

Les apports du projet JUSTE_P à l'amélioration du raisonnement de la fertilisation phosphatée

....

Quelles suites pour le COMIFER ? (groupe PKMg)



Pascal Denoroy (ISPA)



Alain Mollier (ISPA)



Coralie Chesseron (ISPA)



Lionel Jordan-Meille (ISPA)



Paul Tauvel (ITB)



Remy Pico
(LabEx COTE
Université Bordeaux)



Gregory Vérice (Arvalis)

(Possibilité de poser des questions par le tchat ; modérateur : A.Mollier)

Contexte : raisonnement de la fertilisation P en France et Europe (LJM)

Justifications du projet (LJM)

Présentation de la méthode

Rassemblement, organisation des données (P.Denoroy)

Traitement des données (A.Mollier)

Présentation des résultats actuels et des livrables disponibles

(LJM, G.Vericel)

Questions méthodologiques à trancher pour publier de nouvelles référence

(LJM, G.Vericel)

Questions encore à traiter à la lumière des premiers résultats

Mise à jour des références... sans remettre à plat la méthode COMIFER

Autres suites à donner à l'étude

Un raisonnement généralement identique partout

I

Caractériser le « P_{biodisponible} »
Extractions



II

Diagnostic de l'état de
la fertilité P du sol :
Définition de « Seuils »



III

Préconisations



Un raisonnement généralement identique partout – France vs UE

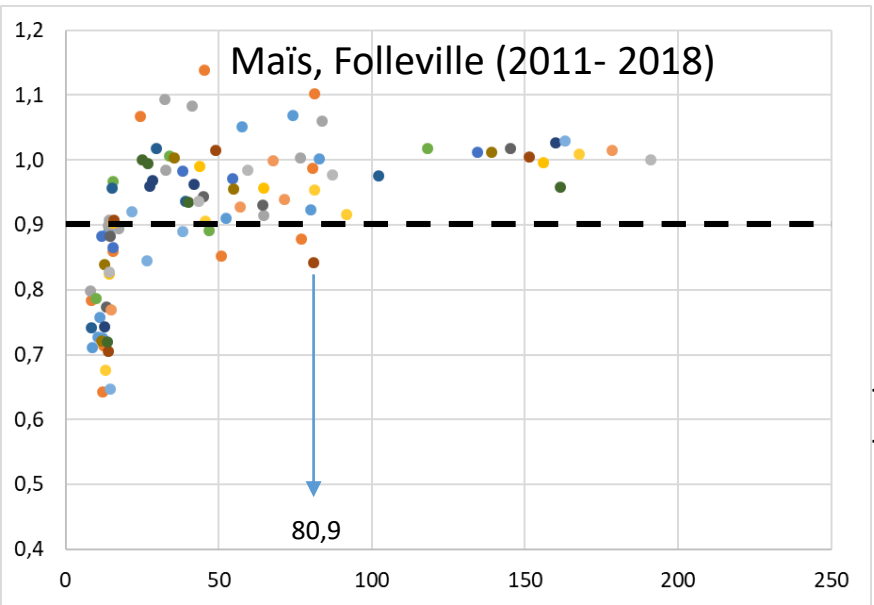
I Cas des méthodes d'extraction

Pays	Méthode	Extractants chimiques	Mécanisme
Danemark	Olsen	Bicarbonate de sodium, pH 8.5	Complexation par cations
Royaume-Uni			
France			
Italie			
Espagne			
Belgique (FI)	AL	Lactate d'ammonium + Acide acétique, pH 3.75	Echange anionique, Dissolution acide
Allemagne	CAL	Acetate de Ca+ Lactate de Ca + Acide Acétique, pH 4.1	Echange anionique, Dissolution acide
Belgique (Wal)	NH ₄ Ac EDTA	Acétate d'ammonium + Acide acétique + EDTA, pH 4.65	Echange anionique, Dissolution acide
Suisse			
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

⇒ Choix de l'extractant le plus utilisé

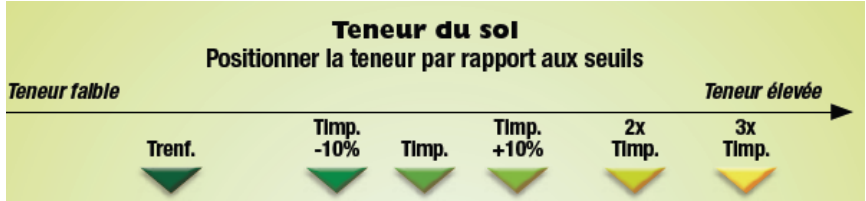
Un raisonnement généralement identique partout – France vs pays européens

II Définition de valeurs seuils



⇒ **Fixation des seuils sécuritaire, consubstantielle au choix de la méthode**

- Mauvaise traçabilité des données utilisées (essais utilisés)
- Traçabilité des principes de raisonnement souvent faible



⇒ **Complexité de la règle d'interprétation**

Un raisonnement généralement identique partout – France vs Pays européens

II Définitions de classes d'exigences

Exigence des cultures ? “Capacity of cultures” (Suisse)
= “Sensitive crops”(Danemark)
= “P demand” (Hongrie)
= “P responsiveness” (Angleterre)
= “Crop P demand” (Pays-Bas)

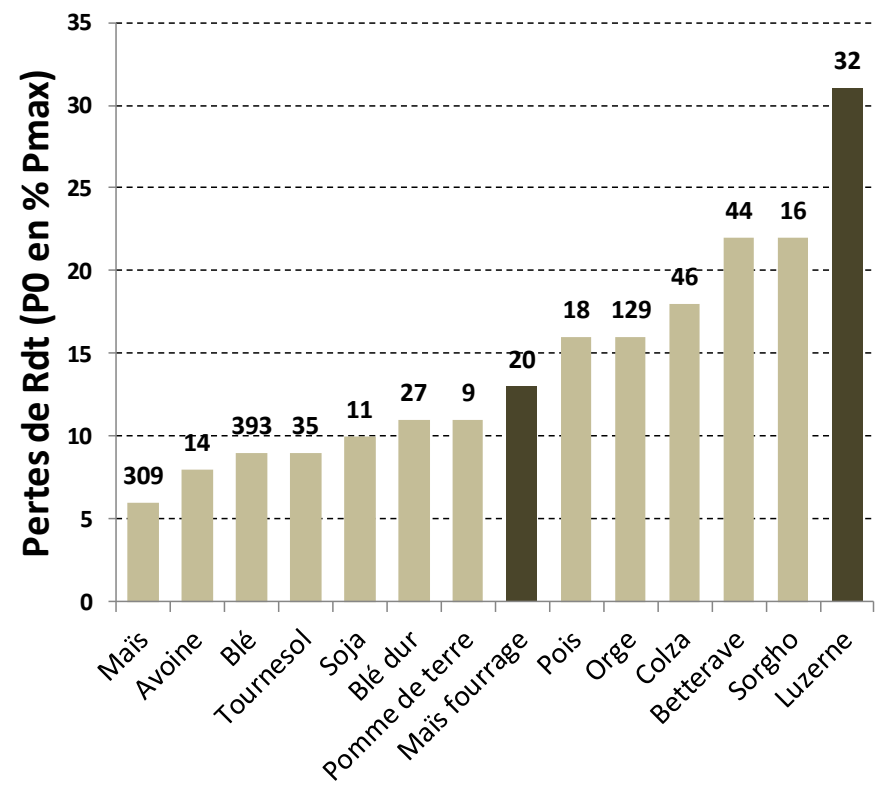
⇒ Définition toute relative de l'exigence : notion à retravailler

Un raisonnement généralement identique partout – France vs Pays européens

II Définitions de classes d'exigences

Effet d'impasses répétées de fertilisation PK sur le rendement

Source : COMIFER



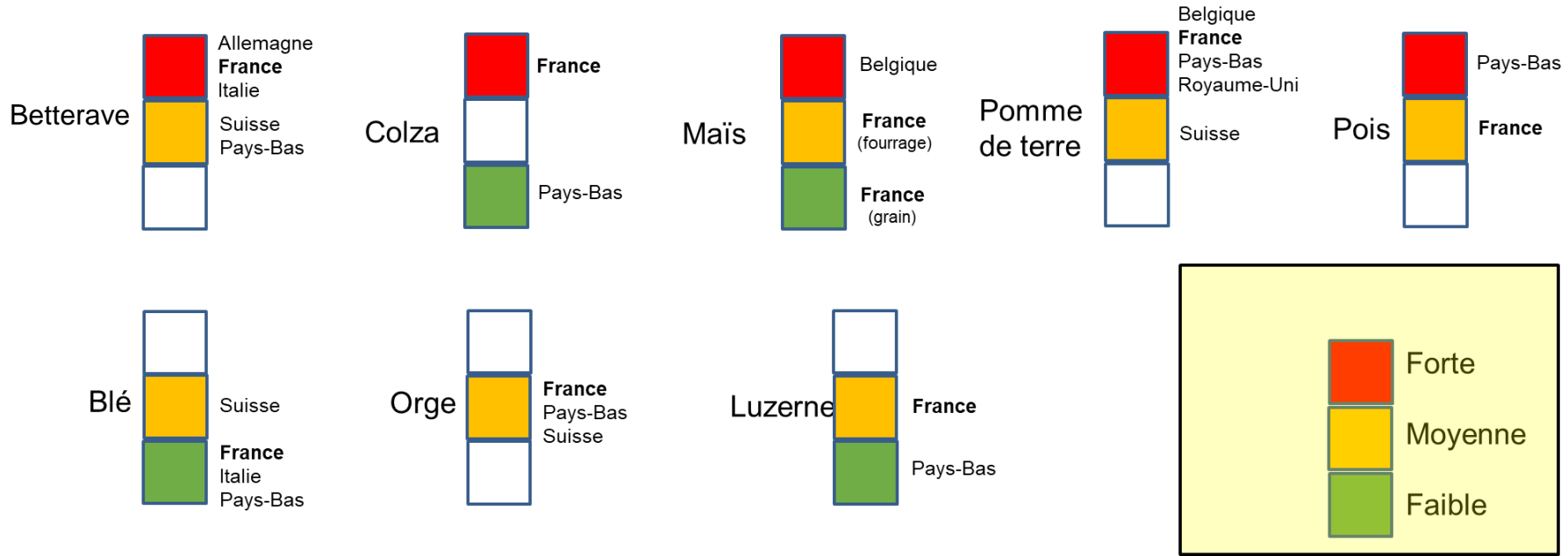
Valeurs chiffrées sur chaque barre : nombre de données par espèce

En France, l' « exigence », ce n'est pas :

mais c'est :

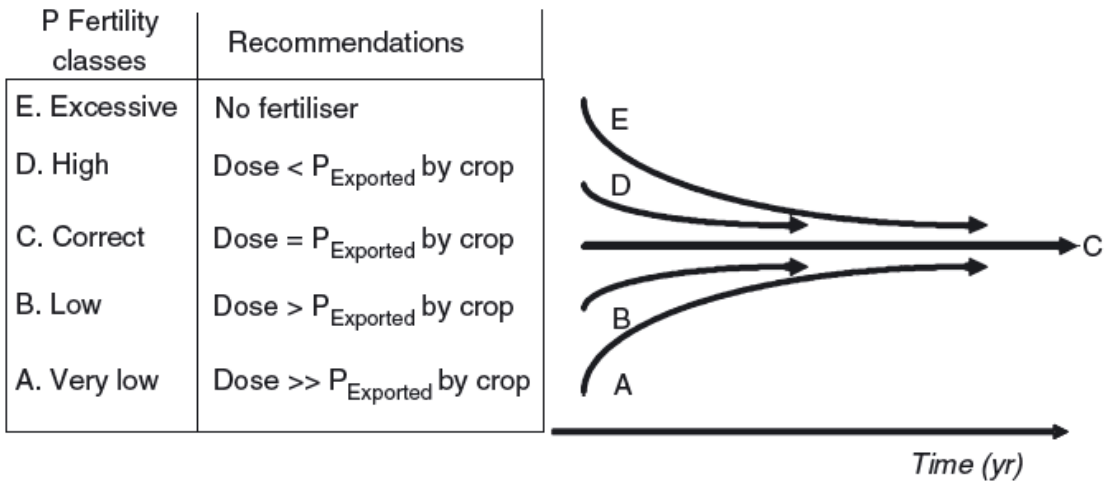
Un raisonnement généralement identique partout – A quelques nuances près

II Définitions de classes d'exigences



⇒ Définition toute relative de l'exigence : notion à retravailler

Un raisonnement généralement identique partout – A quelques nuances près
III Préconisations : basées sur le niveau des exportations



- 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})

⇒ **Importance de la connaissance du bon niveau des exportations**

Un raisonnement généralement identique partout – A quelques nuances près

III Préconisations : basées sur le niveau des exportations

ANNEXE 2 : GRILLE COMIFER 2009 – TENEURS DES RÉCOLTES ET COEFFICIENTS MULTIPLICATEURS

<https://comifer.asso.fr/images/publications/livres/tablesexportgrillescomifer2009.pdf>

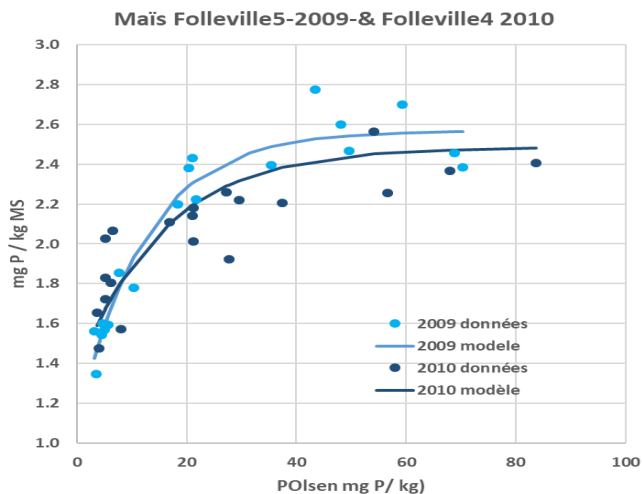
TENEURS EN P, K et Mg des organes végétaux récoltés

pour les cultures de plein champ et les principaux fourrages

Références obtenues sur essais avec conditions non limitantes

Or les teneurs en P des parties récoltées varient selon la teneur en P du sol

⇒ Réévaluation des teneurs à des valeurs minimales permettant d'atteindre le rendement maximum



Fixation de seuils sécuritaires

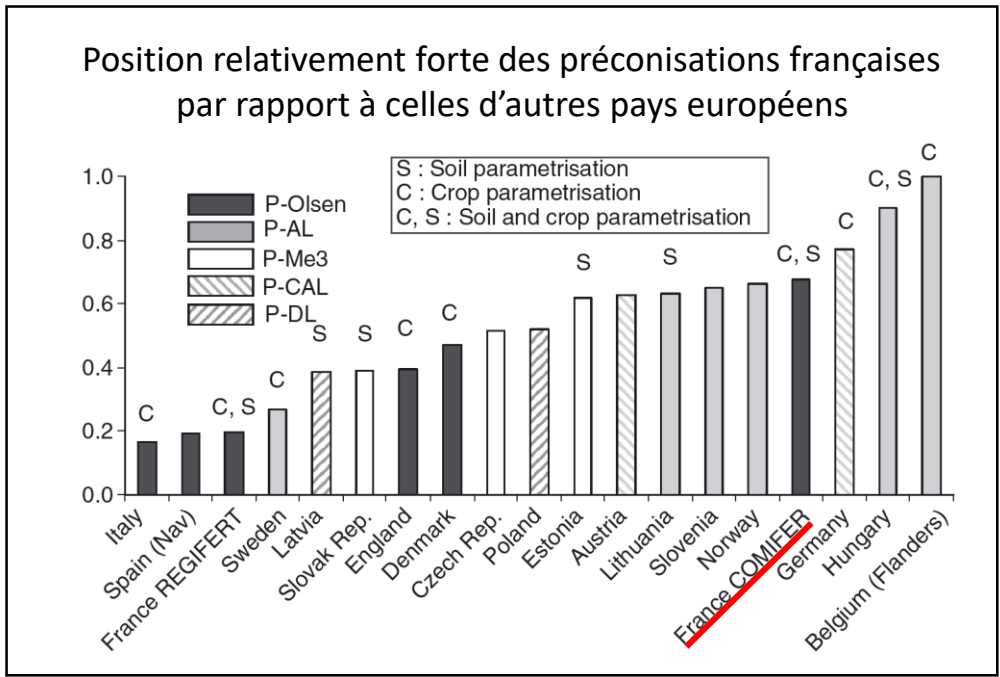
+

Teneur P des récoltes surestimées / seuil impasse

+

Amplitude des coefficients multiplicateurs élevée

=



+

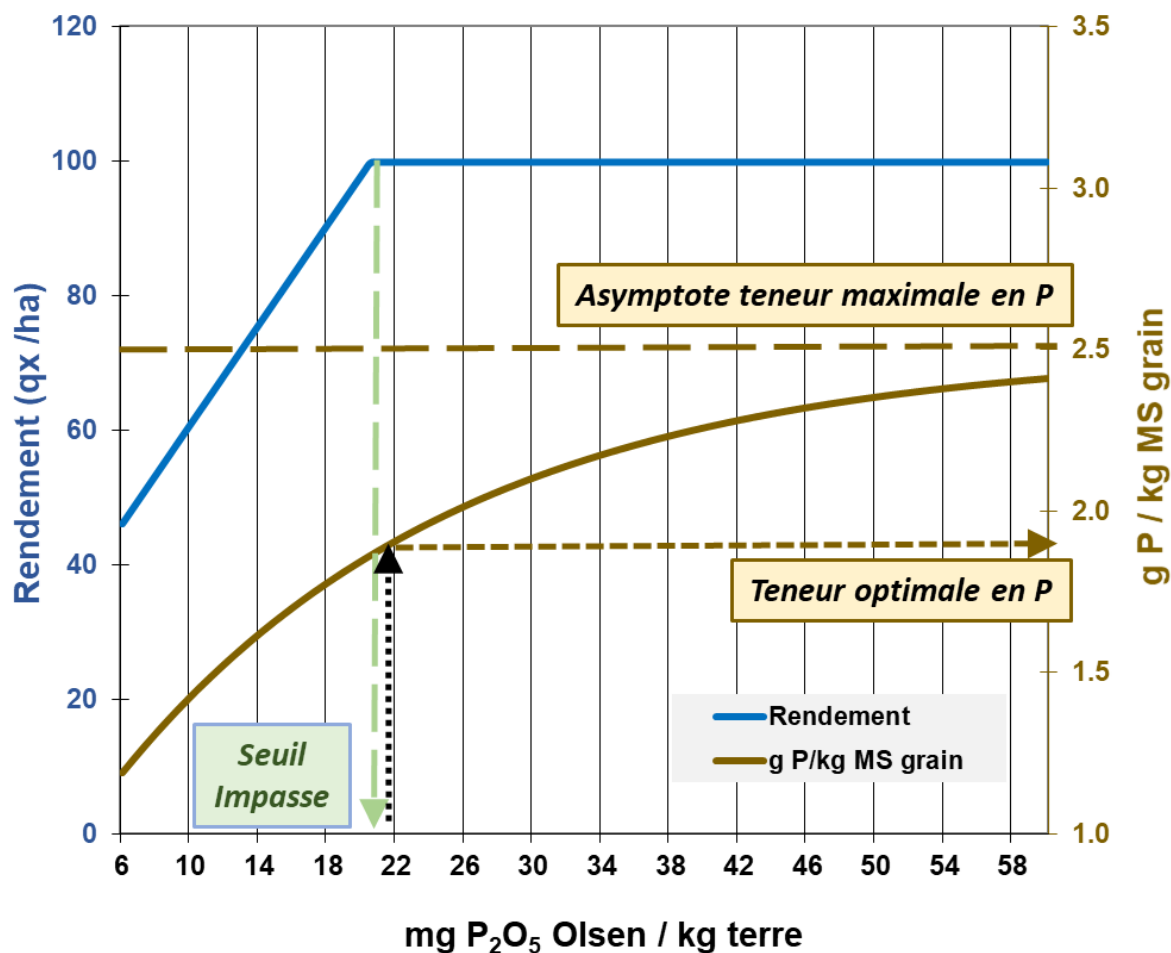
Problème de traçabilité sur utilisation des données

⇒ **Juste-P : Redéfinir les valeurs de référence « au plus juste » pour gérer la fertilisation P**

(Jordan-Meille et al. 2012)

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 (\leftrightarrow pas de carence) pour P



Le déroulement des travaux JUSTE_P, méthodes

Rassemblement et homogénéisation des références

Typologie, inventaire des données disponibles (1/4)

Types d'essais

- essais de longue durée : peu de sites, DPS (disponibilité P sol) contrastées dès début, données à échelle parcelles (répétitions), sauf Vivescia (moyennes)
 - Limites :
 - protocoles parfois fluctuant ⇔ exégèse pour homogénéisation (très chronophage)
 - échantillonnage sol irrégulier dans le temps → interpolation ou estimation des analyses de terre (regr. Cp/P_Olsen),
 - facteur perturbant certaines années (climat, maladie...)
 - besoins d'analyses complémentaires (faites en début projet)
- Essais annuels CASDAR-RIP : gradient large (0 → 400 kg P₂O₅/ha), pas de répétition
 - Limites : effet parfois limité des traitements, interaction autre facteur ⇔ réponse nulle ou peu nette

Typologie, inventaire des données disponibles (2/4)

Choix des priorités de situations étudiées

* cultures prioritaires : céréales et betterave sucrière ; *imprévu* : *crise de la jaunisse de la betterave* ⇔ *pas de résultats d'essais betterave en 2020* !

