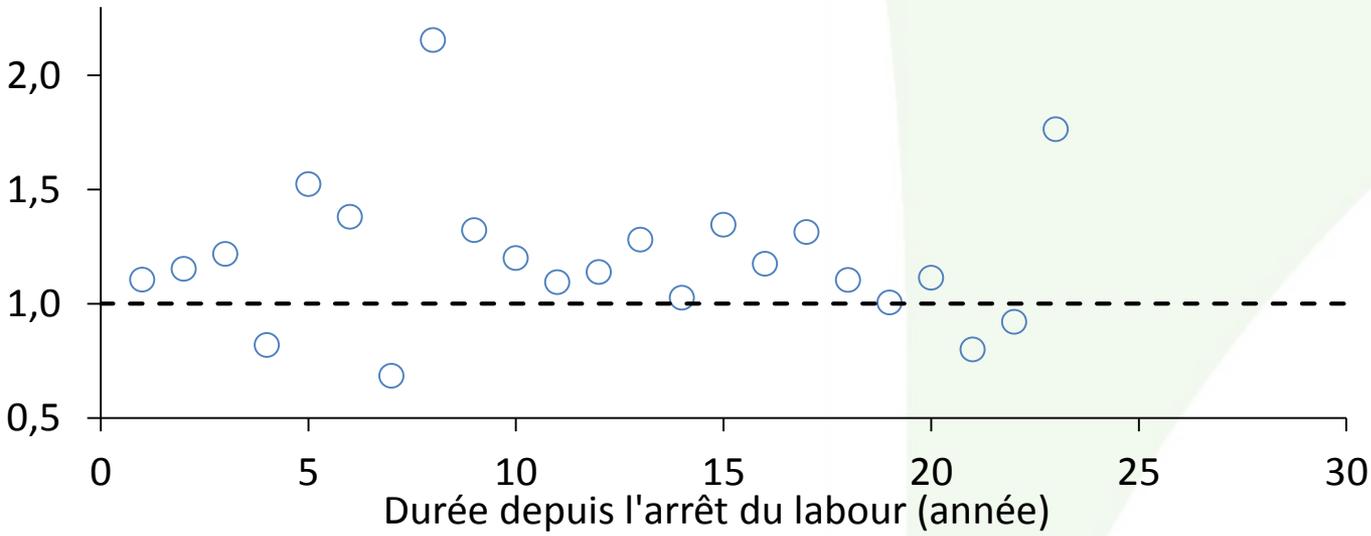
Différence de teneur en K₂O 0-10/0-20 selon le régime de fertilisation





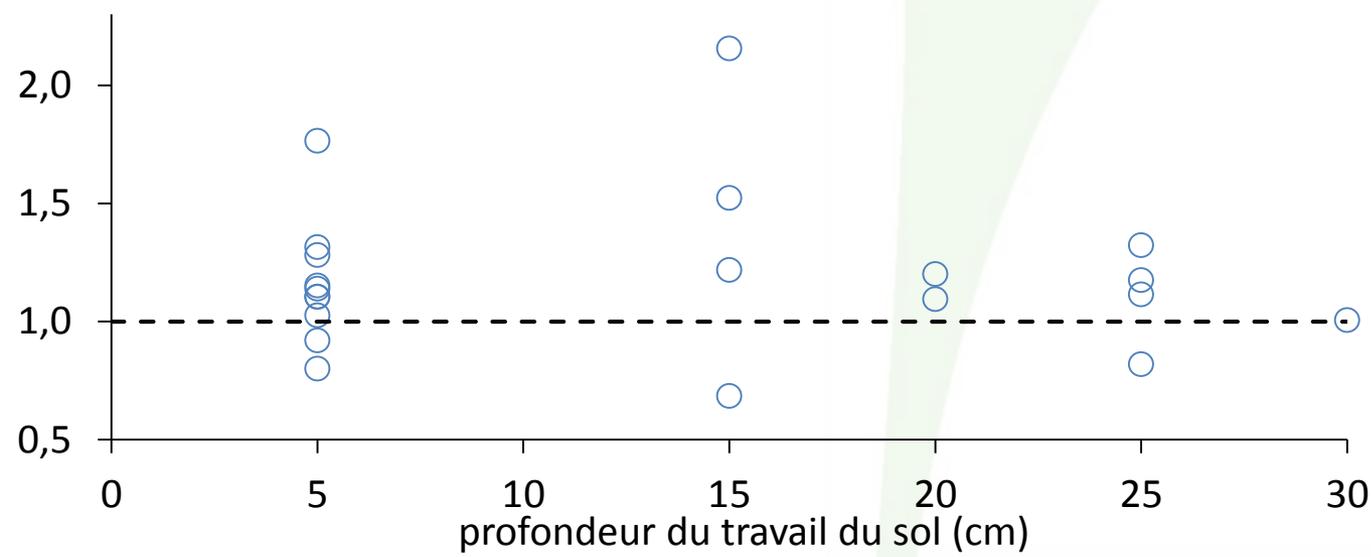
Différence de teneur en P_2O_5 0-10/0-20 selon le régime de fertilisation

P_2O_5 _[0-10]
 P_2O_5 _[0-20]



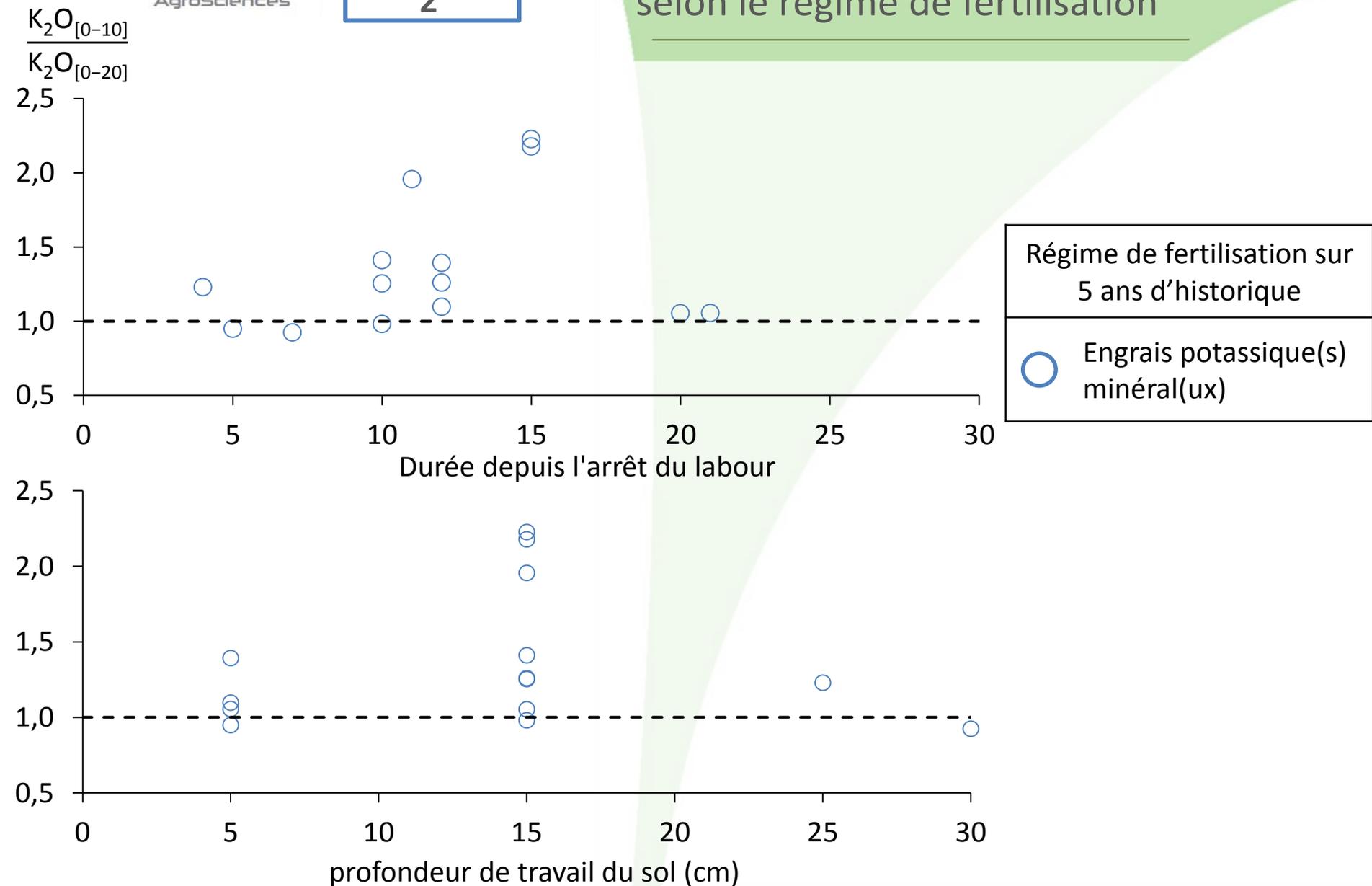
Régime de fertilisation sur 5 ans d'historique

○ Engrais phosphaté(s) minéral(ux)





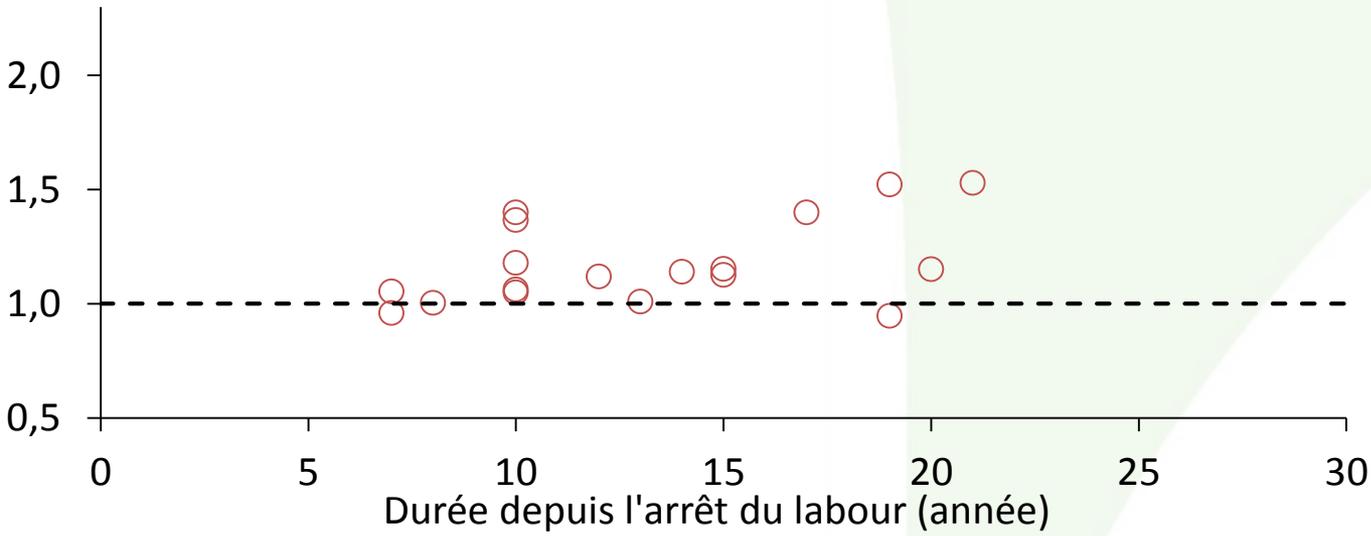
Différence de teneur en K₂O 0-10/0-20 selon le régime de fertilisation





