

COMIFER, Groupe PKMg

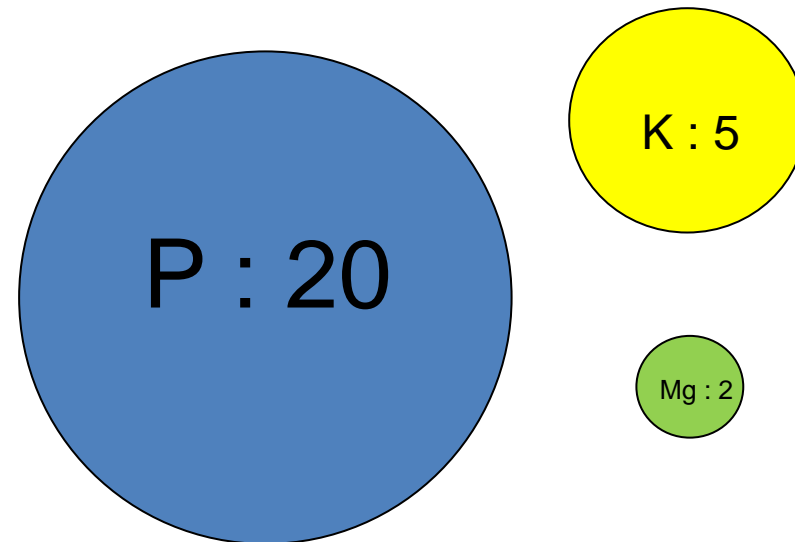
Réunion du 2 juin 2022

Revue littéraire : Articles approfondis

Lionel Jordan-Meille, Bordeaux Sciences Agro

Veille scientifique P K Mg – Les articles

- Web of Science,
- Mots clés : P / K / Mg ET INRAE / Agroscope / CIRAD
- Année 2021



Efficienc e utilisation ressources (7)

(génétique & traits racinaires, mycorhizes, enrobage engrais par PGPR, cultures associées, cultures intermédiaires, effets stress hydrique)

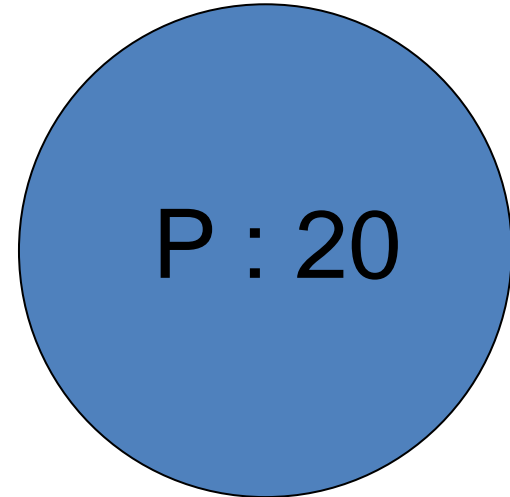
Indicateurs biodisponibilité
Sols / Plantes (6)

Transferts de P (3)

Matières fertilisantes (2)

P et Cd (1)

P et cycle mondial (1)

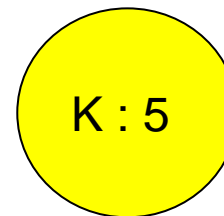


Plant and soil tests to optimize P fertilization management of grasslands

Jouany C, Morel C, Ziadi N et al., Eur J Agro, (UMR AGIR & ISPA, Agroscope ...)

Critical plant P for winter wheat assessed from long-term field experiments

Fontana M, Belanger G, Hirte J et al. , Eur J Agro (Agroscope; Agriculture and Agrifood Canada)



POTASSIUM – K et qualité des produits

Effets interannuels de la fertilisation K / Na et du déficit hydrique sur la qualité du bois des Eucalyptus grandis sur une rotation complète

Nutrition K de la vigne et qualité des fruits dans un contexte du changement climatique

POTASSIUM – K et écophysiologie

Limitation K de la productivité du peuplement forestiers : revue des facteurs impactés et pistes de modélisation illustrées par les plantations d'Eucalyptus

POTASSIUM – K et stress hydrique

Effets de la fertilisation K / Na sur la croissance d'Eucalyptus grandis pendant les périodes de sécheresse extrême