- Mais aussi autres cultures quand intercalées ou disponible (colza, tournesol...)
- Pas de classement/regroupement *a priori* des cultures (« exigence »)

* sols : une gamme subie !

sols surtout alcalins, calcaires ou non (cf. taux CaCO_3), textures très variables

argile → sable ; pH > 7.4 (sauf 1 cas) ; CaCO_3 : 0 → 750 g/kg ; CEC (Metson) : 6 → 19 ;
profondeur : 25 cm → > 200 cm ; MOS : 1 → 5.3 %

* Cas d'apprentissage : Folleville (INRAE, 78, nombreuses cultures)

Typologie, inventaire des données disponibles (3/4)

Facteurs d'hétérogénéité des données

- Profondeur de prélèvement de terre (en lien avec travail du sol)
 - Labour (25-30 cm) / Non Labour avec prélèvement dans horizon superficiel travaillé (5-10 cm) + parfois horizon en dessous jusqu'à 25-30 cm \Leftrightarrow calculs de DPS sur « h.labour »
teneurs pondérées *masse terre
- Prélèvement avant ou après fertilisation ; pas différenciés à cette étape du travail (et pas toujours connu)

Typologie, inventaire des données disponibles (4/4)

Facteurs d'incertitude sur les données

- Interpolation des analyses de terre, linéaire en fonction du temps.
Une interpolation sur la base des bilans P nécessiterait de connaître la teneur des récoltes ... qui est un enjeu du projet
- Pas de suppression de données « douteuses » dans les essais retenus
 - Difficulté de définir un critère objectif et valide partout
 - Visuellement, cela n'aurait pas changé beaucoup les ajustements

Essais de longue durée traités pour seuil impasse (début décembre)

Site	années traitées	cultures traitées	années restantes	remarques	argile (%), pH_eau & CaCO3 (%)
Folleville (78) (5 soles)	2007 à 2020 (*5)	blé tendre, blé dur, orge printemps, escourgeon hiver, maïs, colza, betterave,	1958 à 2006	analyses avant 2006 rares à inexistantes	arg.=29, pH=8.1 ; CaCO3=1.8
Auzeville (31)	2003-2020 (-5)	blé dur, sorgho, tournesol	1969 à 2002	quelques autres cultures à voir	arg.=28, pH=8.0 ; CaCO3=2
Miermaigne (28)	1989, 2005, 2009, 2010, 2017	blé tendre, lin, betterave	depuis 1976	autres cultures à traiter	arg.= ?, pH= neutre ? ; CaCO3= 0 ?
Feuges (10)	2008 à 2010	orge, betterave, blé tendre	?	disponibilité autres données ?	arg.=22, pH=8.2 ; CaCO3=75
Seuil	2011 à 2019	colza,orge ptps, betterave sucre, blé, escourgeon, luzerne	-	données moyennes	arg.= ?, pH= ? ; CaCO3= élevé ?
Maizières la grande Paroisse	2009 à 2017	colza, orge hiver, blé, escourgeon	-	données moyennes	arg.= ?, pH= ? ; CaCO3= élevé ?
Colombé le Sec	2009 à 2017	colza, orge hiver, blé, escourgeon	-	données moyennes	arg.= ?, pH= ? ; CaCO3= ?

Essais de longue durée à traiter

Site	années traitées	cultures traitées	années restantes	remarques	argile (%), pH_eau & CaCO3 (%)
Kerguehenec (56)	-	maïs, blé, orge, colza,			arg.= ?, pH= ? ; CaCO3= 0 ?
Pierroton (33)	-	maïs, carotte, haricot vert	1995-2015		arg.= 5, pH= 5.8 ; CaCO3= <1
Saint Félix (17)	-	orge, blé tendre, maïs	2006-2010	plus ancien : analyses disponibles ?	arg.= 45, pH= 8.1 ; CaCO3= 27
Mant (40)	-	maïs	1975-1992		arg.= 12, pH= 7.3 ; CaCO3 < 1
Carcars Ste Croix (40)	-	maïs	1991-2004		arg.= 6, pH= 5.9 ; CaCO3= <1
Presly (18)	-	maïs	2001 - 2003	autres années ?	arg.= 5, pH= 5.8 ; CaCO3= <1

Essais annuels traités pour seuil impasse

Responsable	Sites & années	cultures	Remarques
Arvalis	Vraux 2008, Manosque 2009, Cailhau-1 2010, Cailhau-2 2010, Cailhau-3 2010, Noilhan 2010, Odars 2010, Quemigny 2010	blé dur, orge printemps	Plusieurs essais sans reponse
ITB	Ferte-Chevresis 2008, Barenton 2009, Aumenancourt 2010, Bellefontaine 2010, Bourgogne 2010	betterave à sucre	Des essais sans reponse
CETIOM	Lagardelle 2009, Montagnac 2009, Vaudremont 2009, Payra sur l_Hers 2010, Vaux-sous-Aubigny 2010, Villey Saint Etienne 2010	colza	Des essais sans reponse

Essais annuels à traiter

Site	années traitées	cultures traitées	années restantes	remarques	argile (%), pH_eau
Mery es Bois (18)		colza	2006	essai redecoupé	arg = pH = 6 ;
Pouldreuzic (29)		maïs fourrage	2008		arg = 20 ; pH = 5.4
Cleden Cap Sizun (29)		maïs	2009		arg = 15 ; pH = 4.5

Essais traités pour teneur P récolte

Site	années traitées	cultures traitées	années restantes	remarques
Folleville (78) (5 soles)	2007 à 2020 (*5)	blé tendre, blé dur, orge printemps, escourgeon hiver, maïs, colza	quelques années	analyses à faire
Auzeville (31)	2003-2020 (-5)	blé dur, sorgho, tournesol	1969 à 2002	
Miermaigne (28)	2010	blé tendre	depuis 1976	analyses anciennes ? (Soyer)

Essais à traiter

Site	années traitées	cultures traitées	années restantes	remarques
Kerguehenec (56)	-	blé, pois, orge, colza	2015 à 2020	manque analyses terre
Pierroton (33)	-	maïs, carotte, haricot vert	1995-2015	
Mant (40)	-	maïs	1975-1992	
Carcares Ste Croix (40)	-	maïs	1991-2004	

Organisation des fichiers de données

Pour les deux objectifs du projets conjointement

- 1) « Données-JUSTE_P-organisme-site-année.xlsx » : fichier regroupant toutes les information en divers onglets
 - Informations générales
 - Données annuelles/parcelle
 - Caractérisation sol
 - Météo
 - Protocole
 - Traitements
 - Données sol périodiques (*analyses hors caractérisation*)
 - Interventions agricoles

Structure provisoire « en test » pour aboutir à un format commun (BdD)

- 2) Fichier simplifié pour traitement des données « JUSTE_P-jeu-simplifié-...xlsx »

Identification	Identification	Identification	Identification	Identification	Identification	analyse terre	analyse terre	analyse terre	analyse terre	analyse terre	culture	culture	culture	culture	culture	culture
Site	Sole ou essai	bloc	parcelle	traitement théorique	années culture	horizon (cm sup/inf)	valeur Cp (mg P/L)	source Cp : mesuré (M) interpolée (I) ou estimée (E)	valeur P Olsen (mg P2O5/kg)	source Olsen : mesuré (M) interpolée (I) ou estimée (E)	culture espece	culture variété	organe ou partie plante	Rendement aux normes (q/ha ou T/ha)	humidité norme (%)	récolte teneur P g/ kg MS
Site	Essai	bloc	parcelle	traitnt	an-recolte	horizon	Cp	Cp_source	P_Olsen	Olsen_source	culture	variete	org_pl	Rdt_n	hum	P_ten_rec

Calcul éventuel Cp → P Olsen, et teneur pondérée moyenne sur horizons

```
site ;essai;bloc;parcelle;traitement;an_recolte;horizon;Cp;Cp_source;P_Olsen;Olsen_source;culture;variete;org_pl;Rdt_n;IR;hum;P_ten_rec
Folleville;4;1;31;P2 PhosNat;2008;0-20;0.066;M;23;M;colza;Grizzly;grain;27.36;1.06;9;6.43
Folleville;4;1;32;P2 PhosNat;2008;0-20;0.0682;M;23;M;colza;Grizzly;grain;21.27;0.82;9;6.09
Folleville;4;1;33;P2 PhosNat;2008;0-20;0.0381;M;10;M;colza;Grizzly;grain;10.96;0.42;9;6.75
```

Etapes d'étude , seuil(s) d'impasse

- Ajuster les modèles à chaque année et calcul du seuil d'impasse (*respectivement « teneur P optimale » des récoltes »*) par essai * modèle (4)
 - distribution des seuils ⇔ intervalle de confiance sur le seuil « moyen » (pour 1 site)
 - ⇔ critères « prise de risque » pour des seuils opérationnels
- Ajuster les modèles à chaque année → le « plateau de réponse » estimé servira de dénominateur pour le calcul de l'indice de rendement (IR) pour chaque essai :
IR parcelle = Rdt parcelle / plateau (moyen linéaire-plateau & quadratique-plateau)
- Avec les IR, ajustement des seuils par « culture * site », toutes années confondues
Années « sans réponse » non intégrées : risque de confusion avec autre facteur, bien que risque de perte d'info si seuil < P_Olsen minimum
- Étude comparative **en cours** des seuils (base IR) entre
 - sites (*regroupement / « type de sol » ? « système agricole » ?*)
 - cultures (*« classes » ? ⇔ selon seuil ou selon paramètres de réponse ?*)

Etapes d'étude, teneur en P des récoltes au seuil d'impasse sol

- Ajuster les modèles réponse teneur P récolte à P Olsen pour chaque année.
- ↓
- Calcul de teneur P « optimale » (« P_{opt} ») des récoltes » par essai , pour les 4 seuils d'impasse mais seulement le modèle Mitschlerlich pour la reponse de [P]_recolte
- ↓
- Étude de variabilité de [P]_recolte suivant rendement, dans hypothèse de dilution du P dans récolte → 2 paramètres concernés :
 - asymptote du modèle \Leftrightarrow calcul de bilan pour tout P_Olsen et rendement
 - Modele du genre : $[P]_{recolte} = a * Rdt^b * (1 - \exp(-1 * c * (P_{Olsen} - d)))$
ou $[P]_{recolte} = (a + b * Rdt) * (1 - \exp(-1 * c * (P_{Olsen} - d)))$
 - P_{opt} , pour évaluer de flux « objectif » : $[P]_{opt} = a - b * Rdt$
- Variabilité inter-culture (certaine) & inter-site (références rares !)

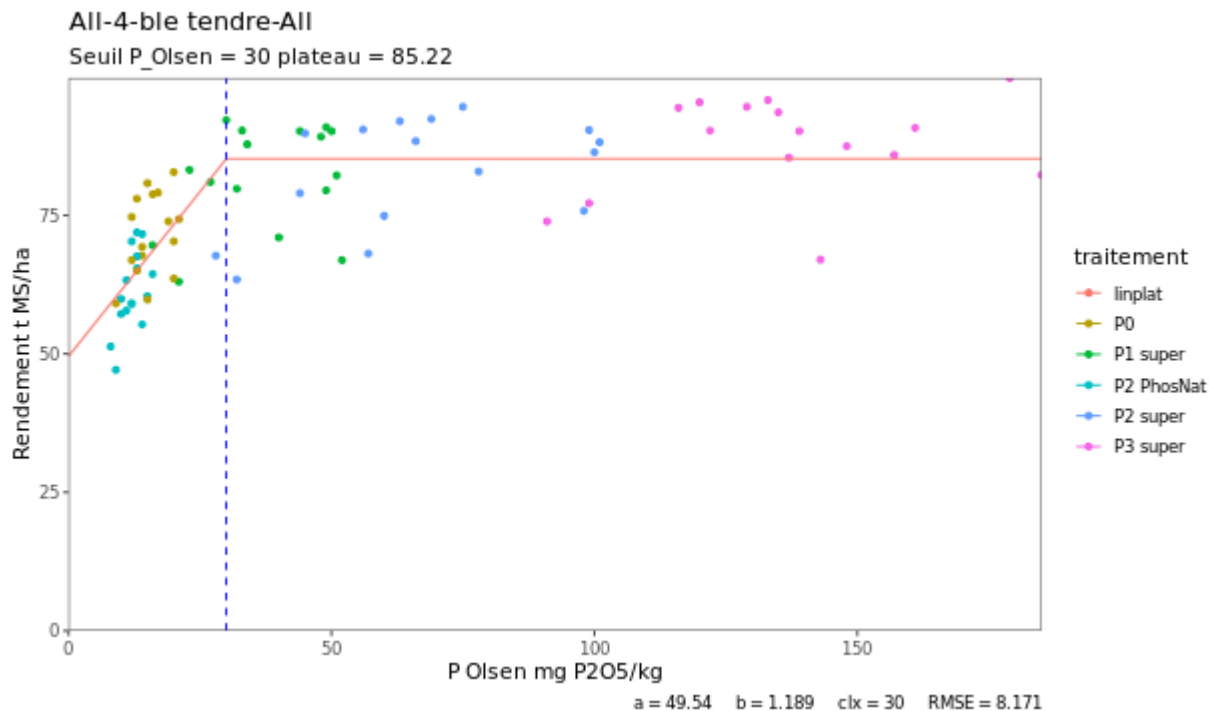
Ajustements de modèles statistiques entre un indicateur sol de biodisponibilité et une variable de réponse plante

Application web

Les modèles statistiques

Le modèle linéaire plateau

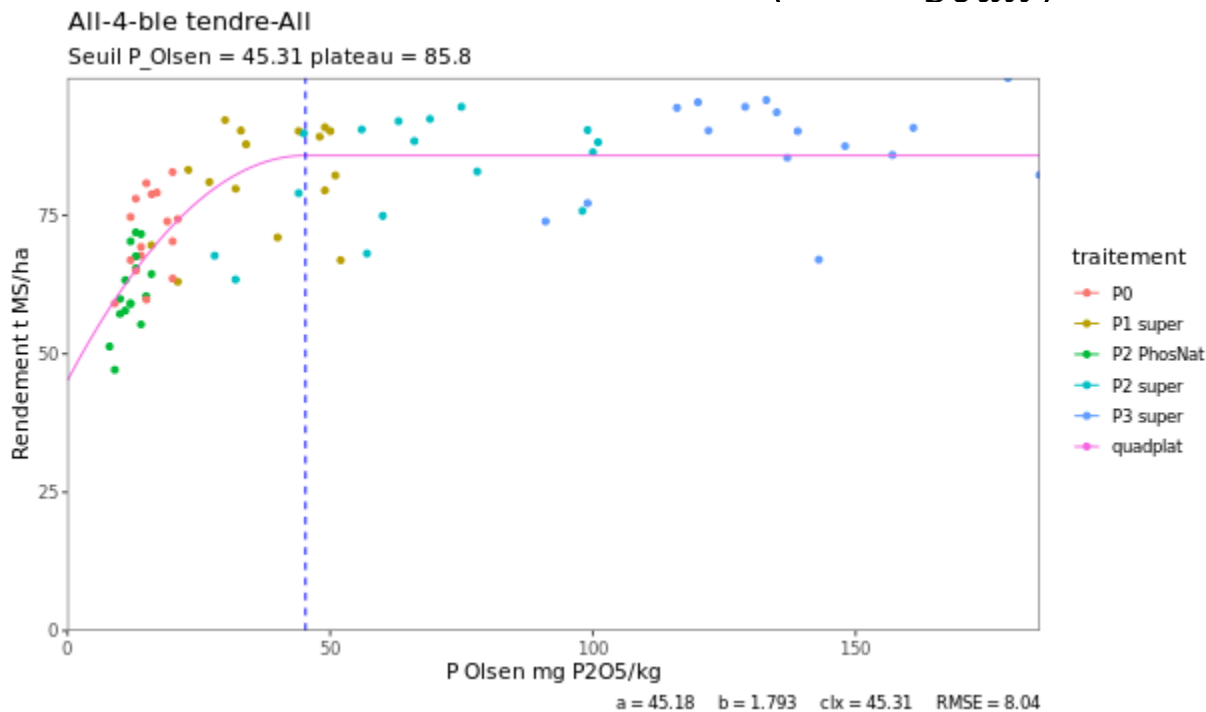
Si $X < \text{Seuil}$ alors $Y = a + b \cdot X$ sinon $Y = a + b \cdot \text{Seuil}$