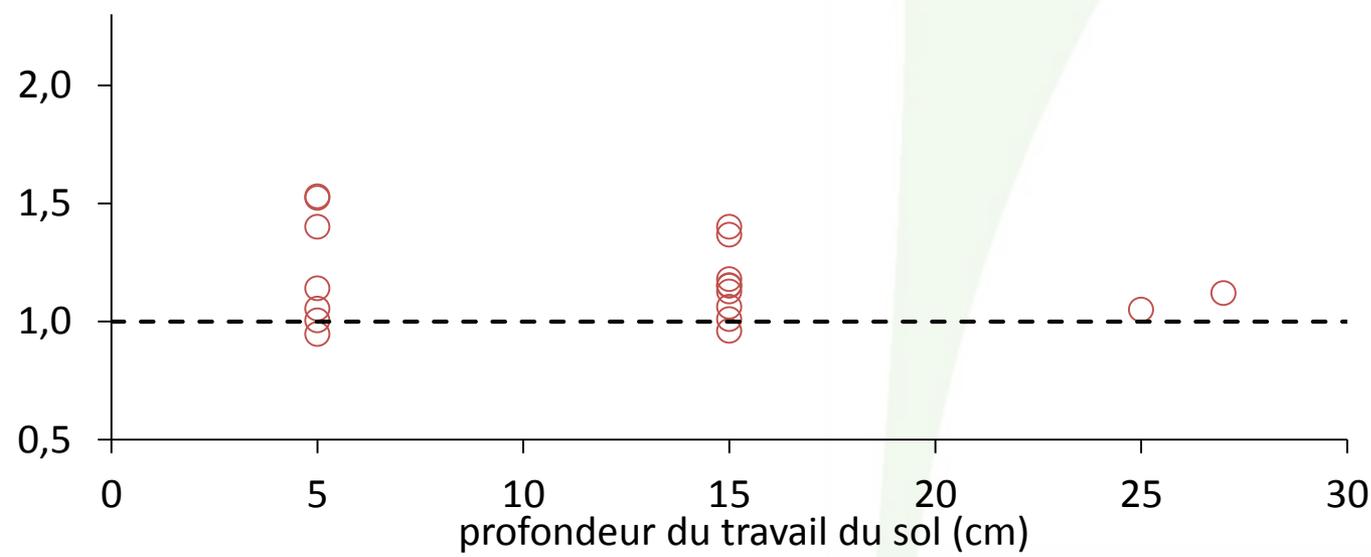
Différence de teneur en P_2O_5 0-10/0-20 selon le régime de fertilisation

$\frac{P_2O_5_{[0-10]}}{P_2O_5_{[0-20]}}$



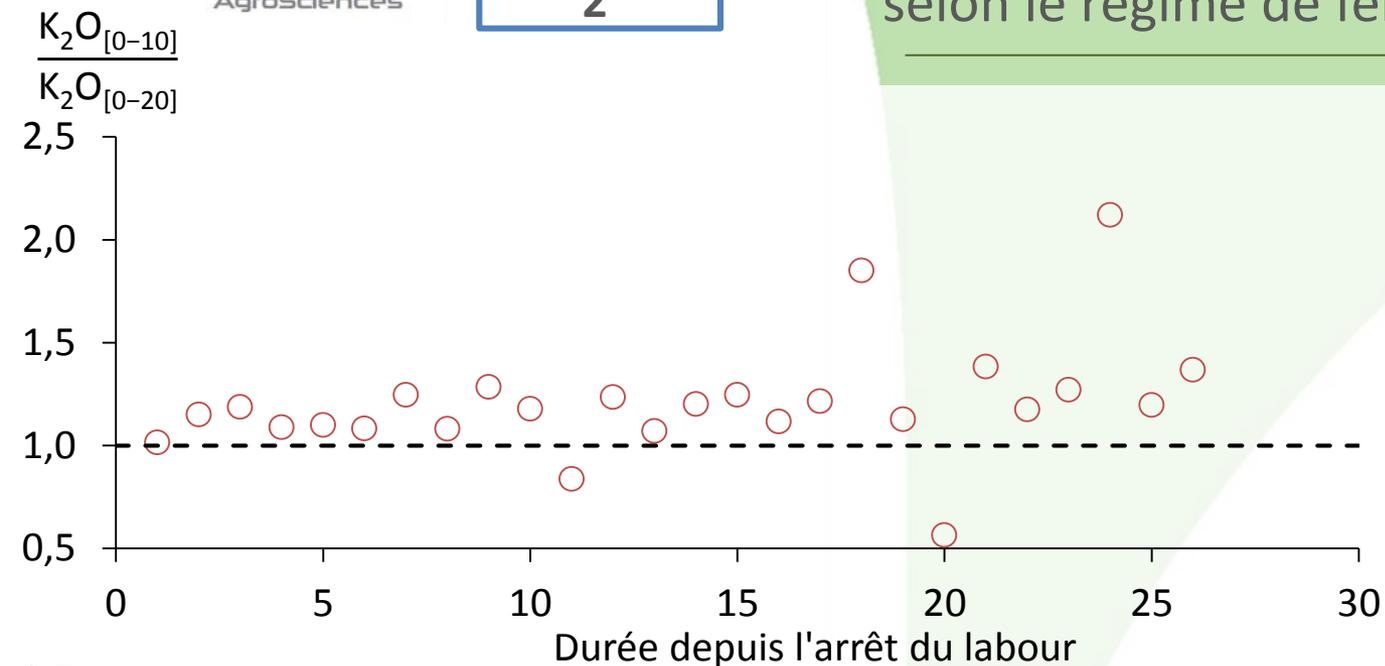
Régime de fertilisation sur 5 ans d'historique

○ Amendement(s) organique(s)



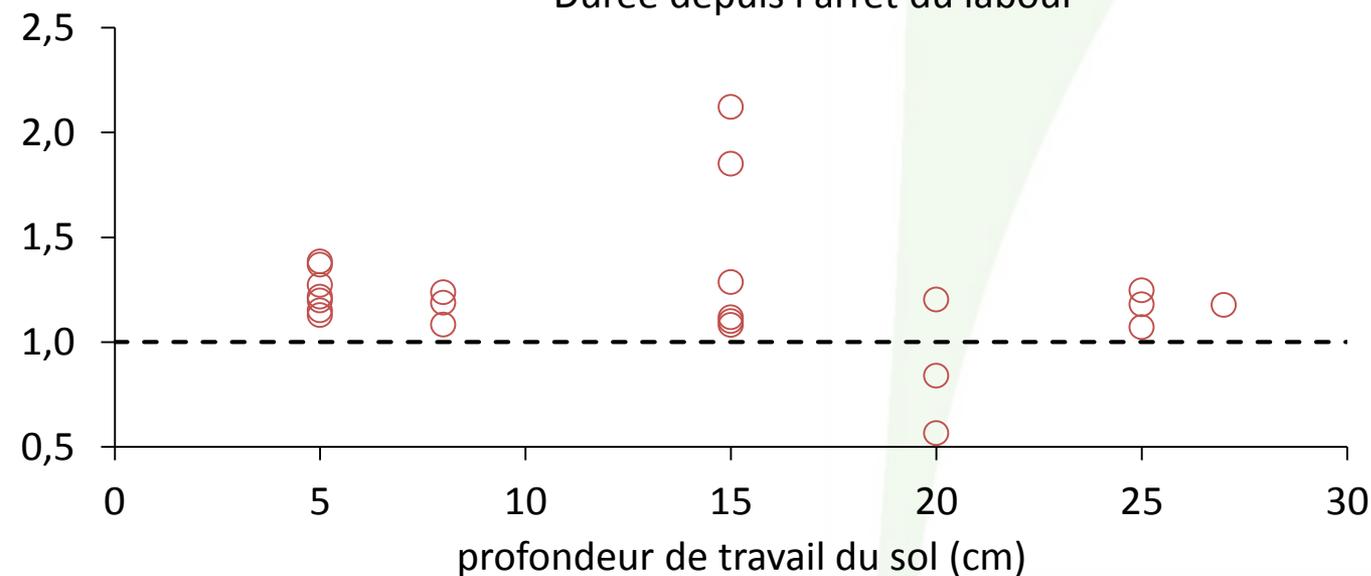


Différence de teneur en K₂O 0-10/0-20 selon le régime de fertilisation



Régime de fertilisation sur 5 ans d'historique

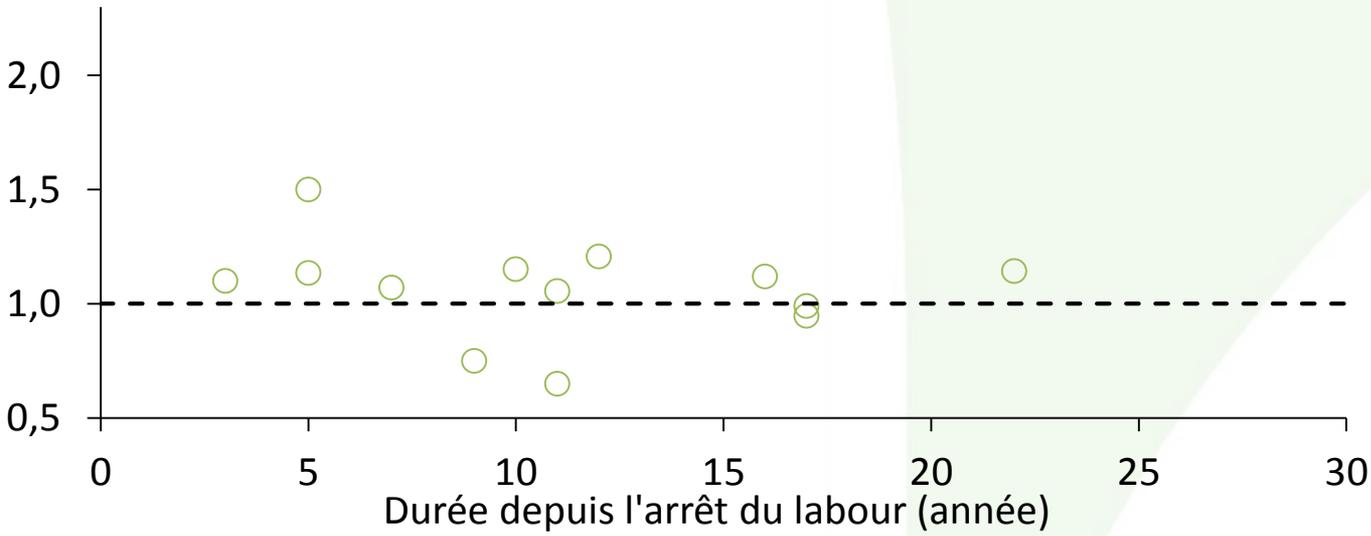
○ Amendement(s) organique(s)