POTASSIUM , MAGNESIUM– Analyses de terre

Les méthodes d'analyse conventionnelles sous-estiment les réserves de Ca, K et Mg disponibles pour les plantes dans les sols forestiers

MAGNESIUM– Raisonement fertilisation

Synergie magnésium-phosphore et co-limitation du rendement en grains en culture du blé

MAGNESIUM– Teneurs dans les sols

Enquête régionale sur la variabilité spatio-temporelle du magnésium du sol - une étude de cas en Suisse

Evidence for Mg-P synergism and co-limitation of grain yield in wheat agriculture

Weih M, Liu H, Colombi T et al. (Upsala Suède, Agroscope Zürich)



ELSEVIER

European Journal of Agronomy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/eja

Plant and soil tests to optimize phosphorus fertilization management of grasslands

Claire Jouany^{a,*}, Christian Morel^b, Noura Ziadi^c, Gilles Bélanger^c, Sokrat Sinaj^d,
Ciprian Stroia^e, Pablo Cruz^a, Jean-Pierre Theau^a, Michel Duru^a

^a INRAE, INP Toulouse, AGIR, F-31326, Castanet Tolosan, France

^b INRAE, ISPA, F-33882, Villenave d'Ornon, France

^c Agriculture and Agri-Food Canada, Québec Research and Development Centre, Québec, G1V 2J3, Canada

^d Agroscope, Plant Production Systems, 1260, Nyon, Switzerland

^e BUAVM, Faculty of Agriculture, RO-300645, Timișoara, Romania



Introduction

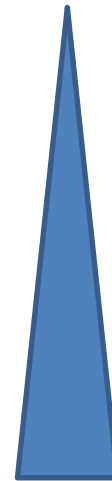
Indicateurs de gestion de la fertilisation des prairies

Ratios N/P

P_{biodispo}

INN, INP (Lemaire et Gastal 1997,
Duru et al 1997)

(Cp + Pr) (Morel et al. 2000)



Généricité

Objectifs

Tester validité de l'INP sur 5 sites contrastés (Canada, Suisse, France (2), Roumanie)
Quelle relation entre INP et 3 indicateurs d'offre du sol (Cp, Olsen, Cp + Pr)

Matériel et méthodes

Prairies, essais P de longue durée (France, Suisse, Canada, Roumanie)

Indicateurs-Plantes

$$\text{INP} = P_{\text{mesuré}} / P_{\text{critique}} \times 100,$$

avec $P_{\text{critique}} = 1.50 + 0.065 \times N_{\text{mesuré}}$

(Duru and Ducroq 1997)