Le modèle quadratique plus un plateau

Si $X < \text{Seuil}$ alors

$$\begin{aligned}
 Y &= a + b \cdot X \\
 &+ \left(-0.5 \cdot \frac{b}{\text{Seuil}} \right) \cdot X^2 \\
 \text{sinon} &= a + b \cdot \text{Seuil} + \left(-0.5 \cdot \frac{b}{\text{Seuil}} \right)
 \end{aligned}$$

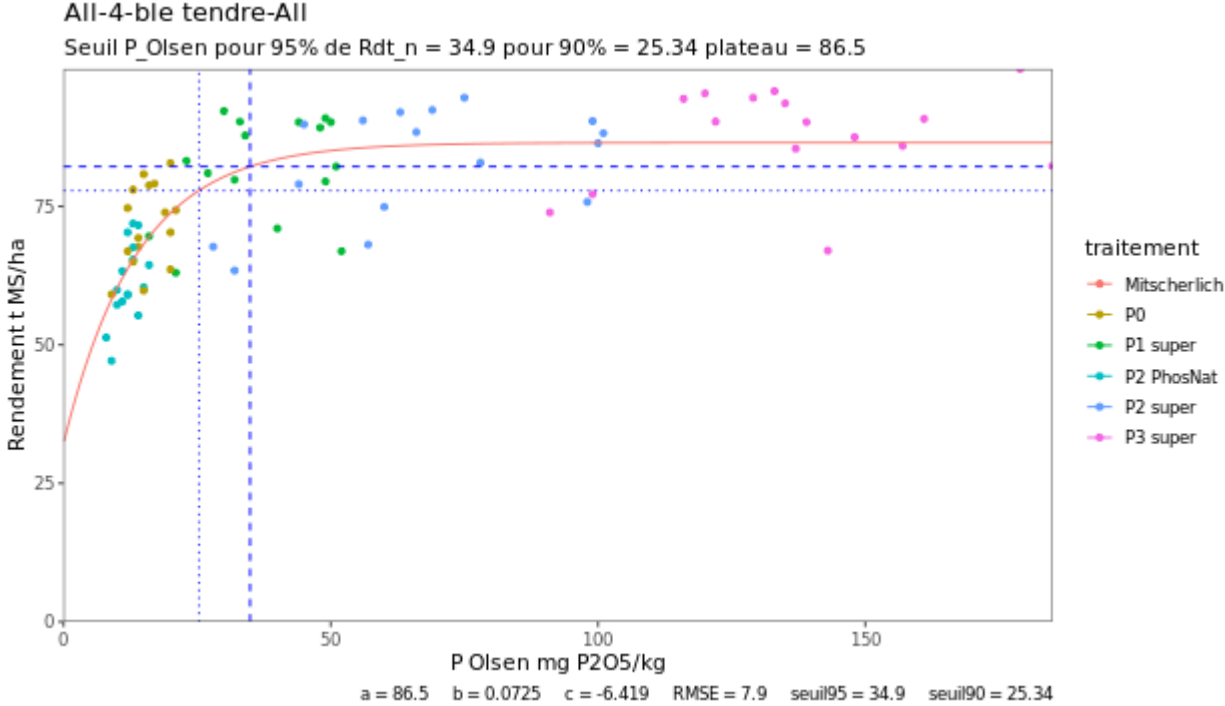


Le modèle Mitscherlich

$$Y = a \left(1 - e^{-b \cdot (X-c)} \right)$$

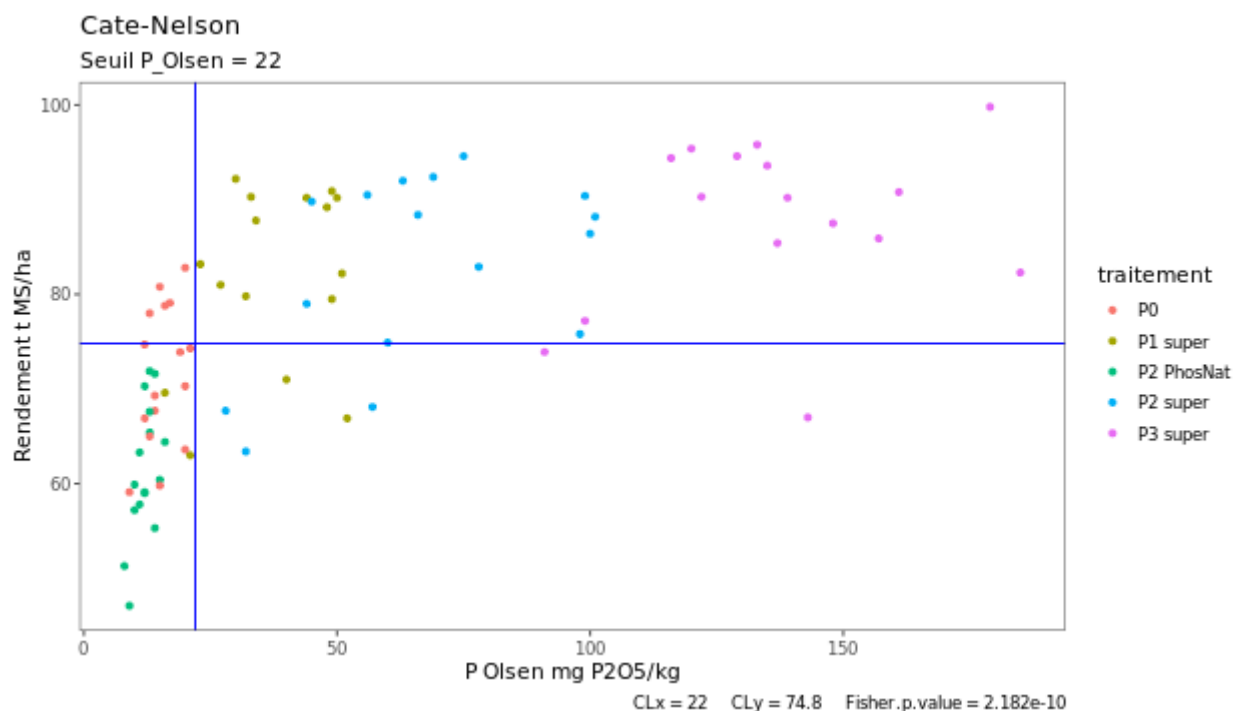
Seuil à 95 % de la valeur asymptotique

$$Seuil_{95\%} = \frac{-\ln(1 - 0.95)}{b} + c$$



La méthode Cate-Nelson

The method in this function follows Cate, R. B., & Nelson, L.A. (1971). A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. Soil Science Society of America Proceedings 35, 658-660.



Les quatre méthodes d'ajustement dans une seule application Web

<https://ispa.bordeaux.inra.fr/services/justep/>

Développée avec R et Shiny

Juste P project
Menu

Choose CSV file

Browse... Jeu-test.csv

Upload complete

Separator

Semicolon

Comma

Tab

Space

Contact Admin

Data selection

1. Select x variable
P_Olsen

2. Select y variable
Rdt_n

3. Select site
All

4. Select essai
4

5. Select culture
ble tendre

6. Année recolte
All

7. Horizon (cm)
All

Lineaire-plateau Quadratique-plateau Mitscherlich Cate-Nelson Data Plot

Modèles

auto ini a.ini b.ini clx.ini

All-4-ble tendre-All
Seuil P_Olsen = 30 plateau = 85.22

traitement
— linplat
— P0
— P1 super
— P2 PhosNat
— P2 super
— P3 super

a = 49.54 b = 1.189 clx = 30 RMSE = 8.171

[Download the plot](#)

Formula: Y ~ linplat(X, a, b, clx)

Parameters:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
a. (Intercept)	49.5436	4.2268	11.721	< 2e-16 ***
b.X	1.1891	0.2588	4.594	1.67e-05 ***
clx	30.0001	3.5293	8.500	1.10e-12 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Chargement du jeu de données (*.csv)

Choose CSV file

Browse... Jeu-test.csv

Upload complete

Separator

Semicolon

Comma

Tab

Space

Contact Admin

Data selection

1. Select x variable
P_Olsen

2. Select y variable
Rdt_n

3. Select site
All

4. Select essai
4

5. Select culture

6. Année récolte
All

7. Horizon (cm)
All

Lineaire-plateau | Quadratique-plateau | Mitscherlich | Cate-Nelson | Data | Plot

Modèles

auto ini

a.ini b.ini clx.ini

All-4-ble tendre-All
Seuil P_Olsen = 30 plateau = 85.22

Download the plot

Formula: $Y \sim \text{linplat}(X, a, b, \text{clx})$

Parameters:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
a. (Intercept)	49.5436	4.2268	11.721	< 2e-16 ***
b.X	1.1891	0.2588	4.594	1.67e-05 ***
clx	30.0001	3.5293	8.500	1.10e-12 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Identification	Identification	Identification	Identification	Identification	Identification	analyse terre	analyse terre	analyse terre	analyse terre	analyse terre	culture	culture	culture	culture	culture	culture
Site	Sole ou essai	bloc	parcelle	traitement théorique	année récolte	horizon (cm sup/inf)	valeur Cp (mg P/L)	source Cp : mesuré (M) interpolée (I) ou estimée (E)	valeur P Olsen (mg P2O5/kg)	source Olsen : mesuré (M) interpolée (I) ou estimée (E)	culture espece	culture variété	organe ou partie plante	Rendement aux normes (q/ha ou T/ha)	humidité norme (%)	récolte teneur P g/ kg MS
Site	Essai	bloc	parcelle	traitm	an-recolte	horizon	Cp	Cp_source	P_Olsen	Olsen_source	culture	variete	org_pl	Rdt_n	hum	P_ten_rec

Sélection des variables

The screenshot displays the 'Juste P project' web interface. On the left, there is a sidebar with options for 'Choose CSV file' (Browse..., Jeu-test.csv, Upload complete), 'Separator' (Semicolon, Comma, Tab, Space), and 'Contact Admin'. The main area is titled 'Data selection' and contains seven dropdown menus: 1. Select x variable (P_Olsen), 2. Select y variable (Rdt_n), 3. Select site (All), 4. Select essai (4), 5. Select culture (ble tendre), 6. Année recolte (All), and 7. Horizon (cm) (All). To the right, there are tabs for 'Lineaire-plateau', 'Quadratique-plateau', 'Mitscherlich', 'Cate-Nelson', 'Data', and 'Plot'. Below these is a 'Modèles' section with a 'Modèles' icon and input fields for 'a.ini', 'b.ini', and 'clx.ini'. A 'Download the plot' button is visible. The central plot is titled 'All-4-ble tendre-All' and shows 'Rendement t MS/ha' on the y-axis (0 to 75) versus 'P Olsen mg P2O5/kg' on the x-axis (0 to 150). A red horizontal line is drawn at approximately 85.22, and a blue vertical dashed line is at 30. The plot includes data points for different treatments: linplat (red), P0 (yellow), P1 super (green), P2 PhosNat (cyan), P2 super (blue), and P3 super (magenta). Below the plot, the formula is given as $Y \sim \text{linplat}(X, a, b, \text{clx})$ and a table of parameters is shown:

Parameters:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
a. (Intercept)	49.5436	4.2268	11.721	< 2e-16 ***
b.X	1.1891	0.2588	4.594	1.67e-05 ***
clx	30.0001	3.5293	8.500	1.10e-12 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Choix du modèle

The screenshot shows the 'Juste P project' web interface. On the left, there is a sidebar with 'Choose CSV file' (Jeu-test.csv), 'Separator' (Semicolon), and 'Contact Admin'. The main area is titled 'Data selection' and includes dropdown menus for '1. Select x variable' (P_Olsen), '2. Select y variable' (Rdt_n), '3. Select site' (All), '4. Select essai' (4), '5. Select culture' (ble tendre), '6. Année recolte' (All), and '7. Horizon (cm)' (All). A red box highlights the 'Modèles' section with options: 'Lineaire-plateau', 'Quadratique-plateau', 'Mitscherlich', and 'Cate-Nelson'. Below this, there are input fields for 'a.ini', 'b.ini', and 'clx.ini', with 'auto ini' checked. A scatter plot shows 'Rendement t MS/ha' vs 'P Olsen mg P2O5/kg' with a fitted curve and a vertical dashed line at P_Olsen = 30. A blue callout box points to the 'auto ini' checkbox and the plot, stating 'Ajustement automatique valeurs initiales auto ou fournies par l'utilisateur'. Below the plot, there is a 'Download the plot' button and a table of parameters.

Parameters:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
a. (Intercept)	49.5436	4.2268	11.721	< 2e-16 ***
b.X	1.1891	0.2588	4.594	1.67e-05 ***
clx	30.0001	3.5293	8.500	1.10e-12 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Ajustement automatique valeurs initiales auto ou fournies par l'utilisateur

Paramètres ajustés+stat

Seuil ajusté

Juste P project

Choose CSV file

Browse... Jeu-test.csv

Upload complete

Separator

- Semicolon
- Comma
- Tab
- Space

Contact Admin

Data selection

1. Select x variable

P_Olsen

2. Select y variable

Rdt_n

3. Select site

All

4. Select essai

4

5. Select culture

ble tendre

6. Année recolte

All

7. Horizon (cm)

All

Lineaire-plateau Quadratique-plateau Mitscherlich Cate-Nelson Data Plot

Modèles

auto ini a.ini b.ini clx.ini

All-4-ble tendre-All
Seuil P_Olsen = 30 plateau = 85.22

a = 49.54 b = 1.189 clx = 30 RMSE = 8.171

Download the plot

Formula: $Y \sim \text{linplat}(X, a, b, \text{clx})$

Parameters:

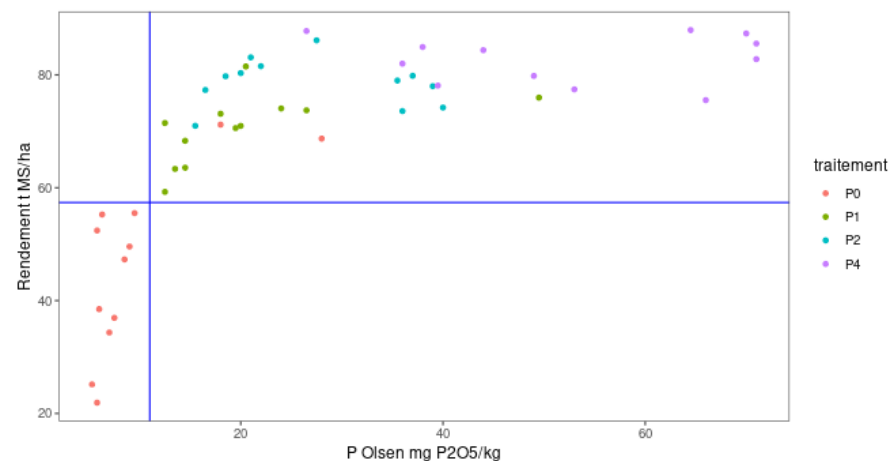
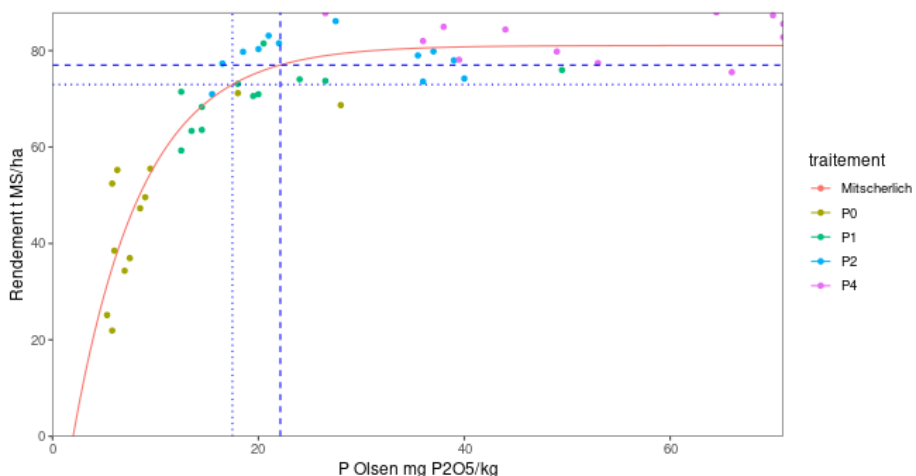
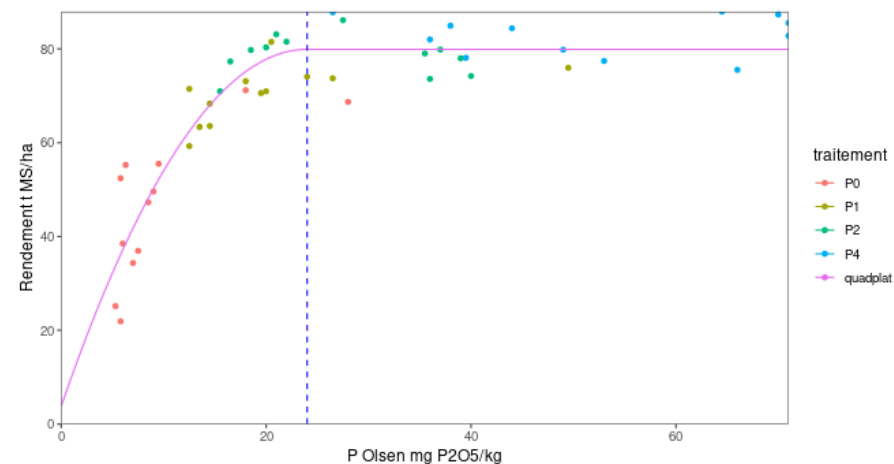
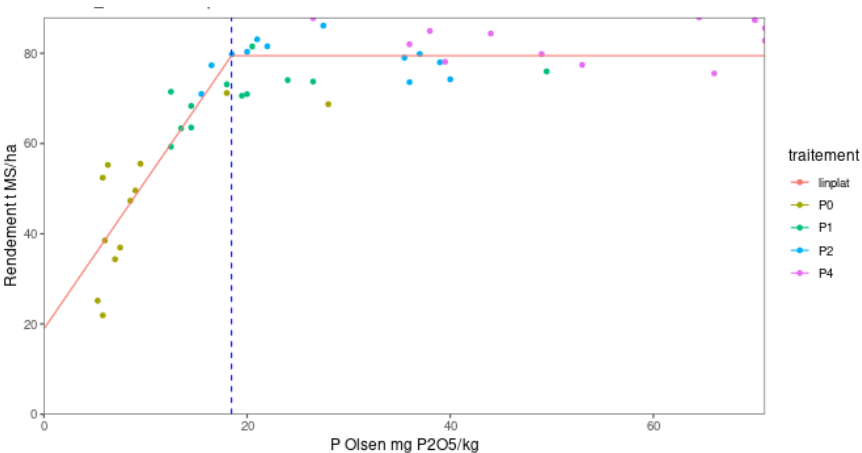
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
a. (Intercept)	49.5436	4.2268	11.721	< 2e-16 ***
b.X	1.1891	0.2588	4.594	1.67e-05 ***
clx	30.0001	3.5293	8.500	1.10e-12 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Paramètres ajustés+RMSE