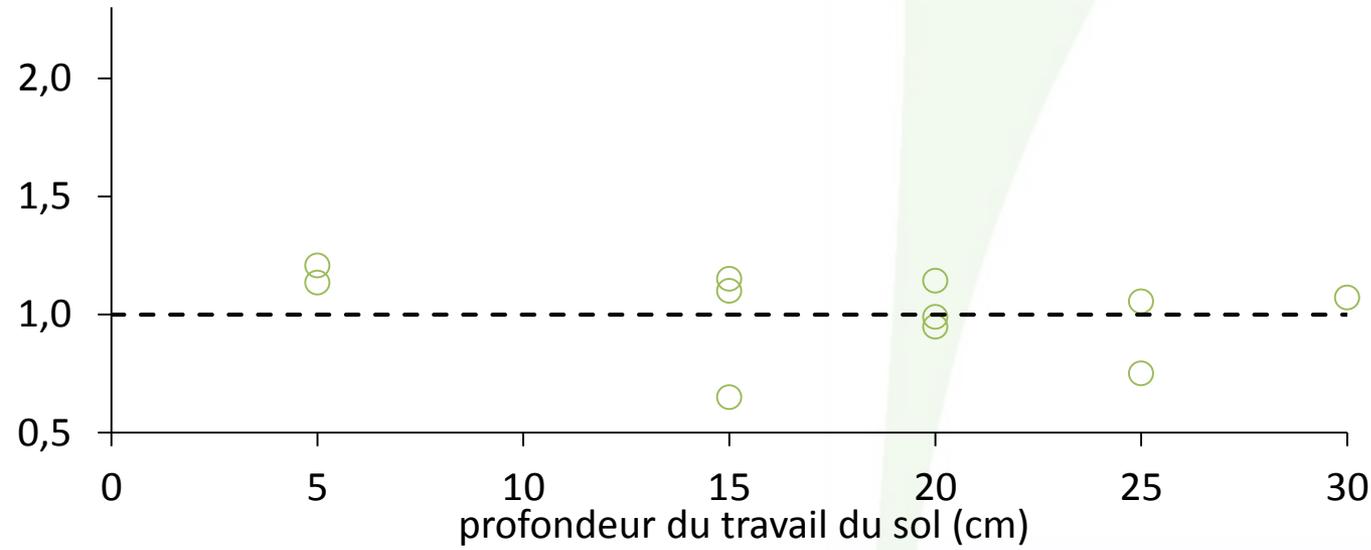
Différence de teneur en P_2O_5 0-10/0-20 selon le régime de fertilisation

P_2O_5 _[0-10]
 P_2O_5 _[0-20]



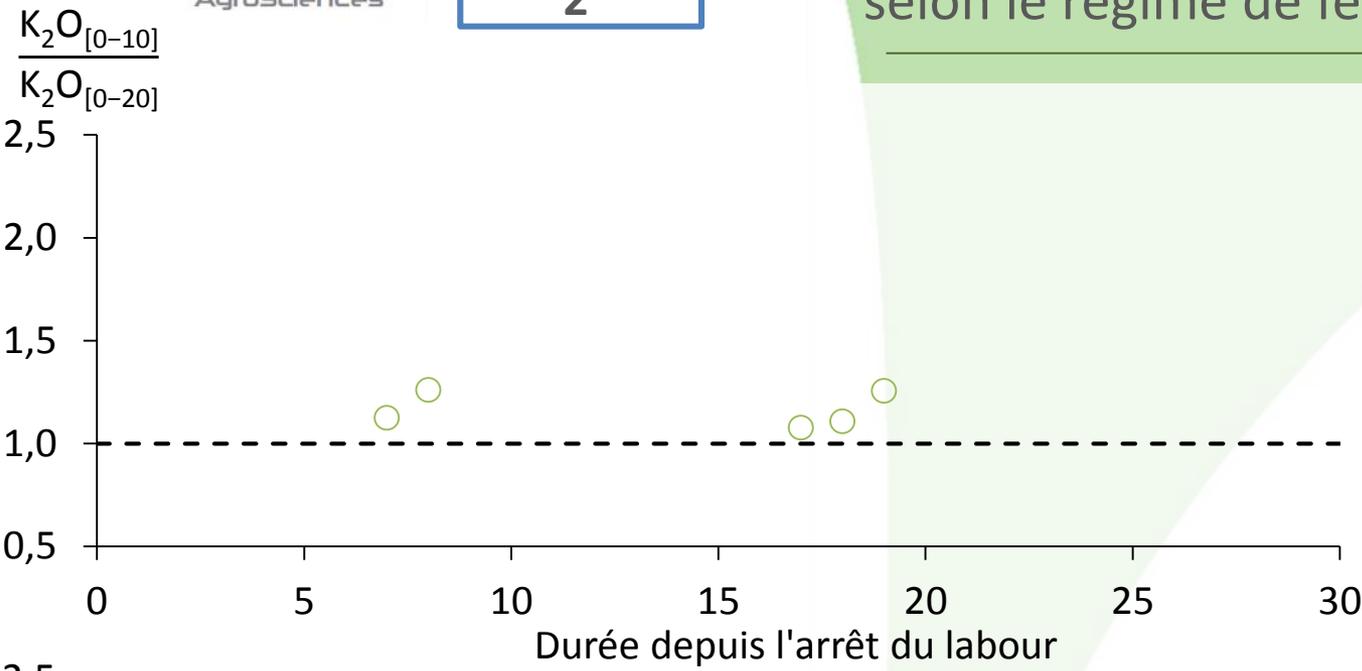
Régime de fertilisation sur 5 ans d'historique

 Organique(s) et minéral(ux)



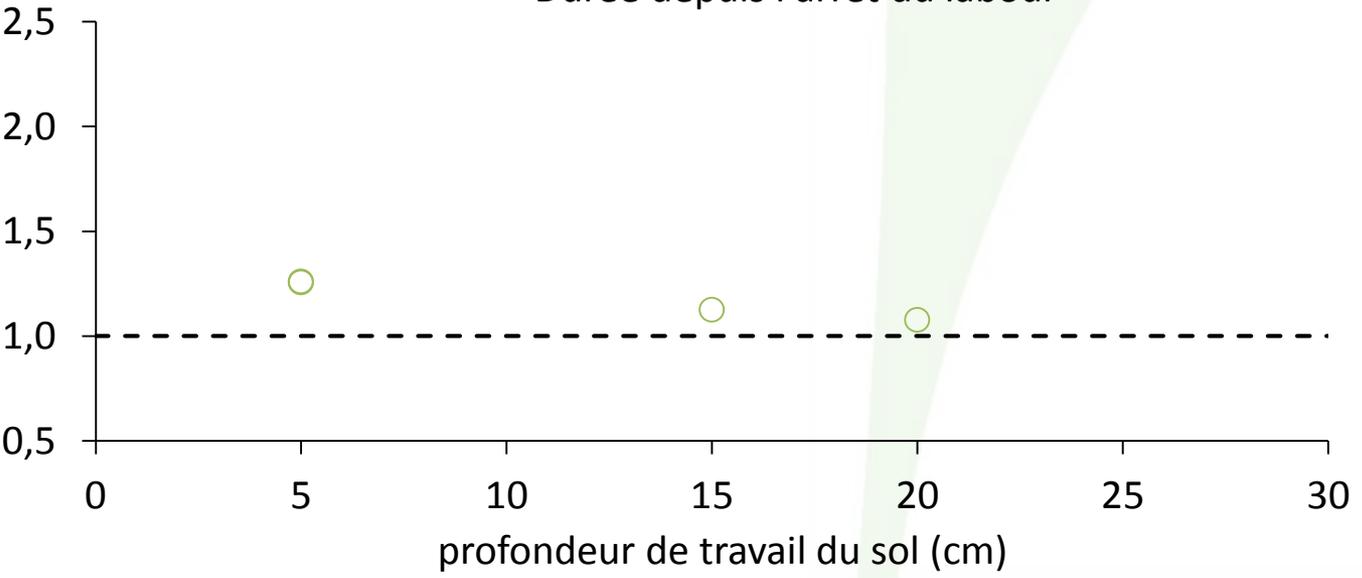


Différence de teneur en K₂O 0-10/0-20 selon le régime de fertilisation



Régime de fertilisation sur 5 ans d'historique

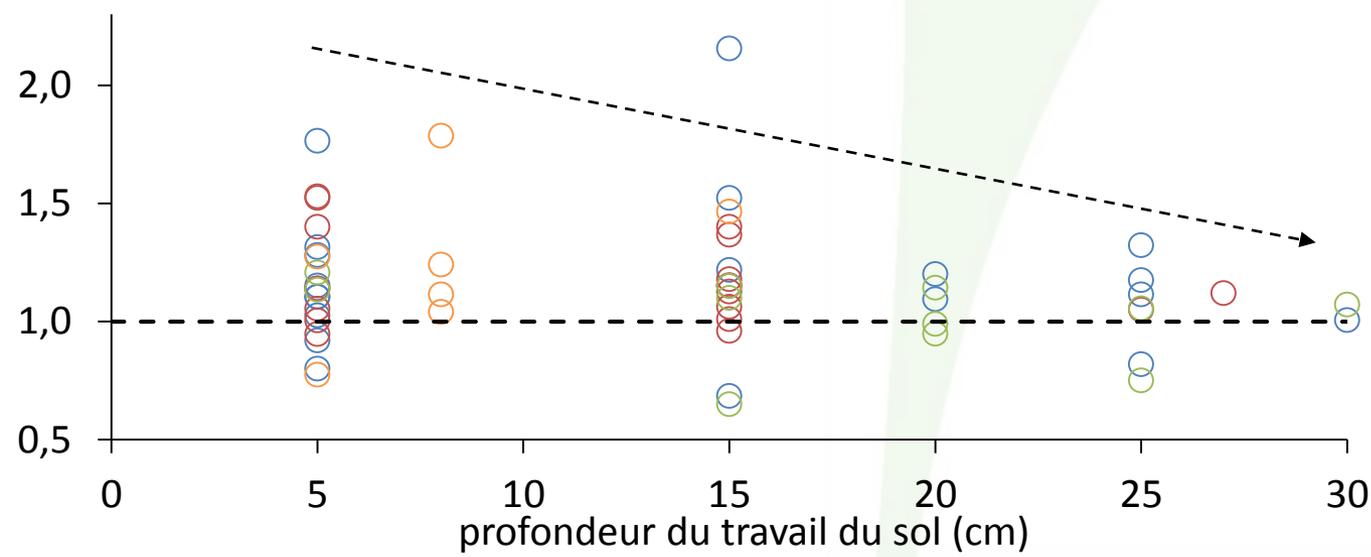
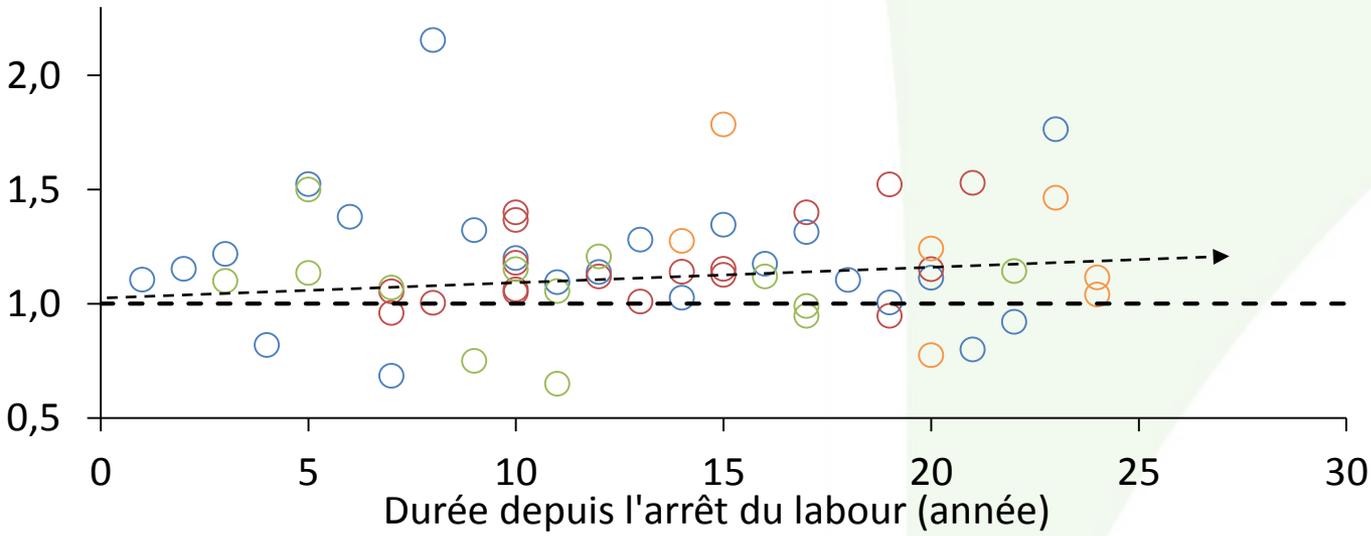
 Organique(s) et minéral(ux)



P₂O₅

Différence de teneur en P₂O₅ 0-10/0-20 selon le régime de fertilisation

$\frac{P_2O_5_{[0-10]}}{P_2O_5_{[0-20]}}$

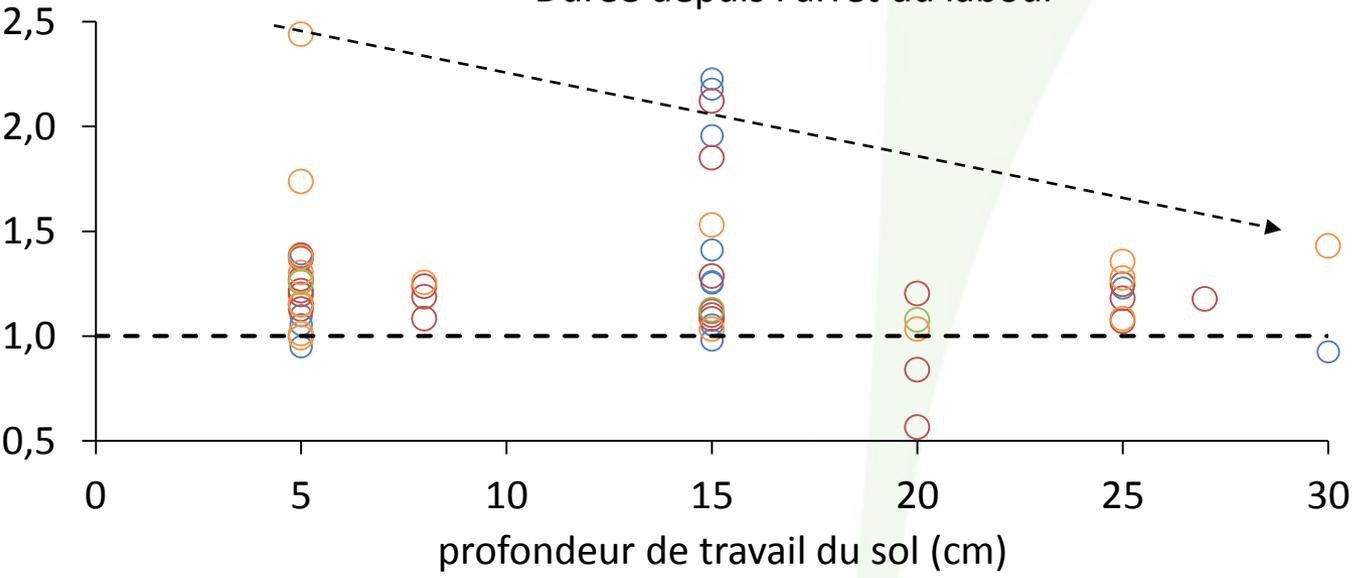
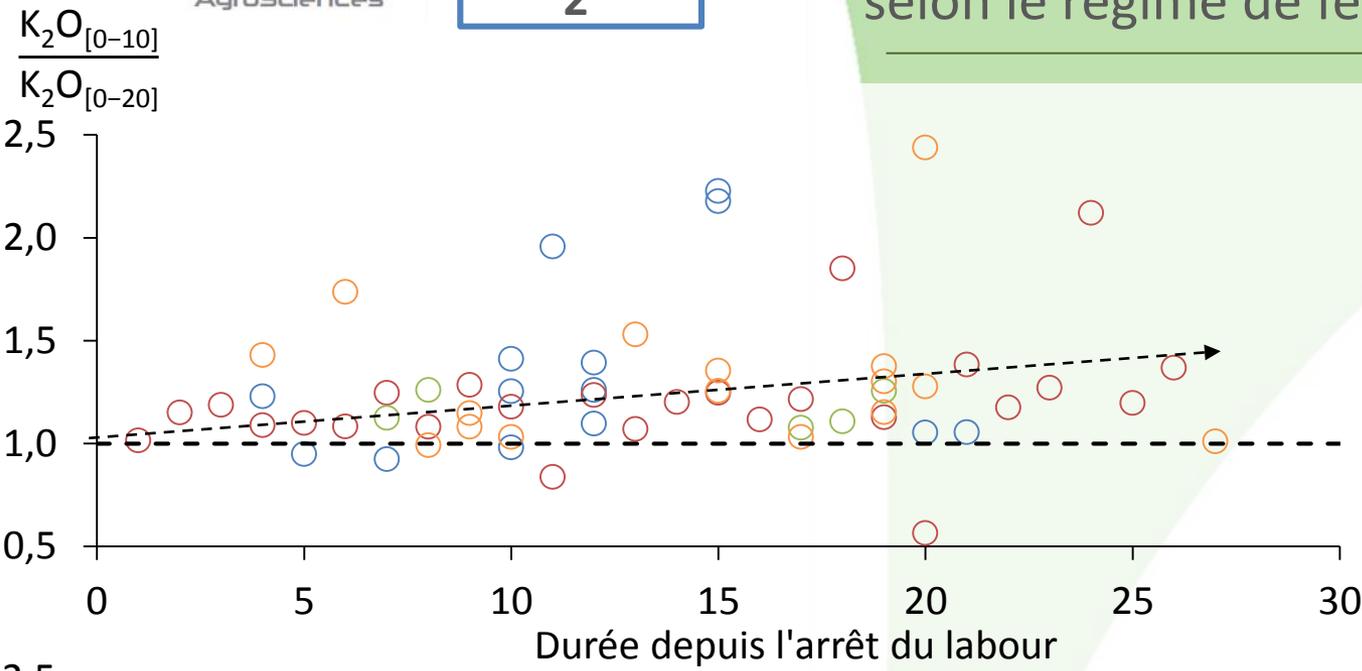


Régime de fertilisation sur 5 ans d'historique

- Engrais phosphaté(s) minéral(ux)
- Amendement(s) organique(s)
- Organique(s) et minéral(ux)
- Pas d'apport

K₂O

Différence de teneur en K₂O 0-10/0-20 selon le régime de fertilisation



Régime de fertilisation sur 5 ans d'historique

- Engrais phosphaté(s) minéral(ux)
- Amendement(s) organique(s)
- Organique(s) et minéral(ux)
- Pas d'apport

Jeu de données

- Système ancien en non labour, peu de récent, tout type de profondeur dont 50% à 15 cm
- P : teneur « normale » ; K et Mg : riche ; pH : sol plutôt basique en moyenne

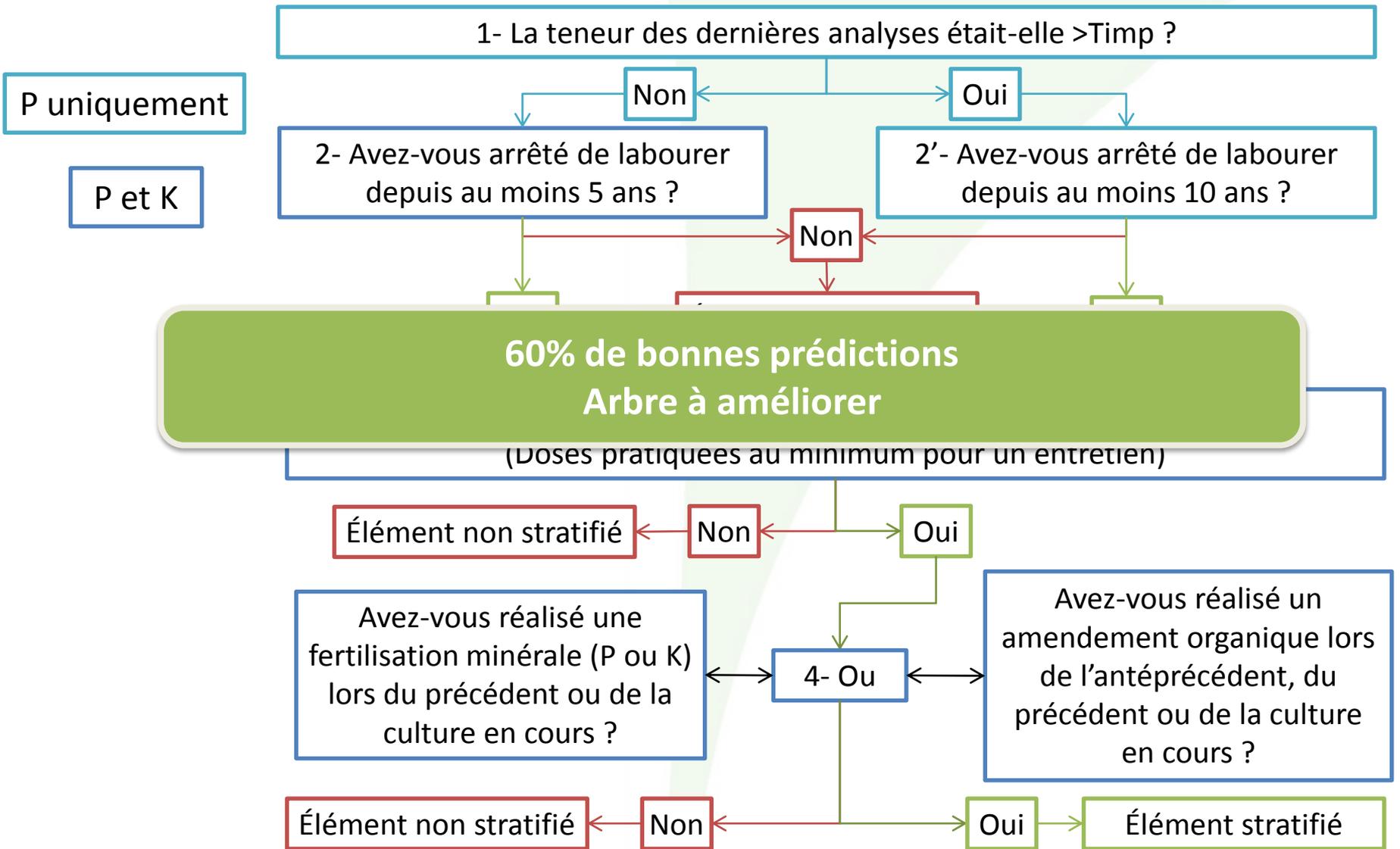
Gradient (P, K, Mg)