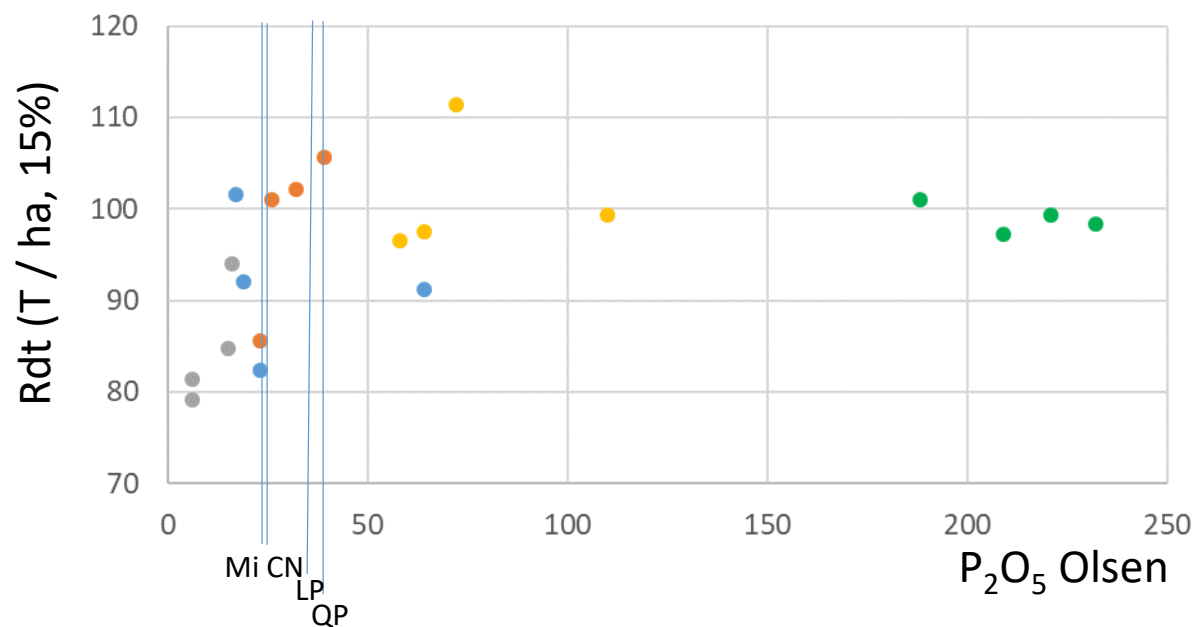
Tableaux des valeurs brutes – Seuils d'impasse

Caractéristiques de sites d'essais et des échantillons sol / plante							Modèles statistiques - Seuils P ₂ O ₅ Olsen										
							Lineaire-plateau			Quadratique-plateau			Mitscherlich			Cate-Nelson	
Site	Essai	Année	Espèce	variété	Horizon	Rdt ou IR	Seuil	plateau	RMSE	Seuil	plateau	RMSE	a ajusté	RMSE	Seuil 0.95	Seuil 0.90	Seuil
Auzeville	P	2014	blé dur	Fabulis	0-30	Rdt	18,46	79,47	6,47	24	79,9	6,249	81,06	6,31	22,13	17,47	11



Tableaux des valeurs brutes – Seuils d’impasse

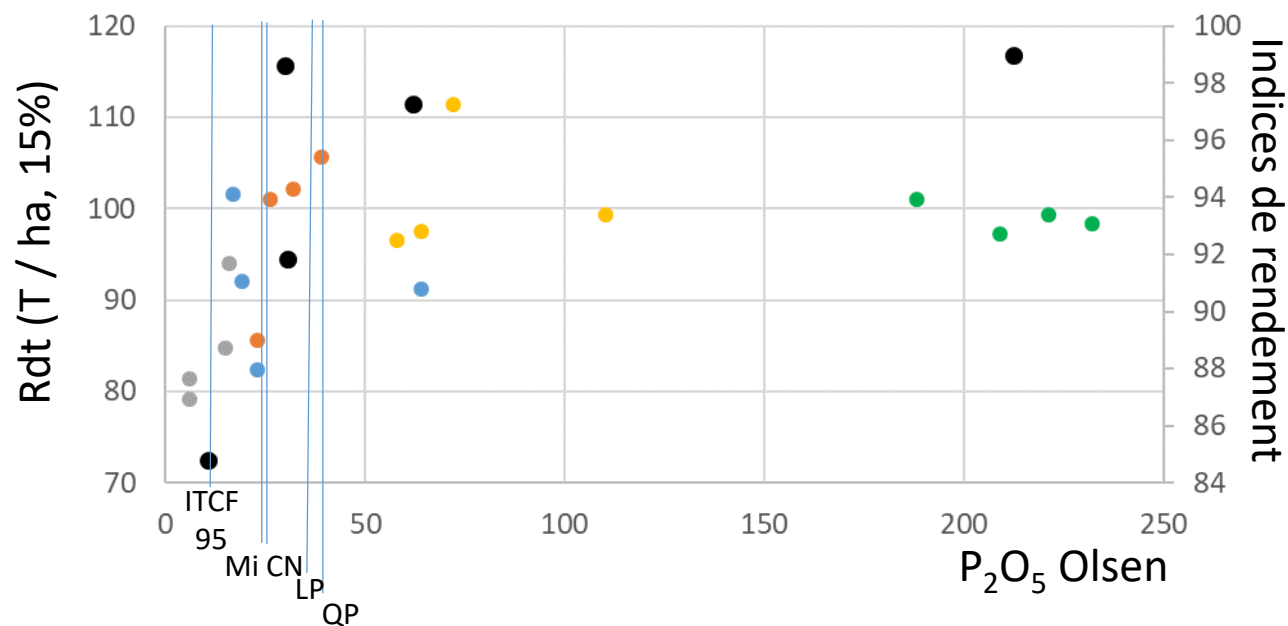
Caractéristiques de sites d'essais et des échantillons sol / plante							Modèles statistiques - Seuils P ₂ O ₅ Olsen										
							Lineaire-plateau			Quadratique-plateau			Mitscherlich			Cate-Nelson	
Site	Essai	Année	Espèce	variété	Horizon	Rdt ou IR	Seuil	plateau	RMSE	Seuil	plateau	RMSE	a ajusté	RMSE	Seuil 0.95	Seuil 0.90	Seuil
Folleville	6	2008	Bett Suc	Ardan	0-25	Rdt	32	99,8	5,862	42,48	99,69	5,892	99,82	5,961	24,11	14,92	24,5



● P0 ● P1 super ● P2 PhosNat ● P2 super ● P3 super

Tableaux des valeurs brutes – Seuils d’impasse

Caractéristiques de sites d'essais et des échantillons sol / plante							Modèles statistiques - Seuils P ₂ O ₅ Olsen										
							Lineaire-plateau			Quadratique-plateau			Mitscherlich		Cate-Nelson		
Site	Essai	Année	Espèce	variété	Horizon	Rdt ou IR	Seuil	plateau	RMSE	Seuil	plateau	RMSE	a ajusté	RMSE	Seuil 0.95	Seuil 0.90	Seuil
Folleville	6	2008	Bett Suc	Ardan	0-25	Rdt	32	99,8	5,862	42,48	99,69	5,892	99,82	5,961	24,11	14,92	24,5



● P0 ● P1 super ● P2 PhosNat ● P2 super ● P3 super ● Valeurs moyennes pour IR

Tableaux des valeurs brutes – Seuils d’impasse

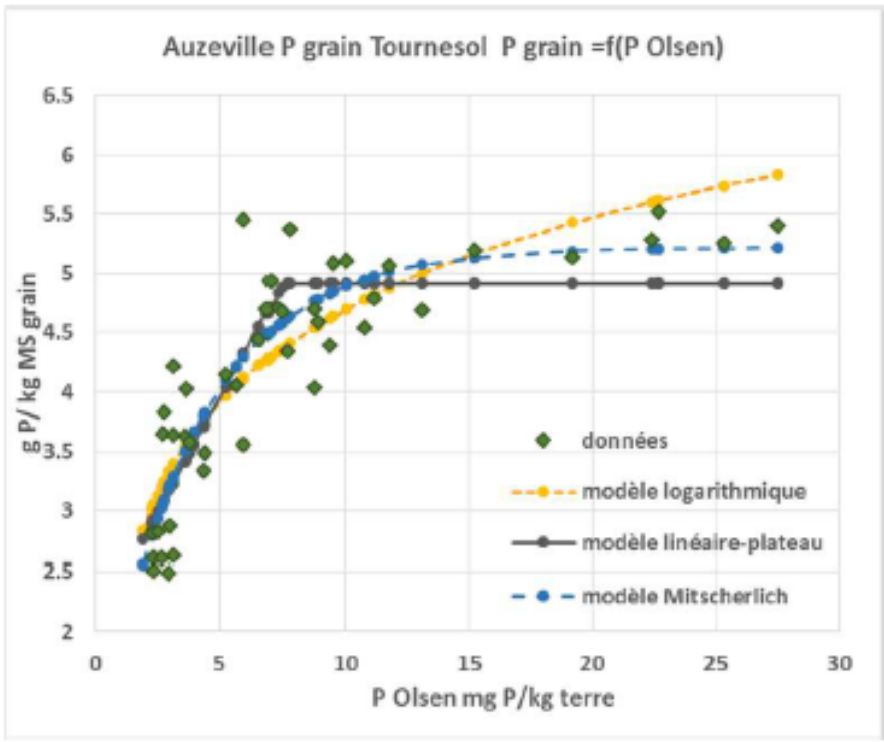
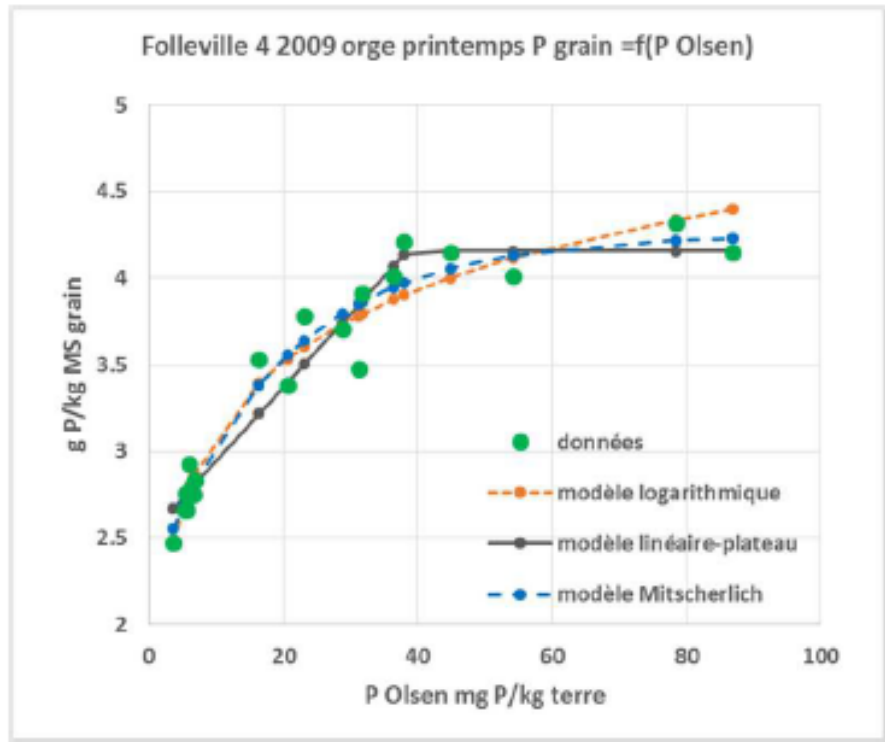
Caractéristiques de sites d'essais et des échantillons sol / plante							Modèles statistiques - Seuils P ₂ O ₅ Olsen										
							Lineaire-plateau			Quadratique-plateau			Mitscherlich				Cate-Nelson
Site	Essai	Année	Espèce	variété	Horizon	Rdt ou IR	Seuil	plateau	RMSE	Seuil	plateau	RMSE	a ajusté	RMSE	Seuil 0.95	Seuil 0.90	Seuil
Folleville	6	2008	Bett Suc	Ardan	0-25	Rdt	32	99,8	5,862	42,48	99,69	5,892	99,82	5,961	24,11	14,92	24,5
Folleville	7	2009	Bett Suc	Othelo	0-25	Rdt	51,28	75,94	4,016	45,18	76,63	3,975	75,81	3,721	31,15	20,56	23,15
Folleville	5	2010	Bett Suc	Skipper	0-25	Rdt	33,06	128,1	9,433	60,63	127,9	9,406	128,1	9,401	29,98	19,58	16
Aumencourt-ITB	ITB-RIP	2010	Bett Suc	?	0-25	Rdt	34,97	66,72	10,6	57,86	77,24	10,75	101,2	10,75	98,82	plantage	33,69
Bourgogne-ITB	ITB-RIP	2010	Bett Suc	?	0-8	Rdt	31,17	62,6	8,168	32,37	62,77	8,524	63,66	8,763	31,45		30,7
Bourgogne-ITB	ITB-RIP	2010	Bett Suc	?	0-25	Rdt	35,26	63,88	8,82	37,5	63,72	9,018	66,18	9,119	37,25		33,39
Bellefontaine-ITB	ITB-RIP	2010	Bett Suc	?	0-8	Rdt	23,1	77,17	8,121	17,57	76,91	7,887	76,87	7,917	15,12	14,56	16,07
Bellefontaine-ITB	ITB-RIP	2010	Bett Suc	?	0-25	Rdt	plantage	plantage	plantage	plantage	plantage	plantage	aberrant	aberrant	aberrant		21,66
Barenton-ITB	ITB-RIP	2010	Bett Suc	?	0-8	Rdt	42,3	78,11	3,811	78,06	3,812		aberrant	aberrant	aberrant		41,9
Barenton-ITB	ITB-RIP	2010	Bett Suc	?	0-30	Rdt	38,3	78,07	3,811	plantage	plantage	plantage	78,22	3,811	9,969		38,2
Feuges	CETA	2009	Bett Suc	?	0-10	Rdt	186,6	65,63	8,302	325,5	72,49	8,392	98,71	8,405	681,1	507,2	119
Feuges	CETA	2009	Bett Suc	?	0-20	Rdt	129,8	65,56	8,037	172,2	67,37	8,091	78,18	8,127	232,4	180,2	90,64
Miermaigne CA28	PK CA28	2017	Bett Suc	?	0-25	Rdt	38,71	80,86	5,843	35,75	80,64	5,711	80,13	5,393	20,75	19,77	33,5
Seuil	Vivescia	2013	Bett Suc	?	?	IR	echec	echec	echec	echec	echec	echec	echec	echec	echec		echec
Maizières_A	Vivescia	2013	Bett Suc	?	?	IR	40,17	1	2,40E-16	44,81	1	9,62E-16	1,002	1,57E-16	40,76	37,38	echec
Maizières_tout	Vivescia	2013	Bett Suc	?	?	IR	38,22	0,98	0,02828	40,47	0,98	0,02828	0,98	0,02828	36,78	35	0

Blé dur (21)
 Blé tendre (23)
 Colza (19)
 Escourgeon (16)
 Orge hiver (5)
 Orge printemps (9)
 Maïs (16)
 Sorgho (4)
 Tournesol (3)
 Féverole (1)
 Lin (1)
 Luzerne (1)

(nombre d’essais traités au 2/12/2021)

→ Résultats toujours inférieurs à seuils actuels

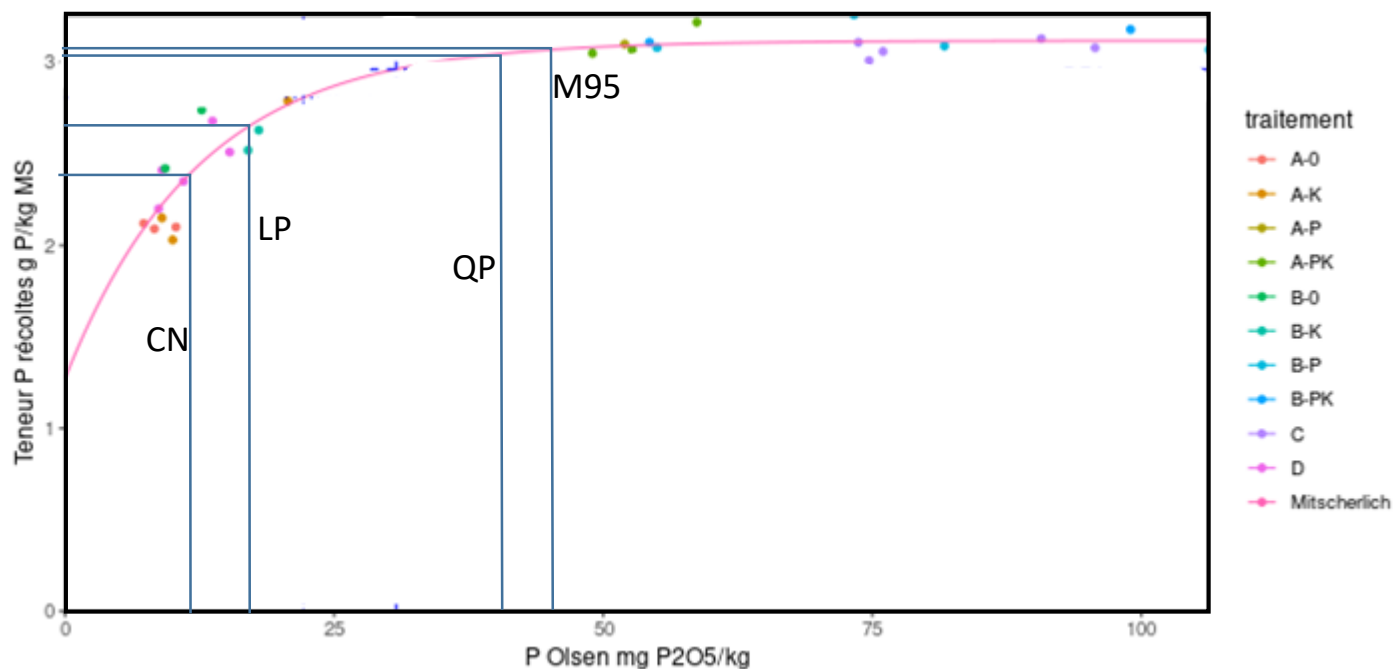
Préalable : choix du **modèle de Mitscherlich** pour la relation teneur P grains f (teneur P sol)



Denoroy (Rencontres Gemas-COMIFER, 2015)