- P et K :
 - durée de formation du gradient variable selon la teneur initiale du sol, plus marqué pour le P que le K
 - Effet peu marqué de la fertilisation, plus marqué pour le P
 - Effet profondeur de travail du sol visible notamment pour le P, moins précis pour le K
- Mg : faible enrichissement de surface par rapport à l'horizon en profondeur

La surface et l'horizon « classique »

- Enrichissement moins marqué par rapport à la différence surface/profondeur
- Le P semble être l'élément le plus impacté par un arrêt du labour

Arbre d'aide à la détermination de sol avec gradient



Établissement et détermination du gradient

- **Étendre le jeu de données** avec : des parcelles en TCS récent, riches en P ou encore non fertilisées
- **Améliorer les informations** des cas déjà prélevés (historique de ferti, ...)
- **Approfondir l'étude** sur les autres paramètres physico-chimiques (pH, MO)

Profondeur de prélèvement et interprétation

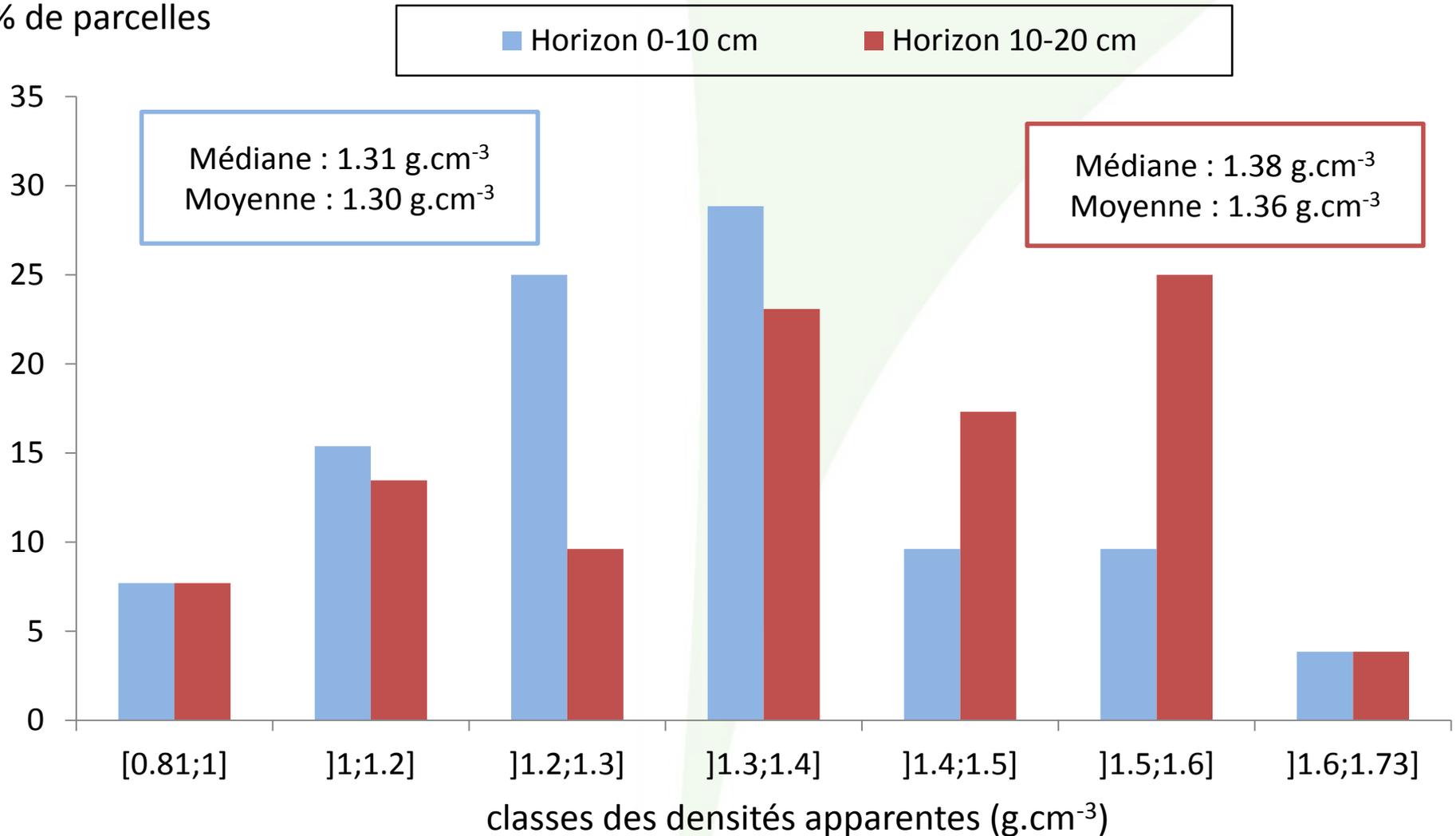
- Étude du **changement de profondeur de prélèvement** sur l'interprétation à réaliser (prélèvement de surface -> teneur plus élevée -> conseil plus faible ?)
- Besoin de recherches à partir de modèles de simulations et d'expérimentations pour déterminer les **effets d'une dose conseillée plus faible** sur :
 - **l'évolution de la richesse** en P et en K
 - **la nutrition des plantes**

MERCI DE VOTRE ATTENTION



Densités apparentes selon l'horizon prélevé

% de parcelles

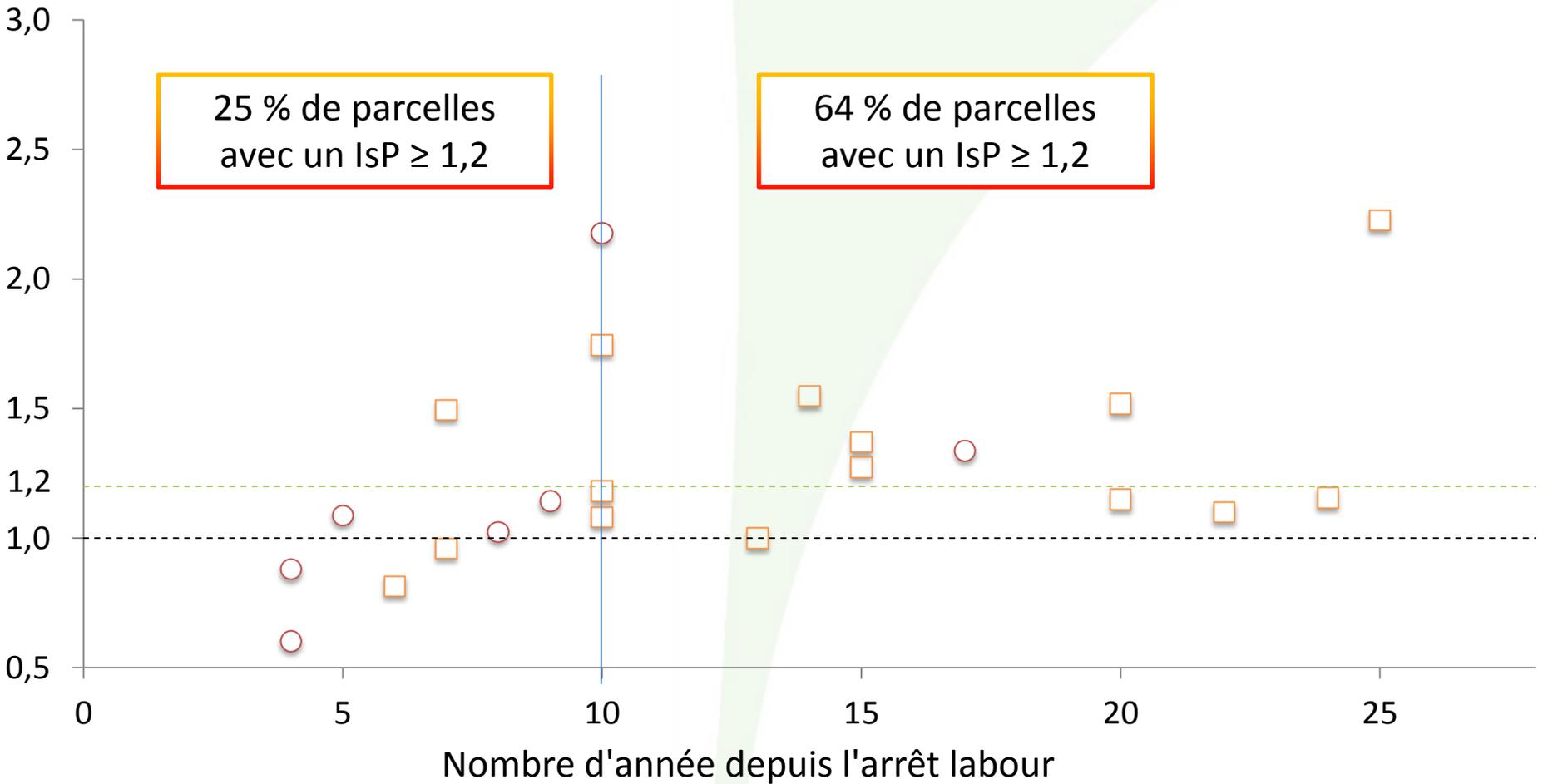


Évolution de l'IsP selon la richesse en P_2O_5 du sol et l'âge du système

Teneur (x)

□ $T_{imp} < x < 2xT_{imp}$ ○ $2xT_{imp} < x$

Indice de Stratification P



25 % de parcelles avec un IsP ≥ 1,2

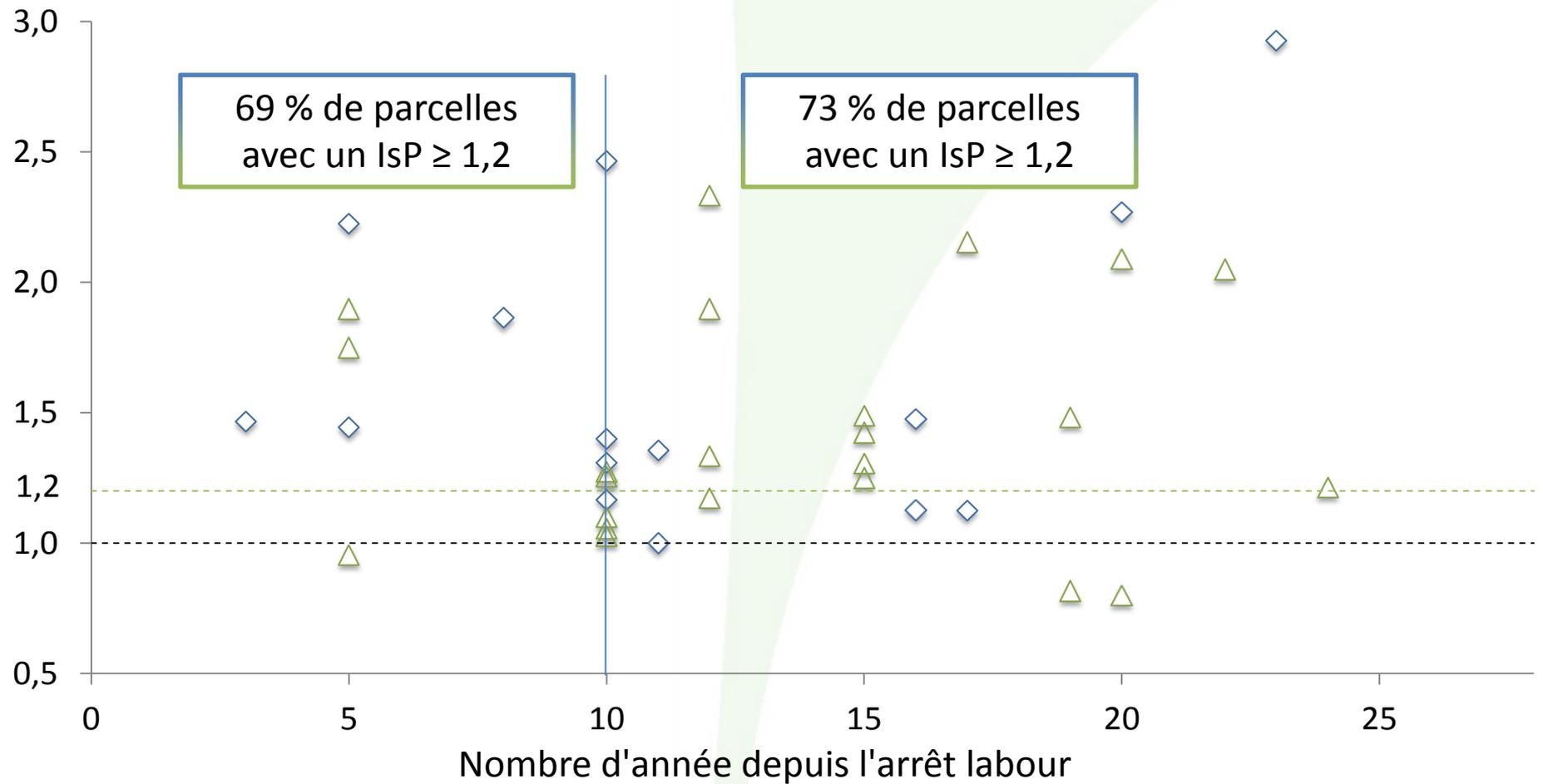
64 % de parcelles avec un IsP ≥ 1,2

Évolution de l'IsP selon la richesse en P_2O_5 du sol et l'âge du système

Indice de Stratification P

Teneur (x)

◇ $x < T_{renf}$ △ $T_{renf} < x < T_{imp}$

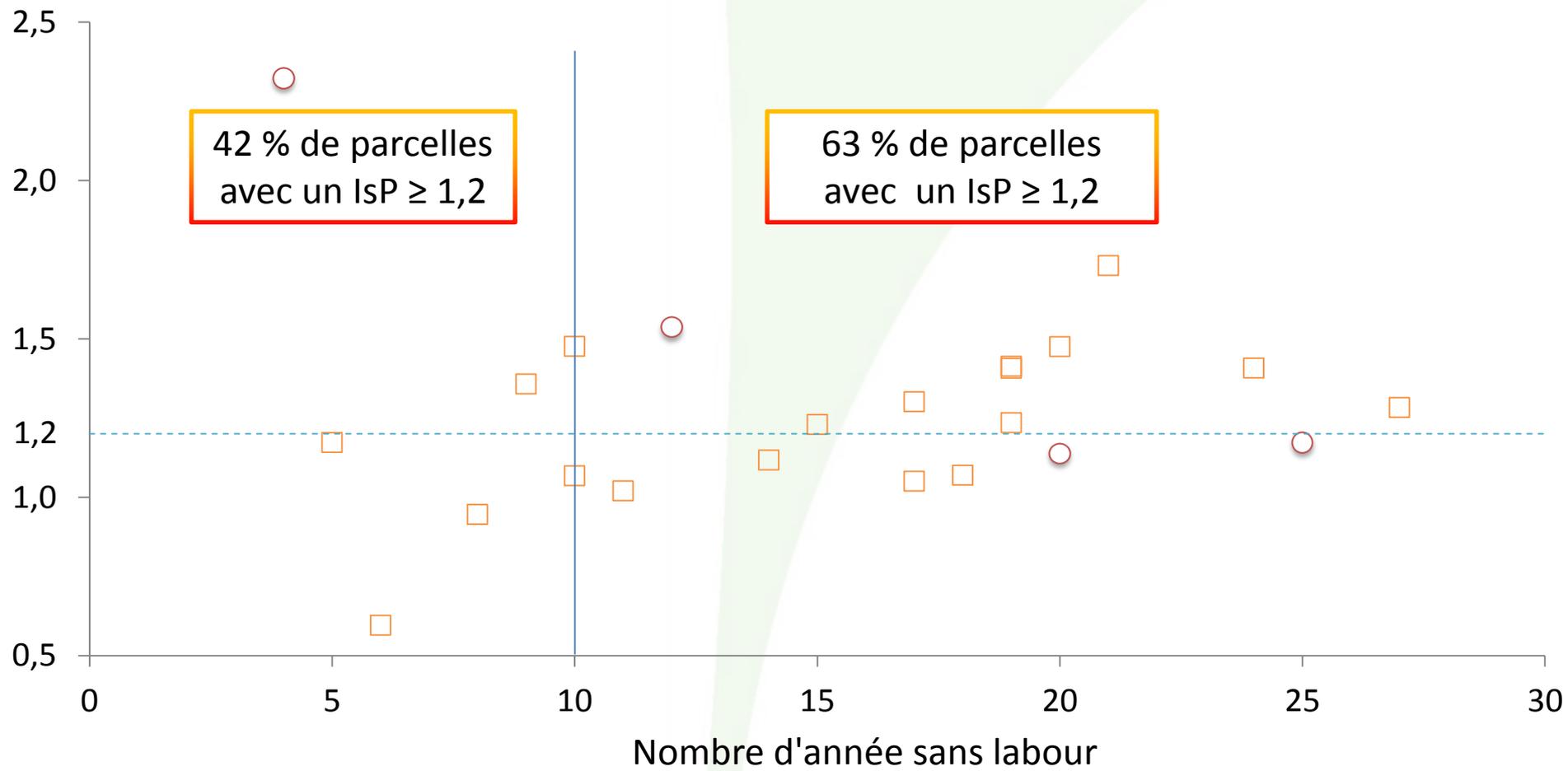


Évolution de l'IsK selon la richesse en K_2O du sol et l'âge du système

Indice de Stratification K

Teneur (x)