Tableaux des valeurs brutes – teneurs en P calculées aux seuils d'impasse

Caractéristiques de sites d'essais et des échantillons sol / plante						Paramètres ajustés Mitscherlich P-grain			Données de $[P]_{opt\ grain}$ selon les 4 valeurs de seuils d'impasse (g / kg)											
									Lineaire-plateau			Quadratique-plateau			Mitscherlich 95		Mitscherlich 90		Modele Cate-Nelson	
Site	Essai	Année	Espec	Variété	Hor.	a	b	c	Seuil Imp	plateau	$[P]_{opt\ grain}$	Seuil Imp	plateau	$[P]_{opt\ grain}$	Seuil Imp	$[P]_{opt\ grain}$	Seuil Imp	$[P]_{opt\ grain}$	Seuil Imp	$[P]_{opt\ grain}$
Folleville	2	2012	ble tendre	Isengrain	0-25	3,12	0,08	-6,52	29	80,22	2,94	44,2	78,71	3,07	47,33	3,08	34,45	3,00	16,15	2,61



Tableaux des valeurs brutes – teneurs en P calculées aux seuils d'impasse

Caractéristiques de sites d'essais et des échantillons sol / plante						Paramètres ajustés Mitscherlich P-grain			Données de [P] _{opt grain} selon les 4 valeurs de seuils d'impasses (g / kg)											
									Lineaire-plateau			Quadratique-plateau			Mitscherlich 95		Mitscherlich 90		Modele Cate-Nelson	
Site	Essai	Année	Espece	Variété	Hor.	a	b	c	Seuil Imp	plateau	[P] _{opt.grain}	Seuil Imp	plateau	[P] _{opt.grain}	Seuil Imp	[P] _{opt.grain}	Seuil Imp	[P] _{opt.grain}	Seuil Imp	[P] _{opt.grain}
Folleville	2	2012	ble tendre	Isengrain	0-25	3,12	0,08	-6,52	29	80,22	2,94	44,2	78,71	3,07	47,33	3,08	34,45	3,00	16,15	2,61
Folleville	4	2015	ble tendre	Arezzo	0-25	3,116	0,0446	-17,43	25,31	90,89	2,65	36,17	92,21	2,83	34,23	2,81	24,16	2,63	14,85	2,38
Folleville	4	2018	ble tendre	Arezzo	0-25	4,243	0,0399	-18,45	23,7	73,77	3,45	45	73,51	3,91	39,03	3,82	26,02	3,52	11,3	2,95
Folleville	5	2017	ble tendre	Arezzo	0-25	3,599	0,0884	-0,5686	24,09	81,04	3,19	43,73	81	3,53	26,8	3,28	19,91	3,01	18,9	2,95
Folleville	7	2016	ble tendre	Arezzo	0-25	3,774	0,2603	5,364	<i>pas de reponse à P du rendement => impossible de calculer un seuil d'impasse</i>											
Folleville	4	2011	ble tendre	Isengrain	0-25	2,666	0,1912	5,597	25,47	85,35	2,61	38,78	85,19	2,66	28,32	2,63	21,54	2,54	16,15	2,31
Folleville	4	2012	ble tendre	Isengrain	0-25	3,885	0,0082	-113,8	31,53	91,81	2,71	41,15	92,07	2,80	34,37	2,74	26,12	2,66	25,6	2,65
Folleville	5	2011	ble tendre	Isengrain	0-25				22,28	81,45		24,42	81,27		19,85		16,23		13	
Folleville	5	2014	ble tendre	Isengrain	0-25	3,288	0,2529	4,144	18,7	73,11	3,21	20,9	74,63	3,24	15,79	3,12	13,21	2,96	17,7	3,18
Folleville	6	2011	ble tendre	Isengrain	0-25	2,554	0,0416	-16,11	23,96	96,39	2,07	29,82	96,42	2,18	24,41	2,08	19,29	1,97	21,5	2,02
Folleville	6	2013	ble tendre	Isengrain	0-25	3,207	0,1556	4,587	24,7	88,48	3,07	30,17	84,83	3,15	23,73	3,04	18,27	2,83	21,25	2,97
Folleville	7	2013	ble tendre	Isengrain	0-25	3,115	0,5553	10,64	49,97	83,48	3,11	130,4	83,35	3,12	76,9	3,12	46,6	3,11	26,75	3,11
<i>Valeurs moyennes Folleville</i>									27,0		2,9	44,1		3,0	32,3	3,0		2,8	18,7	2,7
Miermaigne	PK	2010	ble tendre	?	0-25	3,359	0,0266	-56,38	56,82	89,61	3,19	34,62	88,62	3,06	28,64	3,01	22,53	2,95	34,26	3,06

Blé dur (7)

Colza (3)

Escourgeon (13)

Orge printemps (4)

Maïs (16)

Sorgho (5)

Tournesol (1)

Féverole (1)

(nombre d'essais traités au 2/12/2021)

Cas problématiques : le musée des horreurs – Règles d'exclusions ?

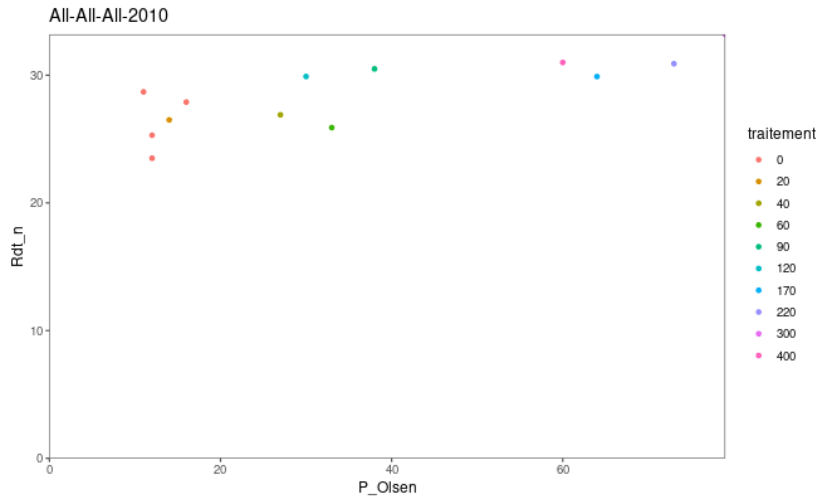
- Cas où l'un ou plusieurs des modèle n'ont pas abouti (et où les autres sont peu crédibles)
- Cas de réponses « molles » \Rightarrow seuil peu net (tendance à surestimer ?)
- Cas de réponses très dispersées
- Les seuils ne sont pas « là où on les verrait »
- Réponse limitée à peu de points (et un point « aberrant »)
- Grandes différences entre modèles



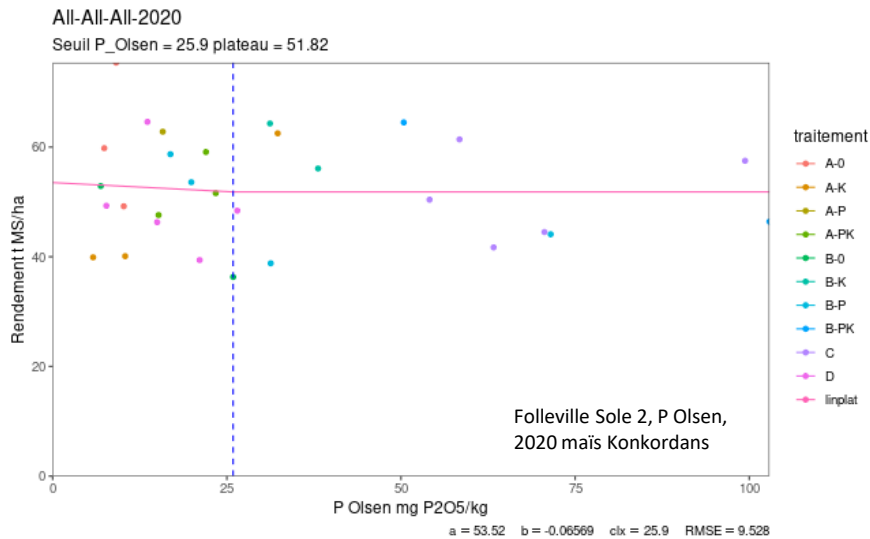
Ces cas concernent X% des données
Est-ce meilleur avec Teneurs en P des grains ?

Cas problématiques : le musée des horreurs – Règles d'exclusions ?

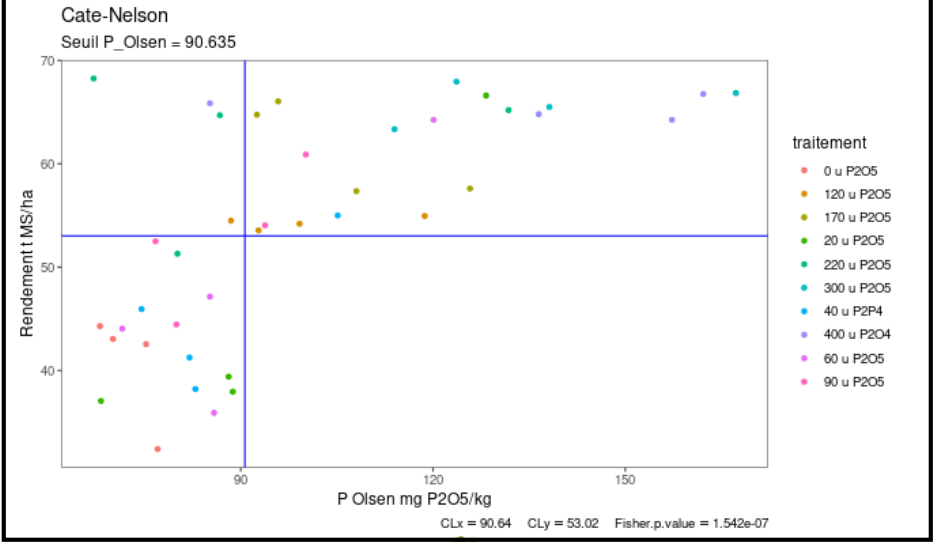
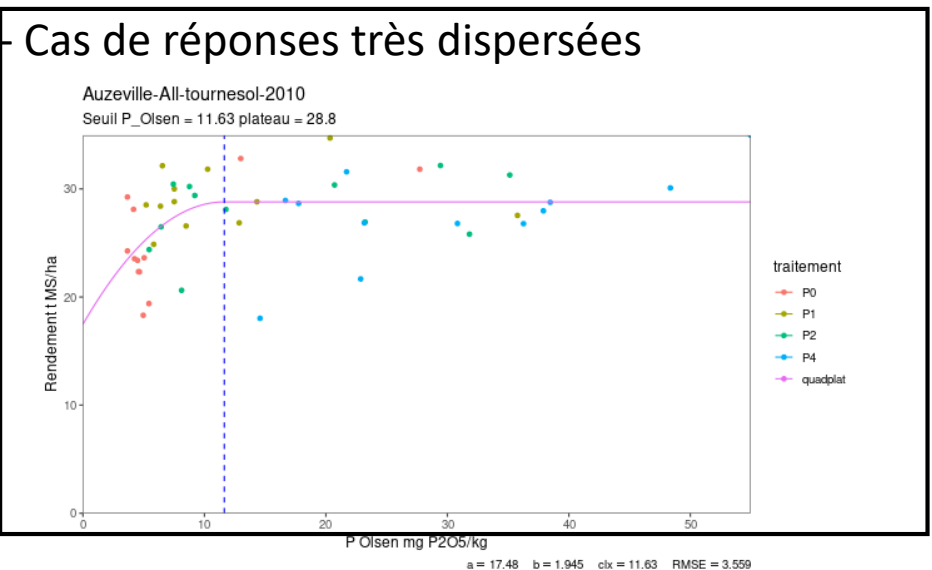
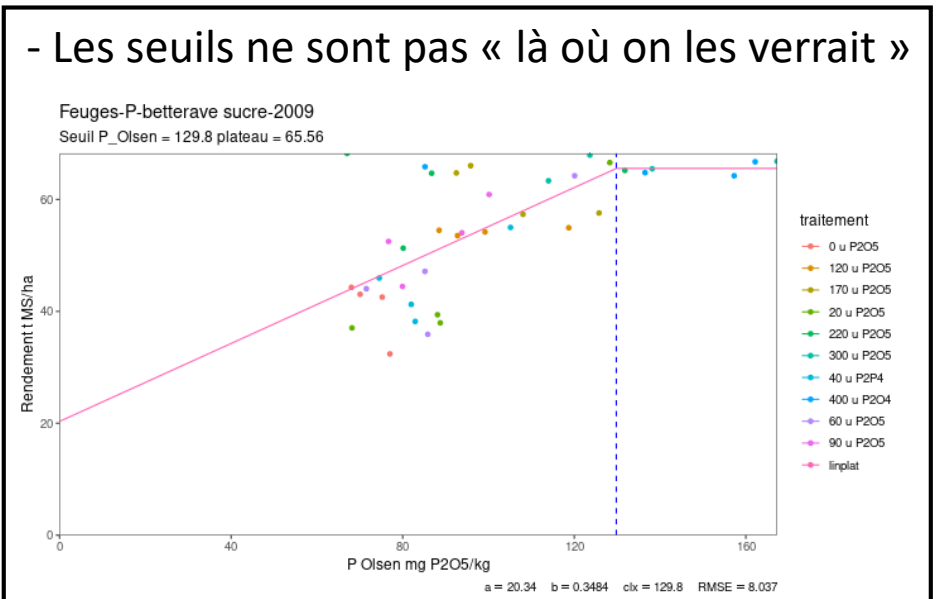
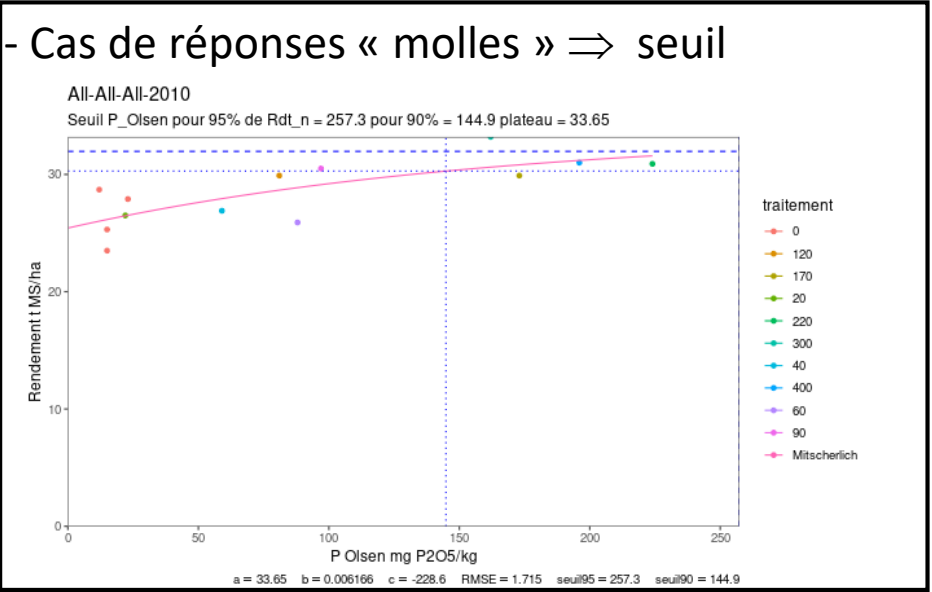
- Cas où l'un ou plusieurs des modèle n'ont pas abouti (et où les autres sont peu crédibles)



Seuil LP : non abouti
Seuil QP 375 ppm
Seuil Mit 90 : 374 ppm

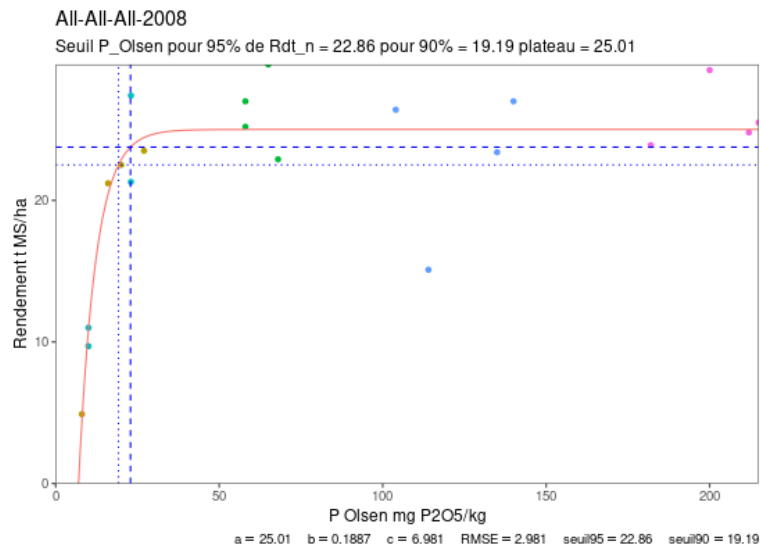
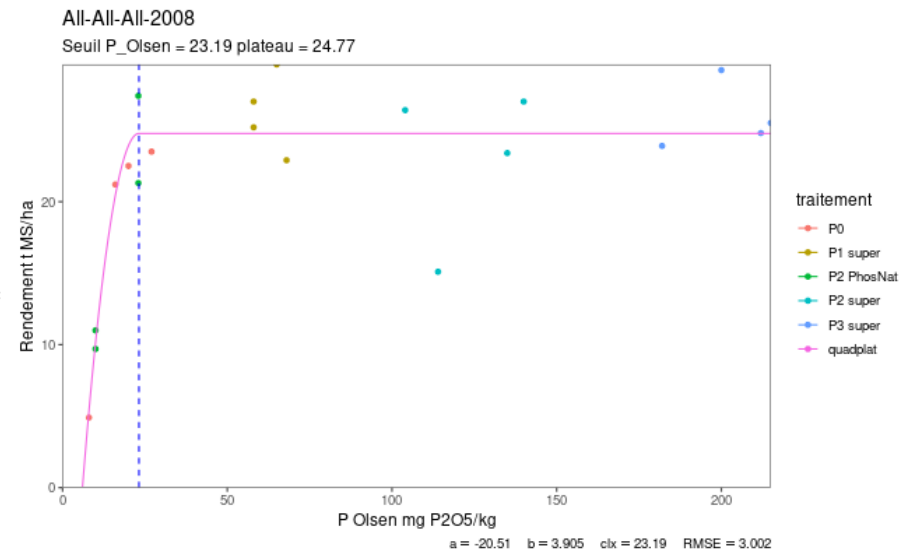
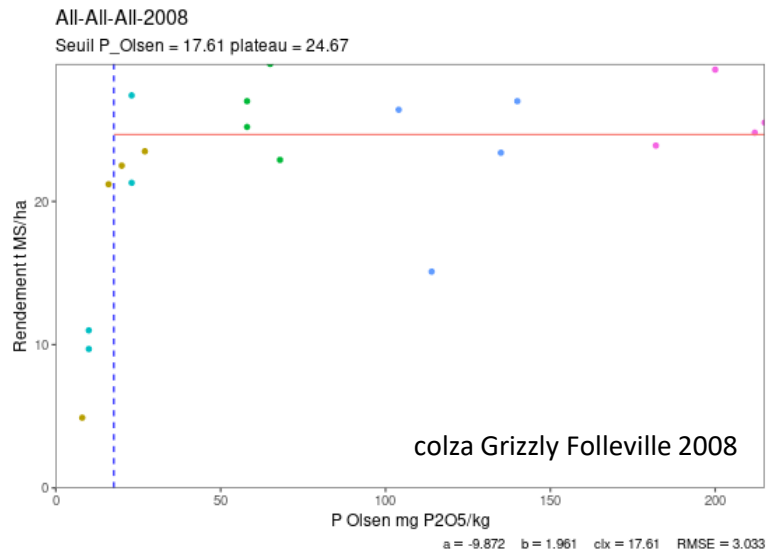


Cas problématiques : le musée des horreurs – Règles d'exclusions ?



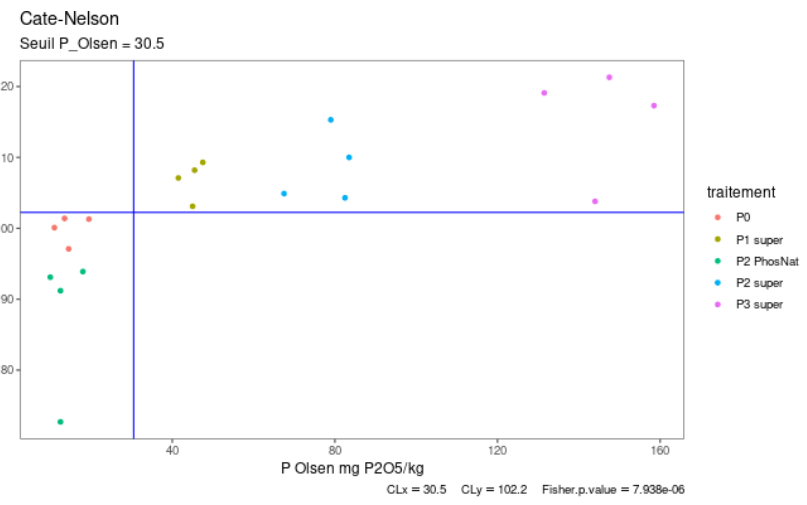
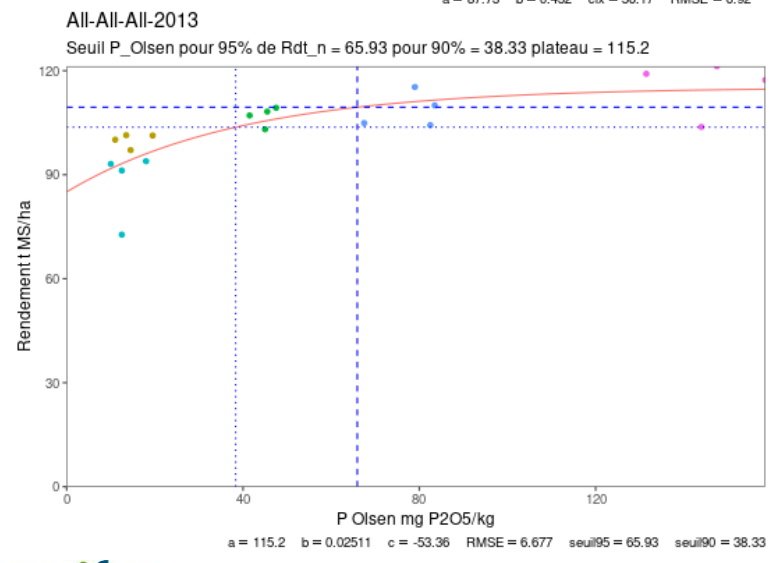
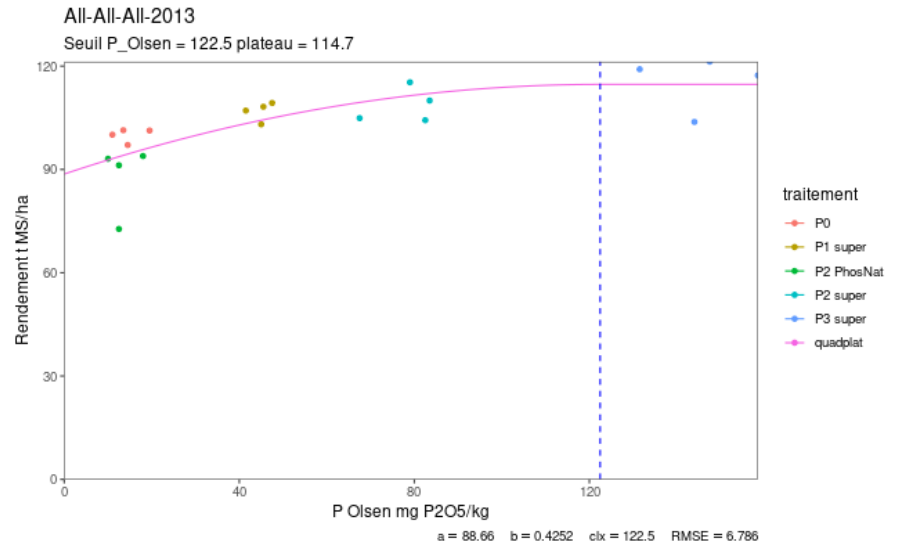
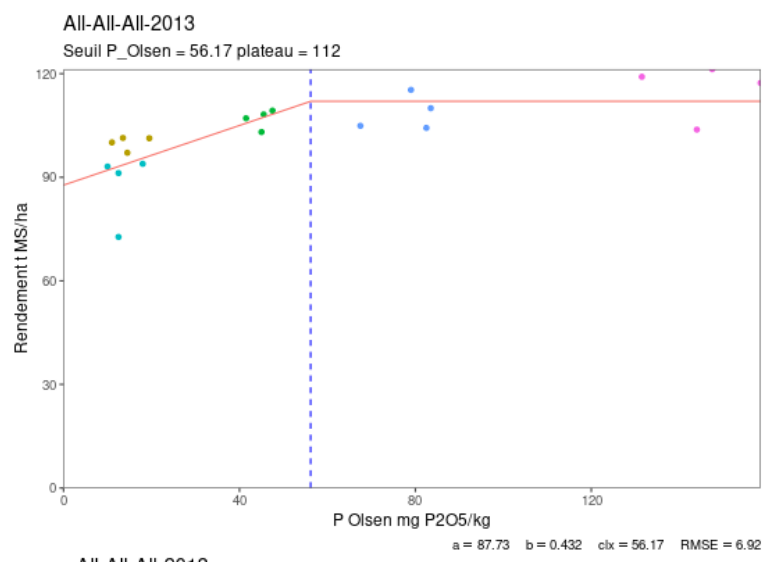
Cas problématiques : le musée des horreurs – Règles d'exclusions ?

- Réponse limitée à peu de points (et un point « aberrant »)



Cas problématiques : le musée des horreurs – Règles d'exclusions ?

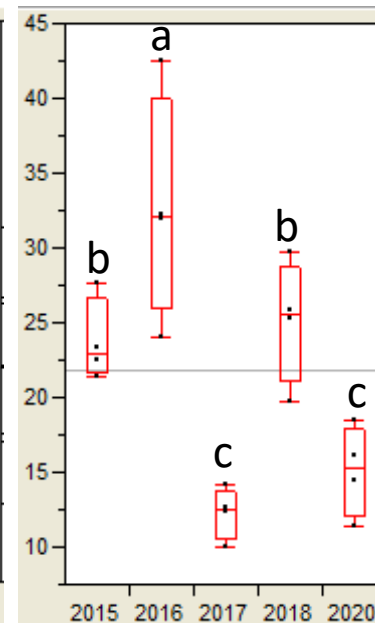
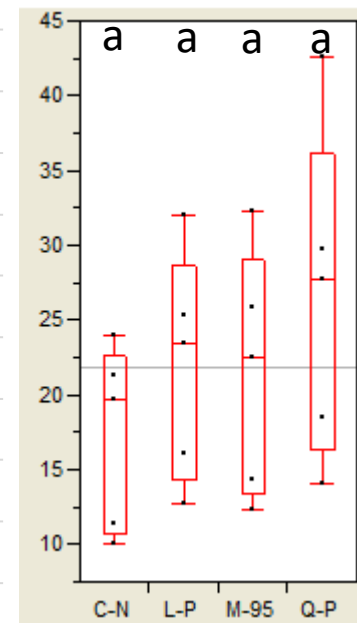
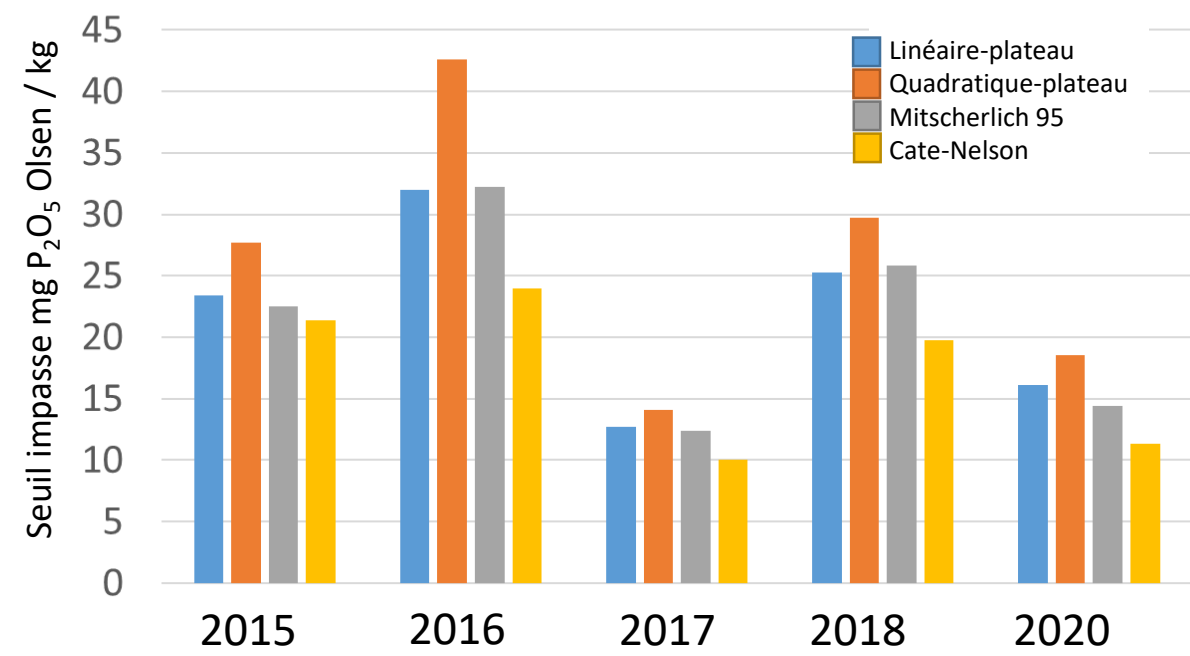
- Cas de grandes différences entre modèles



Ordres de grandeur et variabilité des résultats sur les seuils d'impasse

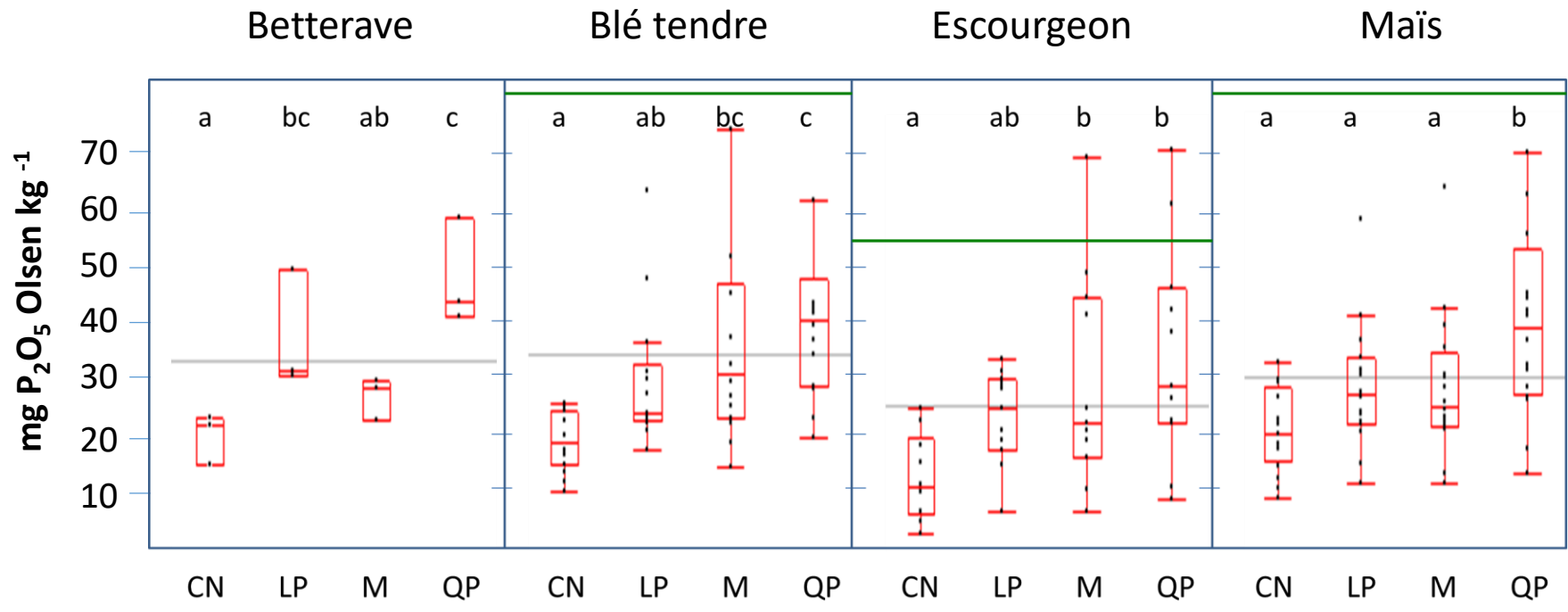
Effets Type de modèle / Année / Culture / Site

Mais, Folleville, 2015-2020, Variété Konkordans



⇒ Pas d'effet « modèle » sur cet exemple
⇒ Effet « année » > effet « modèle »

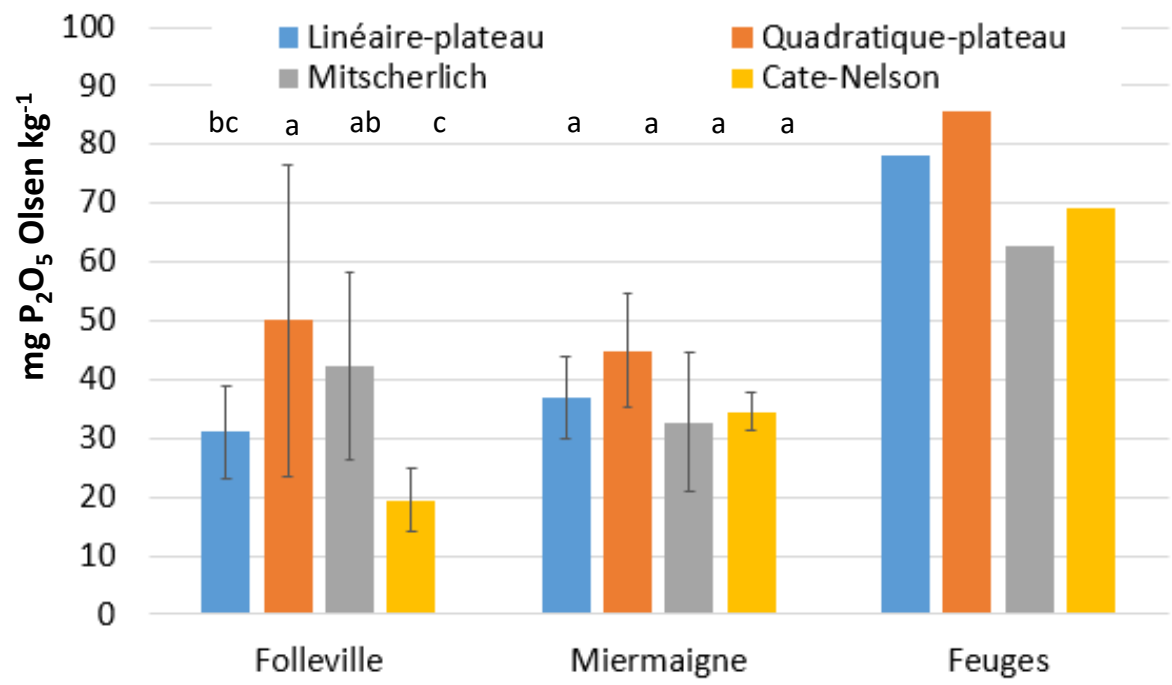
Ordres de grandeur et variabilité des résultats sur les seuils d'impasse
Effets Type de modèle / Année / Culture / Site



Folleville

⇒ Pas d'effet « culture » sur cet exemple
⇒ Effet « modèle » > effet « culture »

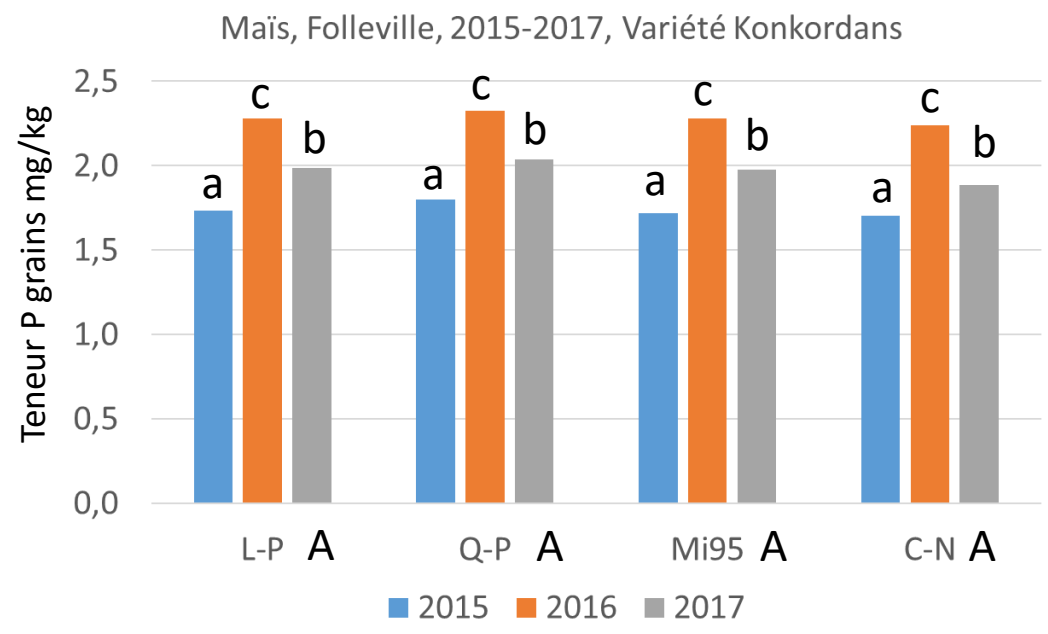
Ordres de grandeur et variabilité des résultats sur les seuils d'impasse
Effets Type de modèle / Année / Culture / Site



Blé tendre

Ordres de grandeur et variabilité des résultats sur les teneurs en P des grains au seuil d'impasse

Effets Type de modèle / Année / Culture / Site



- ⇒ Pas d'effet « modèle » sur cet exemple
- ⇒ Effet « année » > effet « modèle »

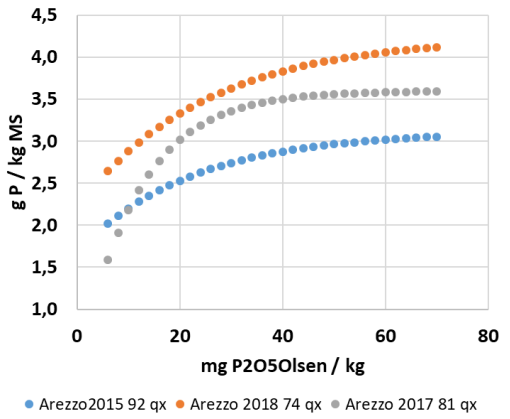
Effet année : est ce lié au rendement ?