□ $T_{imp} < x < 2xT_{imp}$
○ $2xT_{imp} < x$

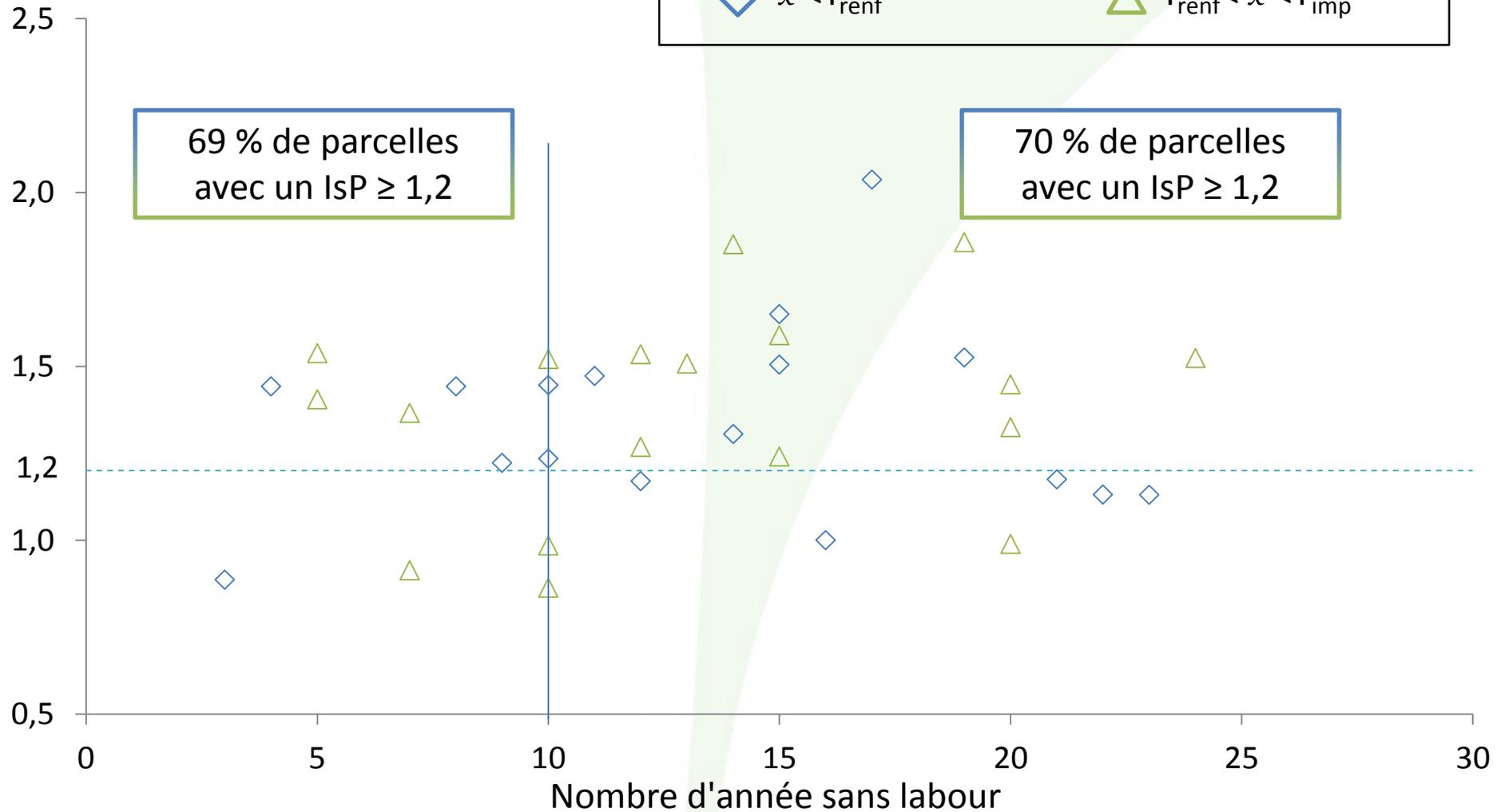


42 % de parcelles avec un IsP $\geq 1,2$

63 % de parcelles avec un IsP $\geq 1,2$

Évolution de l'IsK selon la richesse en K_2O du sol et l'âge du système

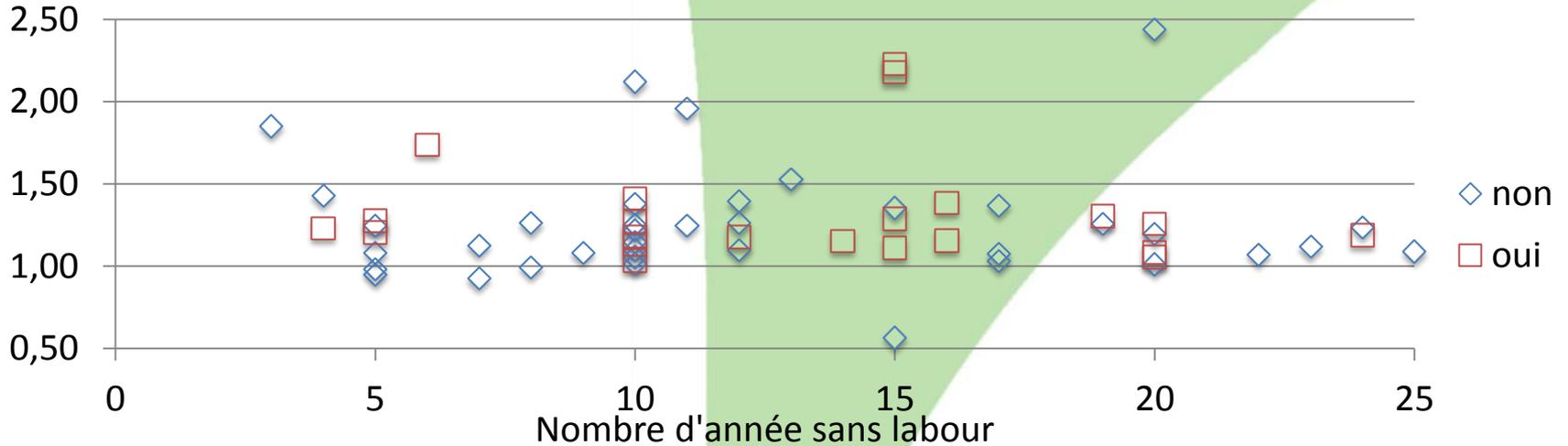
Indice de Stratification K



Différence de conseil K pour une culture d'exigence forte

$$f(\text{NbAnnee}) = \text{IsK}$$

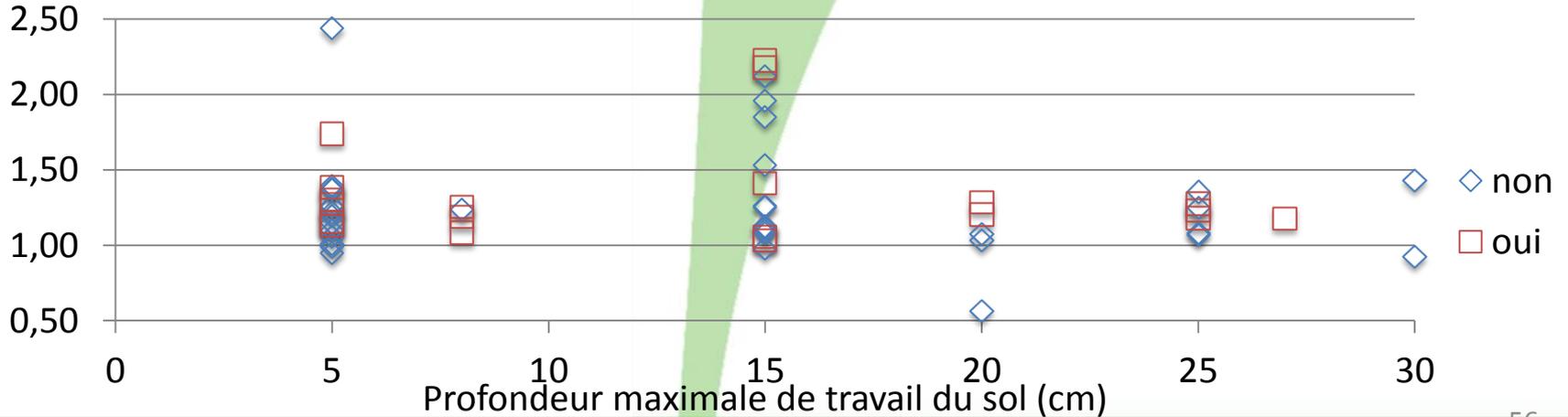
0-10/0-20



Différence de conseil K pour une culture d'exigence forte

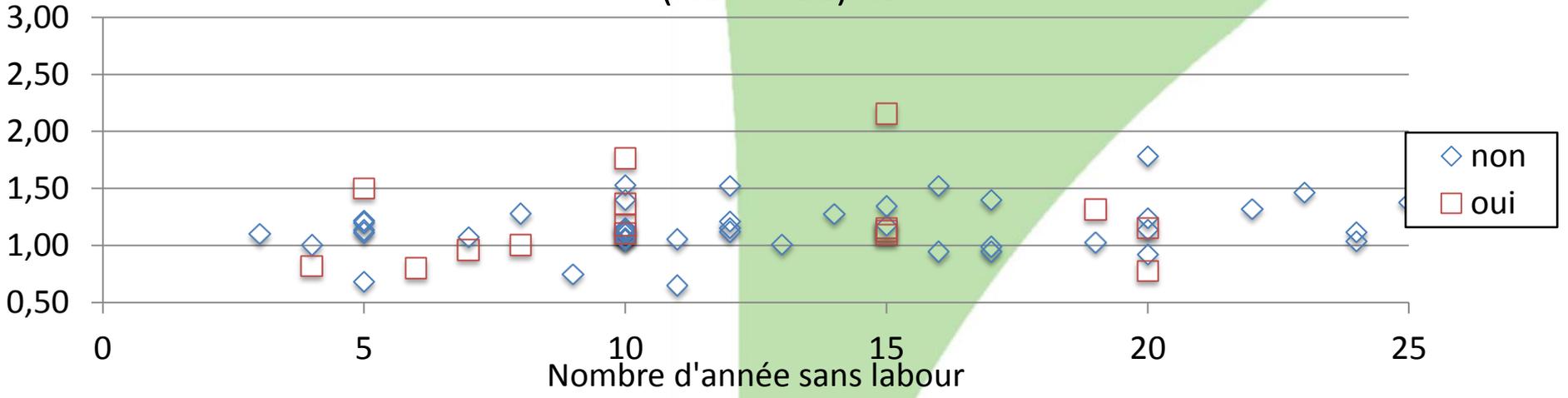
$$f(\text{ProfMaxTrav}) = \text{IsK}$$

0-10/0-20



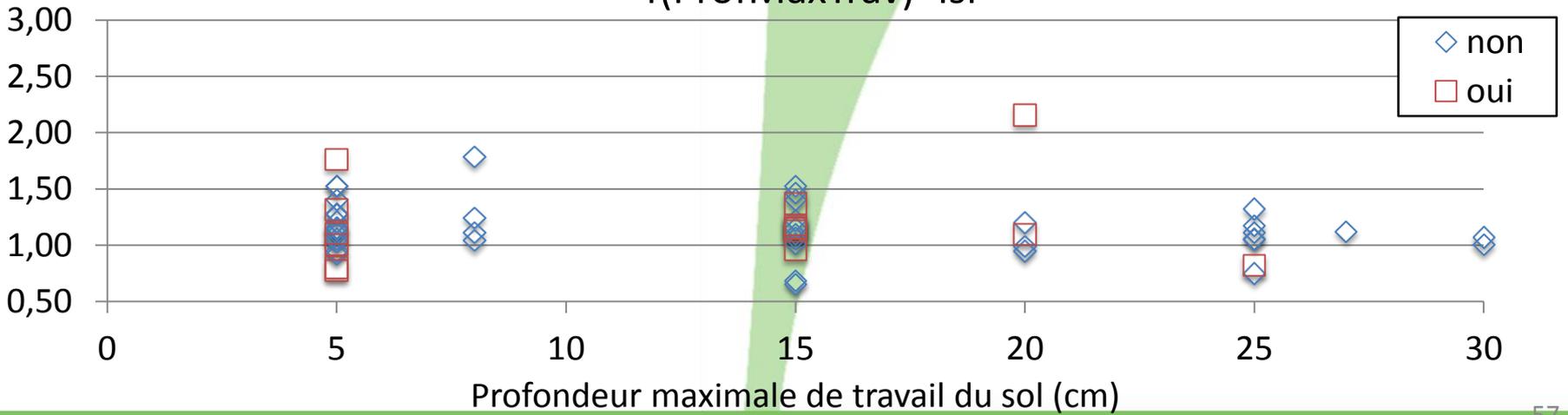
0-10/0-20

Différence de conseil P
 $f(\text{NbAnnee})=\text{IsP}$



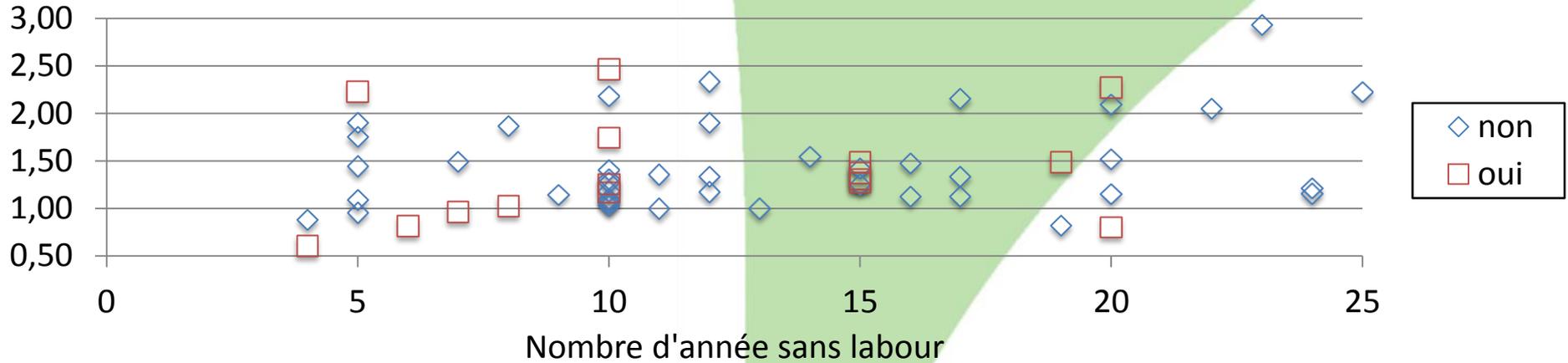
0-10/0-20

Différence de conseil P