Ordres de grandeur et variabilité des résultats sur les teneurs en P des grains au seuil d'impasse

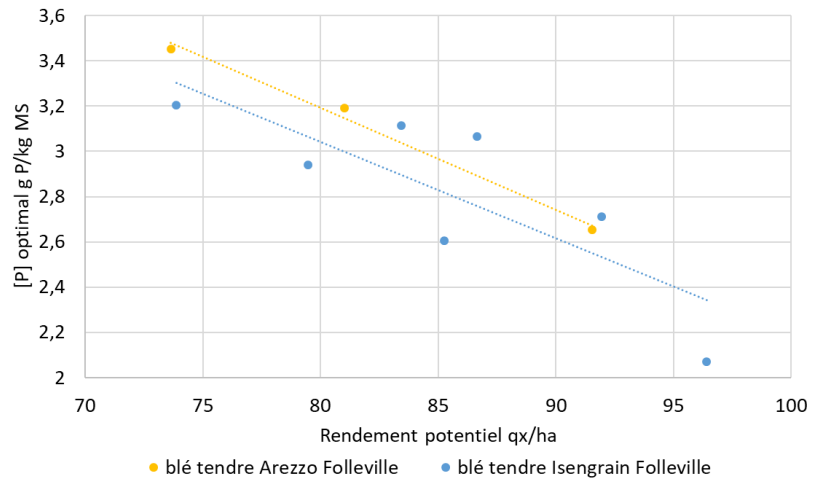
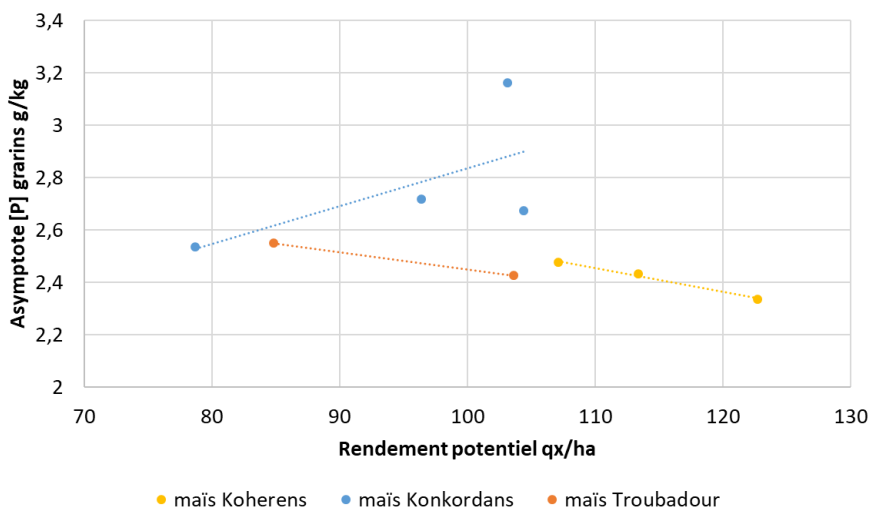
Effets Type de modèle / Année / Culture / Site

La concentration en P des grains est-elle aussi liée au rendement obtenu au seuil d'impasse ?

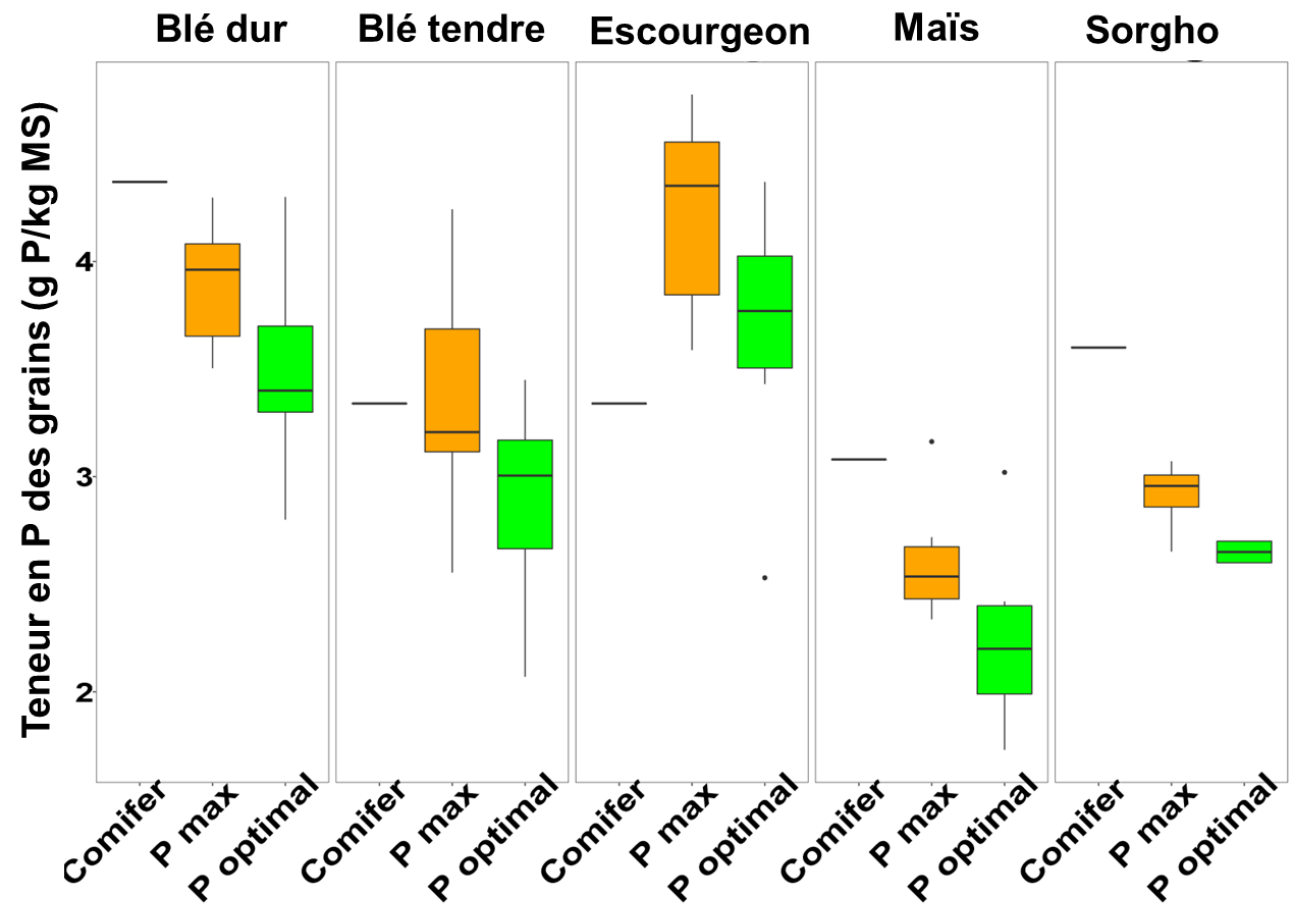
Blé : OUI



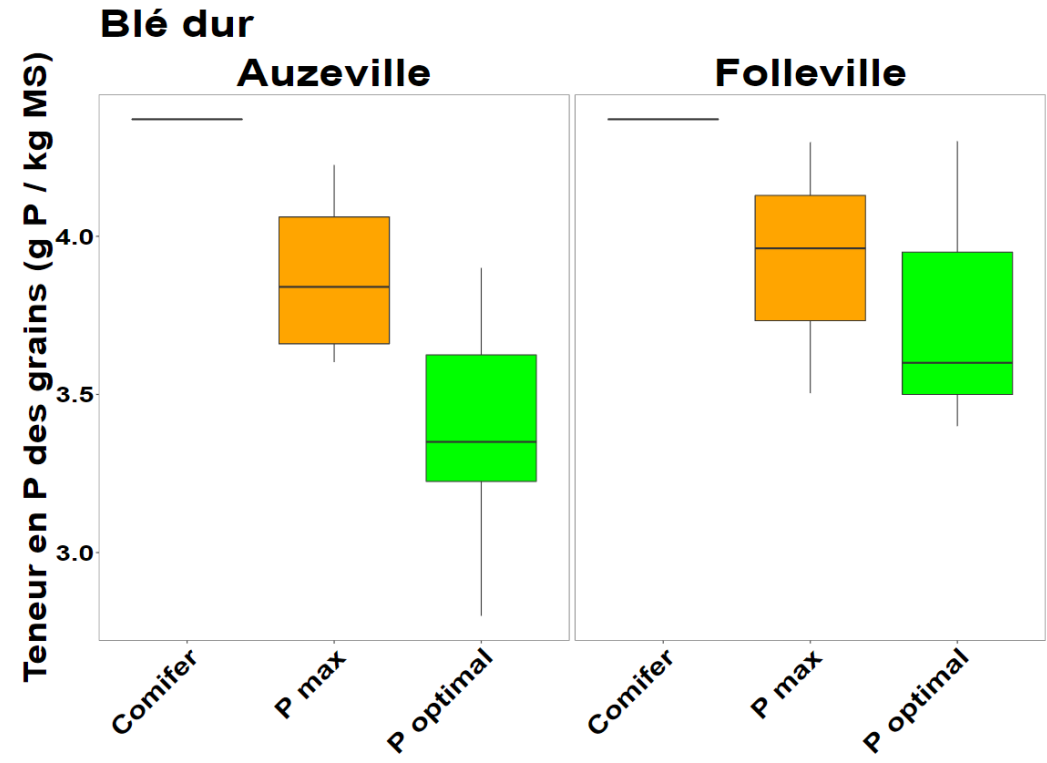
Mais : NON



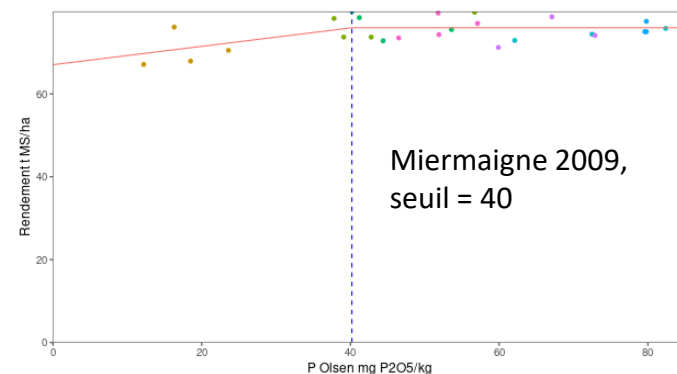
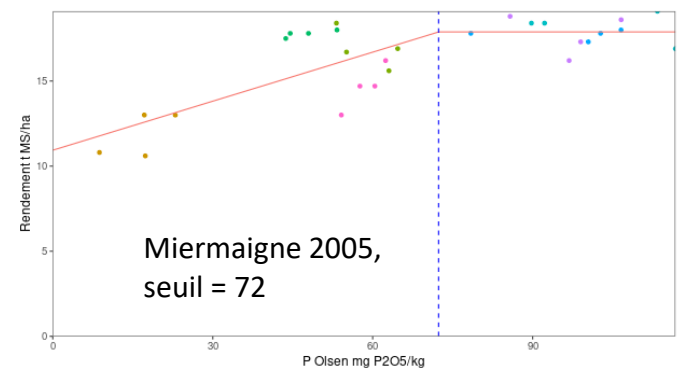
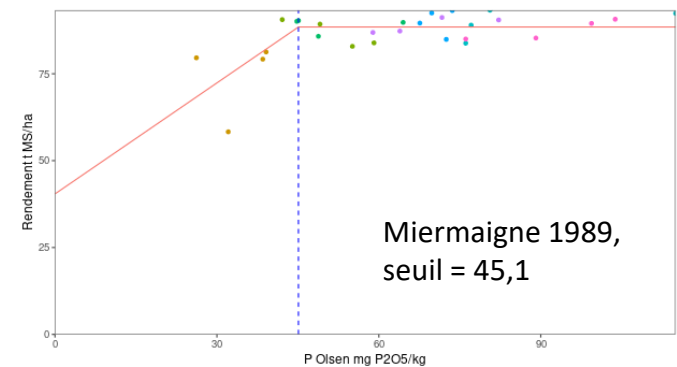
Ordres de grandeur et variabilité des résultats sur les teneurs en P des grains au seuil d'impasse
Effets Type de modèle / Année / Culture / Site



Ordres de grandeur et variabilité des résultats sur les teneurs en P des grains au seuil d'impasse
Effets Type de modèle / Année / Culture / Site

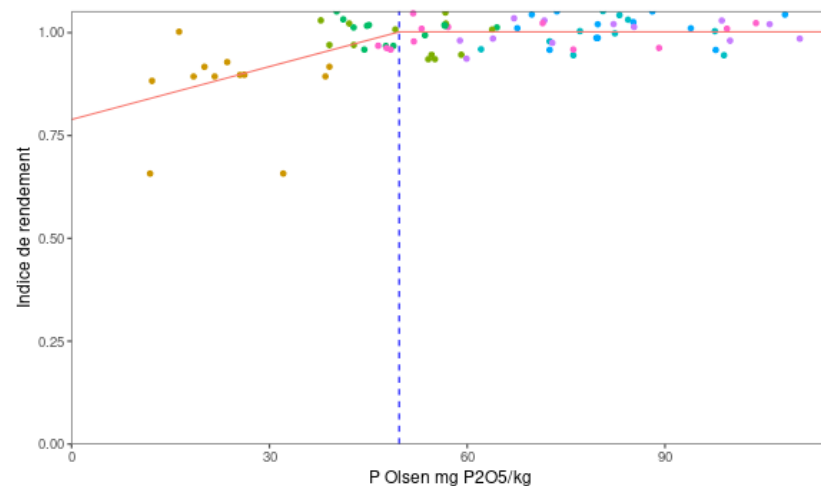


Moyennes de valeurs annuelles ou calculs sur superposition par les IR ?



≠

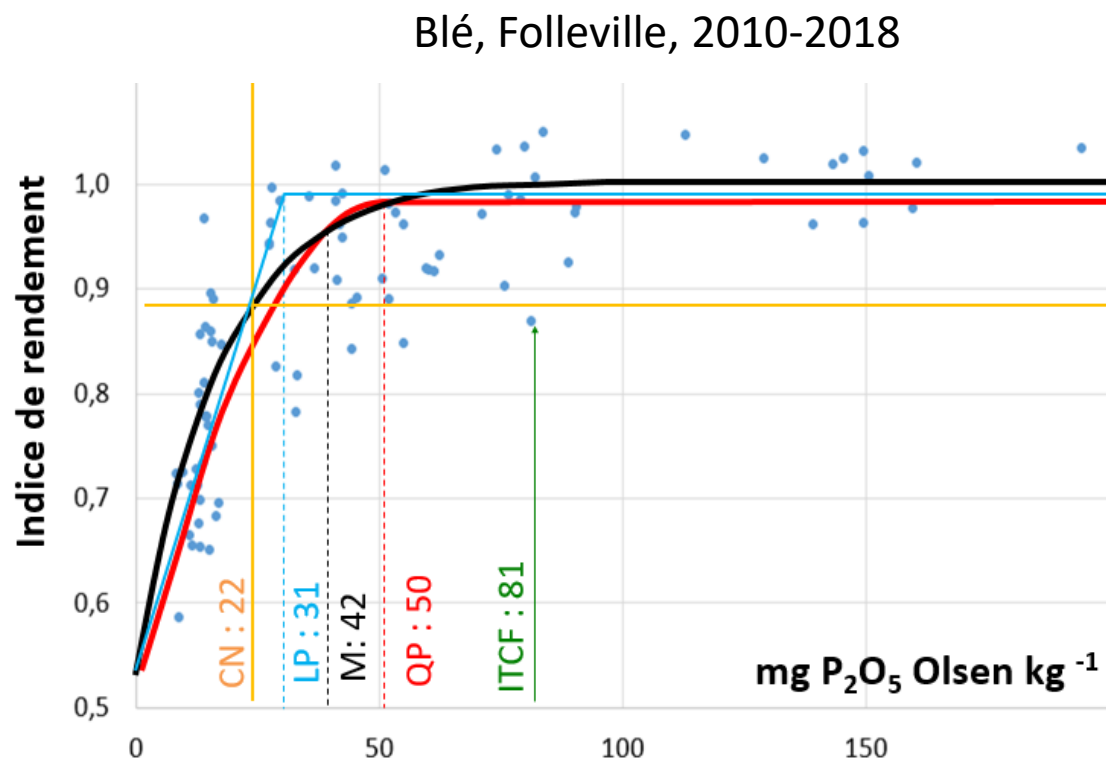
Miermaigne 1989, 2005, 2009
Seuil = 50 (vs 52 pour la moyenne des 3 années)



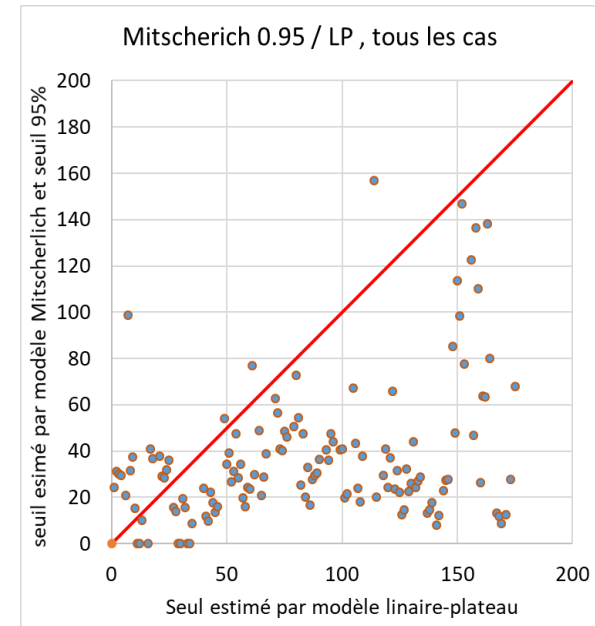
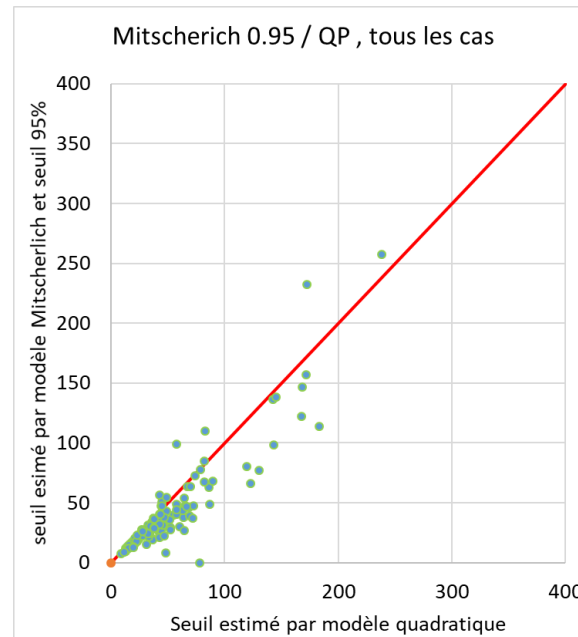
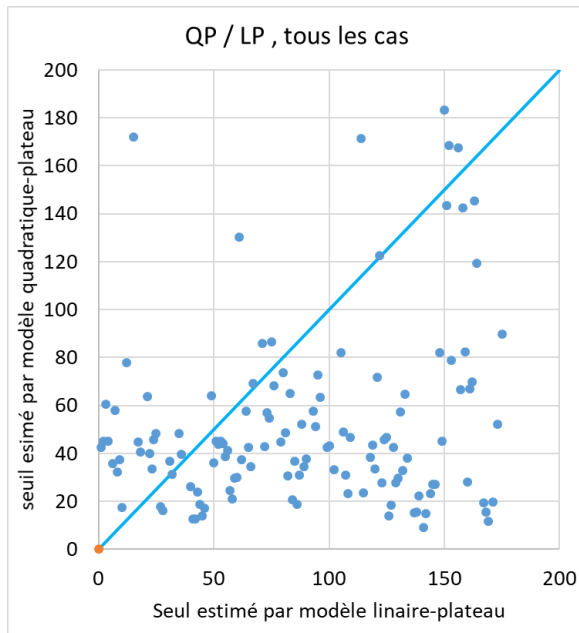
▲ Incertitude labo P₂O₅ Olsen ≈ 5 ppm

Choix de la méthode de calcul du seuil d'impasse

- Faut il choisir un seul modèle, ou une combinaison ?
- Si une seule méthode, sur quels critères fonder le choix ? RMSE ?
- Si combinaison de méthodes, choisi t'on la moyenne, la médiane, la valeur max, exclut on les valeurs aberrante ?

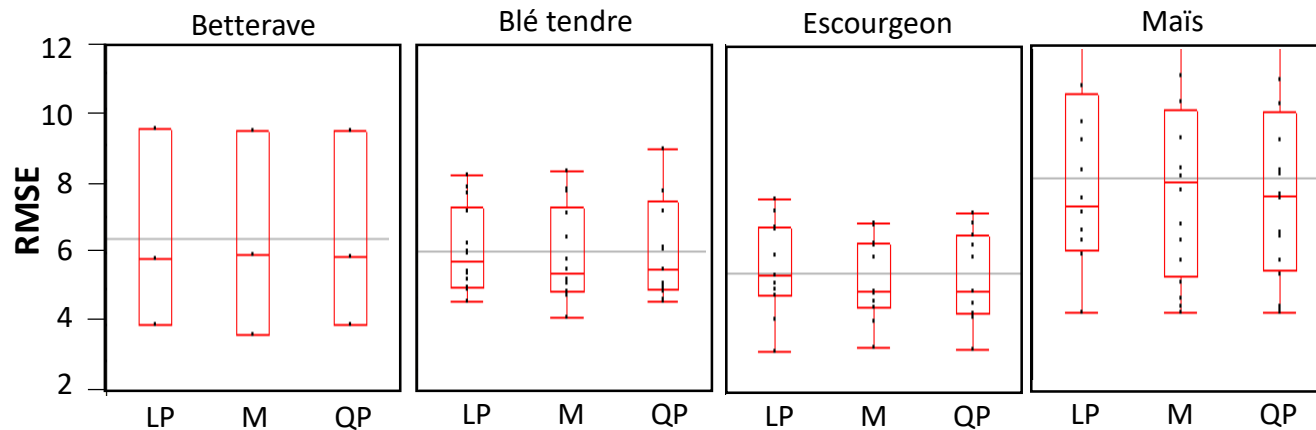


Choix de la méthode de calcul du seuil d'impasse



- ⇒ Peu de redondances entre les valeurs de seuils calculées par les 4 modèles
- ⇒ Seuils Mitscherlich < Seuils LP et QP, surtout dans gamme 0-100 mg P2O5 / kg
- ⇒ Conclusion ??

Choix de la méthode de calcul du seuil d'impasse



⇒ La qualité de l'ajustement des modèles ne permet pas de les discriminer

Définir des seuils par culture ? Par type de sol ? Par type de sol par type de sol x culture ?

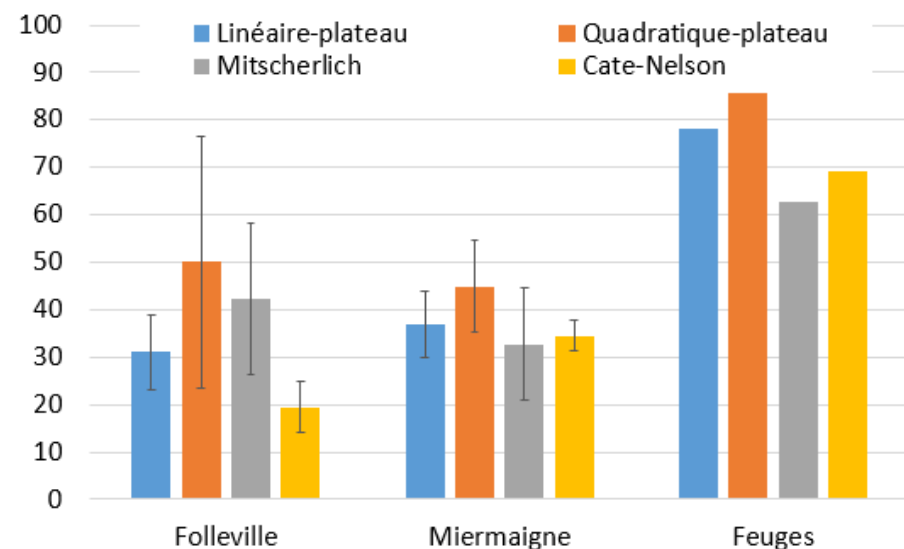
Retenir des critères simples pour construire une typologie des sols

(par ex. : taux de CaCO_3 , classe granulométrique, pH, ... ?)

⇒ typologie avec nombre minimal de classes (ex. : limon, calcaire-craie, argilo-calcaires, sables, ...)

OU

⇒ Sont considérés comme appartenant à deux classes différentes des sols dont au moins une culture ne présenterait pas le même seuil d'impasse



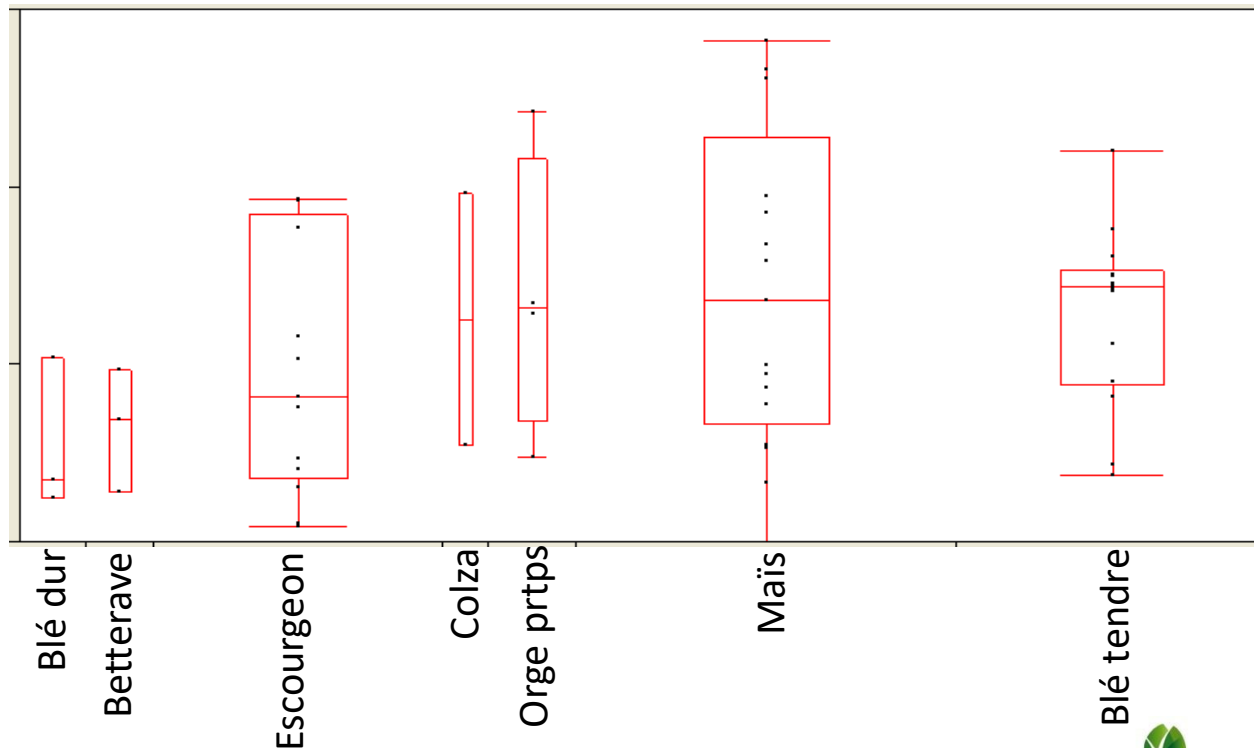
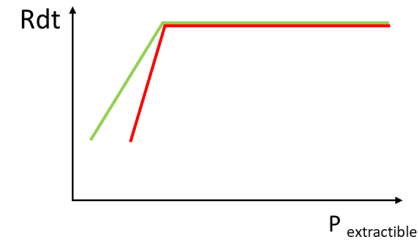
Comment définir des classes d'exigence des cultures ?

⇒ Attention ! Des différences d'exigence n'impliquent pas nécessairement des seuils de réponse différents !

⇒ Faut-il être plus « sécuritaire » pour les cultures les plus exigeantes ?

Comment définir des classes d'exigence des cultures ?

Avec modèle Linéaire-Plateau, on peut traiter la question de l'exigence des cultures



Question de la **profondeur de prélèvement** des échantillons de terre, en relation ou non, avec le type de travail du sol

Seuils différents en lien avec prof. de prélèvement ou avec profondeur max de travail du sol ?

Que devient la notion de « seuil de renforcement » ?

liée au protocole général des essais des années 80-90 avec traitements P0, P1, P2 (= quand Rdt P1 < Rdt P2) mais non traitée dans Juste P

⇒ On peut le conserver si seuil impasse recalculé reste $> T_{\text{renf}}$ actuel ...

mais on peut aussi avoir cas inverse : nouveau seuil impasse $< T_{\text{renf}}$ actuel !

⇒ Replacer le « seuil de renforcement » actuel par un % du seuil d'impasse ?

Méthode de **calcul de dose** ? (non traité dans JUSTE_P)

⇒ Calcul de dose à partir de l'exportation ?

⇒ Calcul basé sur différence entre teneur analyse et seuil impasse (ou teneur objectif) ?

Constitution formelle du « référentiel national » sous Data-INRAE ;

- Préparé (formation P.Denoroy, « data set & dataverse ») ... mais en suspend suite à problème informatique P.Denoroy
- Questions de disponibilité & diffusion des informations ?
 - droits de propriétés à voir avec Data-inrae et les contributeurs ; des modèles de conventions existent pour les projets conjoints
 - Commencer la mise au point des formalismes du « Dataverse » avec données INRAE seulement puis enrichir

Premières propositions de synthèse

Betterave						Seuil selon modèle statistique (mg P ₂ O ₅ Olsen / kg sol)					
Site	essai	année	variété	horizon	Rdt / IR	L-P	Q-P	Mitsch 95	moyenne	ET	CV
Folleville	tous	tous	tous	0-25	Rdt	39	49	28	38,9	10,5	0,27
					IR	33	45	29	38,9	8,3	0,21
Hors Folleville, Feuge					Rdt	36	43	36	39	11	0,30
Feuges	CETA	2009	?	0-20	Rdt	130	172	232	178	51,6	0,29

Proposition Seuil : 40, sauf pour sol 75 % CaCO₃ (Feuges) : 180

Blé dur						Seuil selon modèle statistique (mg P ₂ O ₅ Olsen / kg sol)					
Site	essai	année	variété	horizon	Rdt / IR	L-P	Q-P	Mitsch 95	moyenne	ET	CV
Folleville	tous	tous	Pescadou	0-25	Rdt	44	46	32	41	7,7	0,19
					IR	33	48	36	41	7,7	0,19
Hors Folleville, Auzeville					Rdt	35	32	15	27,0	10,9	0,4
Auzeville	P	2019	Voilur	0-30	Rdt	15	18	16	16	1,6	0,10
					IR	12	17	16	15	2,7	0,18

Proposition Seuil : 40

Blé tendre						Seuil selon modèle statistique (mg P ₂ O ₅ Olsen / kg sol)					
Site	essai	année	variété	horizon	Rdt / IR	L-P	Q-P	Mitsch 95	moyenne	ET	CV
Folleville	tous	tous	tous	0-25	Rdt	28	46	35	36	8,7	0,24
					IR	26	37	30	31	5,7	0,18
Miermaigne CA28	PK	2010	?	0-25	Rdt	37	45	33	38	6,2	0,16
					IR	50	69	39	53	15,3	0,29
Feuges	CETA	2010	?	0-20	Rdt	78	86	63	76	11,8	0,16
Vivescia hors Folleville, Feuge					Rdt	48	62	46	52	8,6	0,17

Proposition seuil = 40 (par sécurité) en sol limoneux, 50 en sol calcaire et 80 en sol très calcaire

Orge hiver et Escourgeon						Seuil selon modèle statistique (mg P ₂ O ₅ Olsen / kg sol)					
Site	essai	année	variété	horizon	Rdt / IR	L-P	Q-P	Mitsch 95	moyenne	ET	CV
Folleville	tous	tous	tous	0-25	Rdt	32	42	37	37	5,0	0,14
					IR	27	38	36	34	5,6	0,17
Maizières_tout	Vivescia	2015	?	0-25	IR	42	51	36	43	7,6	0,18
Colombe_tout	Vivescia	2015	?	0-25	IR	auto	63	44	54	13,7	0,26
Feuges CETA	RIP	2008	?	?	Rdt	99	218	454	257	180,7	0,70
Maizières_tout	Vivescia	2009&2012	?	0-25	IR	41	43	41	42	1,4	0,03
Colombe_tout	Vivescia	2009	?	0-25	IR	echec	33	22	27	8,3	0,30

Proposition seuil : 40 (par sécurité) en sol limoneux, 50 en sol calcaire et 250 (!!) en sol très calcaire

Premières propositions de synthèse

Orge printemps						Seuil selon modèle statistique (mg P ₂ O ₅ Olsen / kg sol)					
Site	essai	année	variété	horizon	Rdt / IR	L-P	Q-P	Mitsch 95	moyenne	ET	CV
Folleville	tous	tous	tous	0-25	Rdt	33	46	38	39	6,7	0,17
					IR	34	47	38	40	6,3	0,16
Quemigny	Arvalis-RIP	2010	Sebastian	0-20	Rdt	26	171	157	118	80,0	0,68
Seuil	Vivescia	2012	?	0-25	IR	22	24	20	22	1,8	0,08

Proposition seuil : 40

Maïs						Seuil selon modèle statistique (mg P ₂ O ₅ Olsen / kg sol)					
Site	essai	année	variété	horizon	Rdt / IR	L-P	Q-P	Mitsch 95	moyenne	ET	CV
Folleville	tous	tous	tous	0-25	Rdt	30	45	30	35	8,6	0,25
					IR	28	38	29	32	5,7	0,18

Proposition seuil : 35

Sorgho						Seuil selon modèle statistique (mg P ₂ O ₅ Olsen / kg sol)					
Site	essai	année	variété	horizon	Rdt / IR	L-P	Q-P	Mitsch 95	moyenne	ET	CV
Auzeville	P	tous	tous	0-30	Rdt	12	16	13	14	1,7	0,12
					IR	12	15	12	13	1,5	0,12

Proposition seuil : 20

Tournesol						Seuil selon modèle statistique (mg P ₂ O ₅ Olsen / kg sol)					
Site	essai	année	variété	horizon	Rdt / IR	L-P	Q-P	Mitsch 95	moyenne	ET	CV
Auzeville	P	tous	Melody	0-30	Rdt	15	16	11	14	2,3	0,16
					IR	13	20	13	15	4,1	0,27

Proposition seuil : 20

Premières propositions de synthèse

Colza						Seuil selon modèle statistique (mg P ₂ O ₅ Olsen / kg sol)					
Site	essai	année	variété	horizon	Rdt / IR	L-P	Q-P	Mitsch 95	moyenne	ET	CV
Folleville	4	2008	Grizzly	0-25	Rdt	18	23	23	21	3,1	0,15
	6	2010	Grizzly	0-25	Rdt	49	27	27	34	12,3	0,36
					Rdt	33	25	25	28	4,6	0,17
tous	tous	Grizzly	0-25	IR	22	27	28	25	3,4	0,14	
Lagardelle	CETIOM-RIP	2009	Aviator	0-15	Rdt	36	45	48	43	6,1	0,14
Montagnac	CETIOM-RIP	2009	Safran	0-10	Rdt	99	143	98	113	25,9	0,23
Vaudremont	CETIOM-RIP	2009	Catalina	0-15	Rdt	68	79	78	75	5,9	0,08
Payra sur l'Hers	CETIOM-RIP	2010	Coklico	0-25	Rdt	57	375	533	322	242,6	0,75
Vaux sous Aubigny	CETIOM-RIP	2010	X	0-25	Rdt	42	67	47	52	13,2	0,26
Villey Saint Etienne	CETIOM-RIP	2010	Exocet	0-25	Rdt	33	82	110	75	39,1	0,52
Seuil	Vivescia	2011-2015	?	0-25	IR	23	28	26	26	2,3	0,09
Maizières_tout	Vivescia	2010 & 2016	?	0-25	IR	55	70	63	63	7,4	0,12
Colombe_tout	Vivescia	2010 & 2016	?	0-25	IR	93	119	80	97	20,0	0,21

Cas compliqué car grande variabilité des seuils, causes à identifier
seuil de 30 (limons) à près de 100