 $f(\text{ProfMaxTrav})=\text{IsP}$



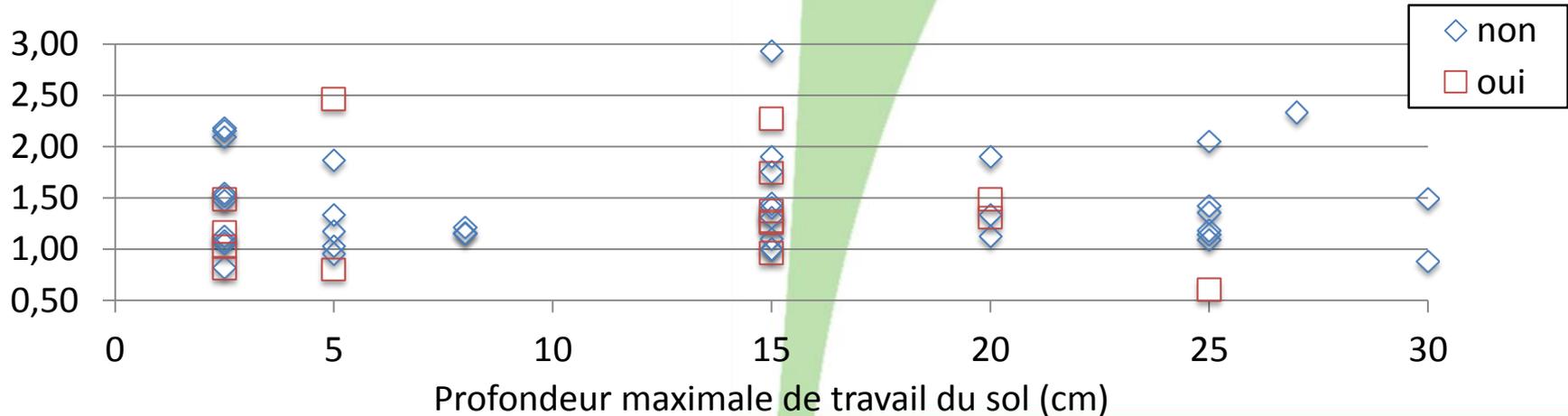
Indice de Stratification P

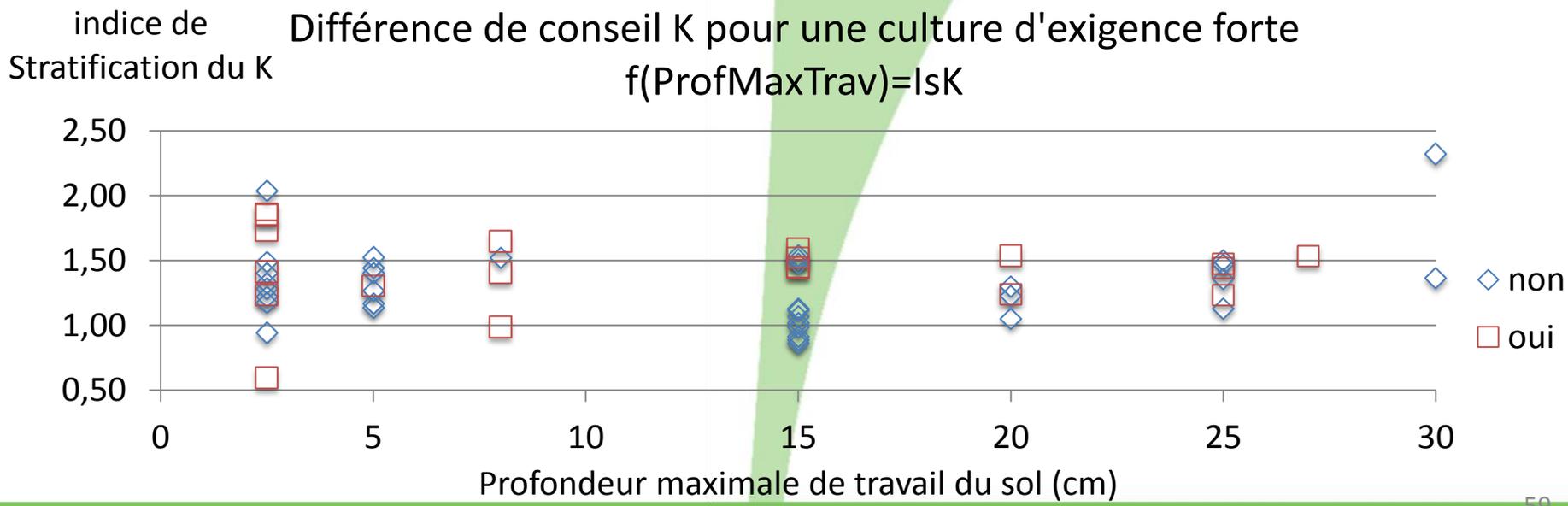
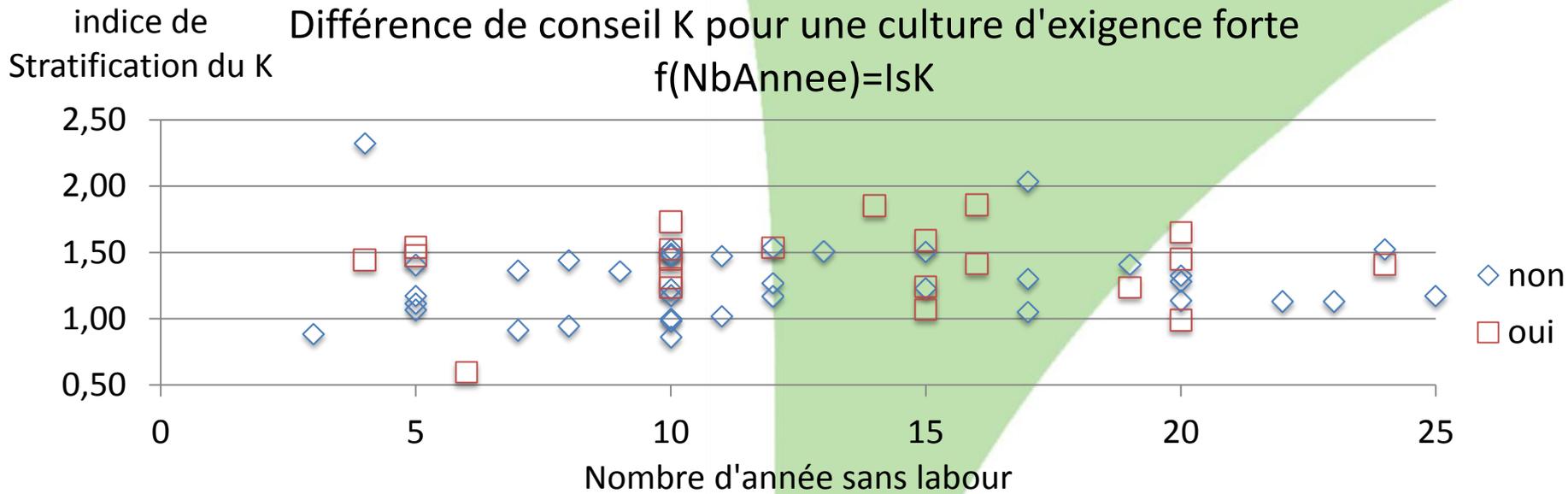
Différence de conseil P
 $f(\text{NbAnnee})=I_sP$



Indice de Stratification P

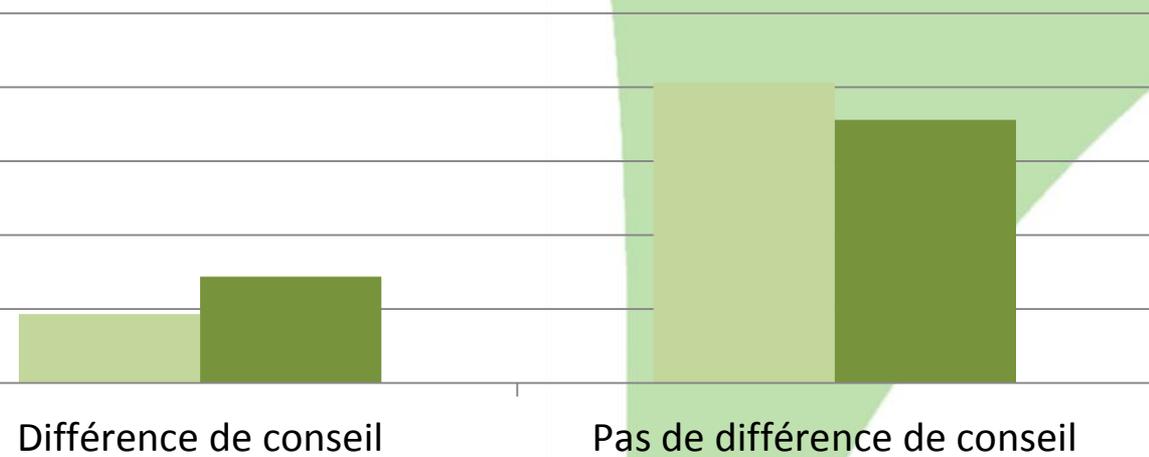
Différence de conseil P
 $f(\text{ProfMaxTrav})=I_sP$





Nombre de parcelles par différences de conseils P pour une culture d'exigence faible ou forte entre les couches 0-10 et 0-20 cm

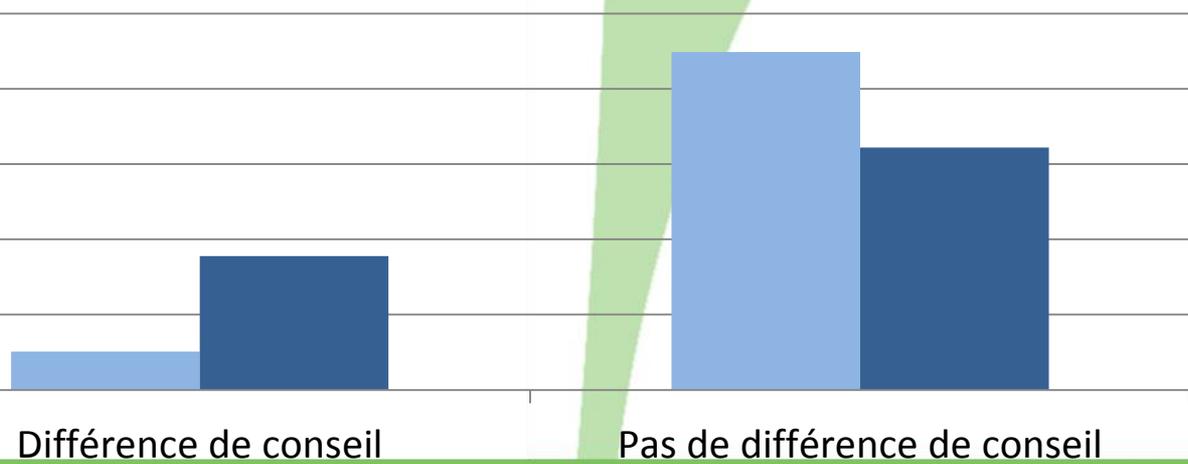
Nombre de parcelles
100
80
60
40
20
0



■ Conseil de fumure P exigence faible

Nombre de parcelles par différences de conseils K pour une culture d'exigence faible ou forte entre les couches 0-10 et 0-20 cm

Nombre de parcelles
100
80
60
40
20
0



■ Conseil de fumure K exigence faible