Indicateurs-Sol

$$(C_p + P_r)$$

$[P_{\text{ortho}}]_{\text{solution}}$ P diffusible

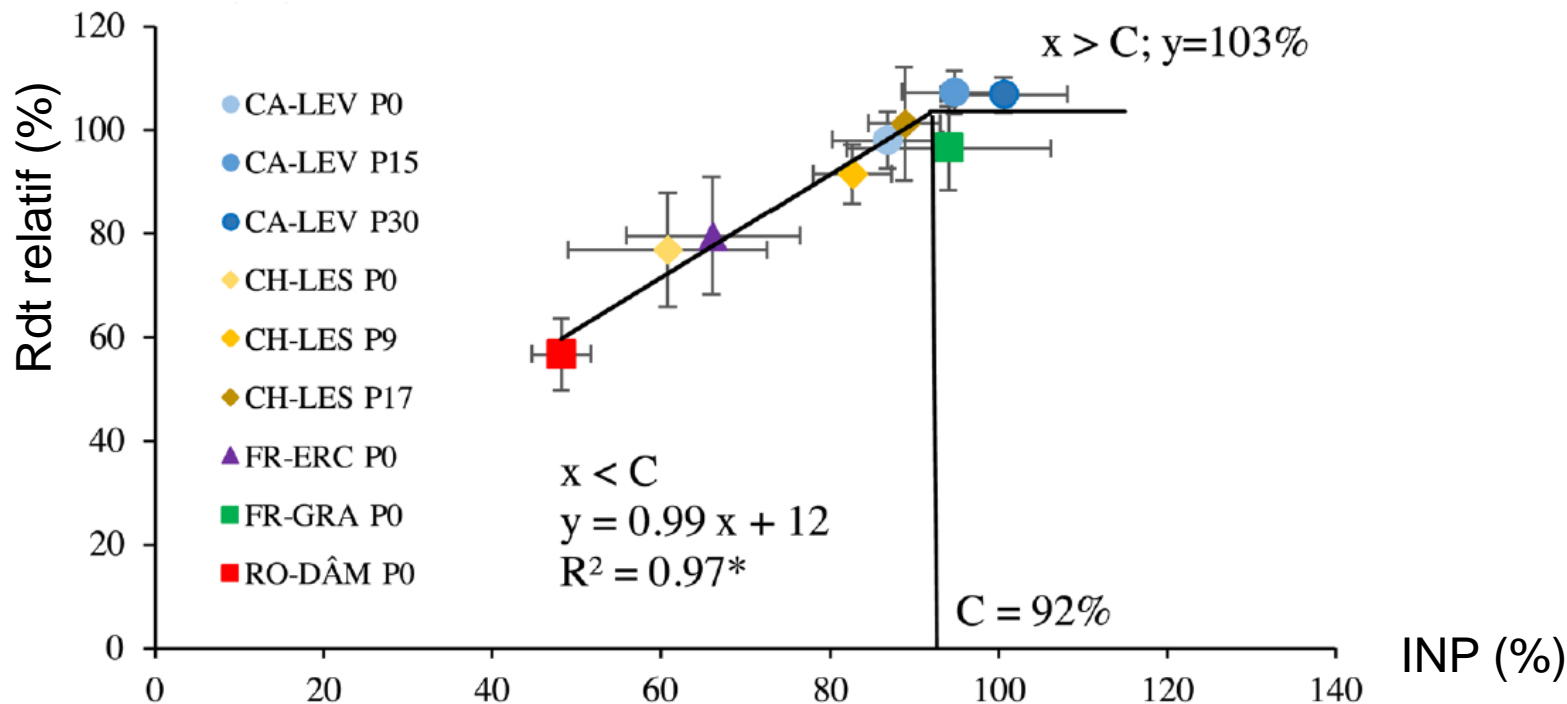
$$\text{avec } P_r = a^b \times C_p^c \times t$$

a : valeur de P_r à $t = 1$ min et C_p à 1 mg PL^{-1} ,
a, b et c : sols-spécifiques,
sorption-desorption X traçage isotop.

P
Olsen

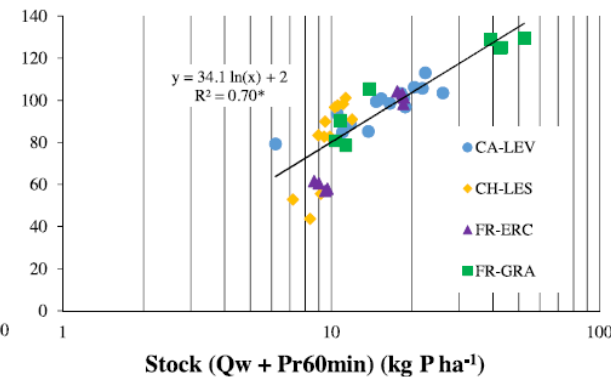
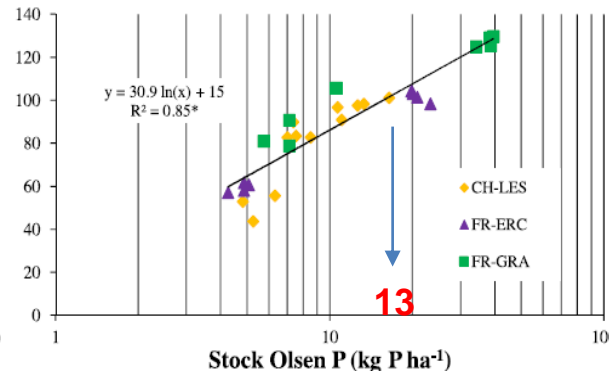
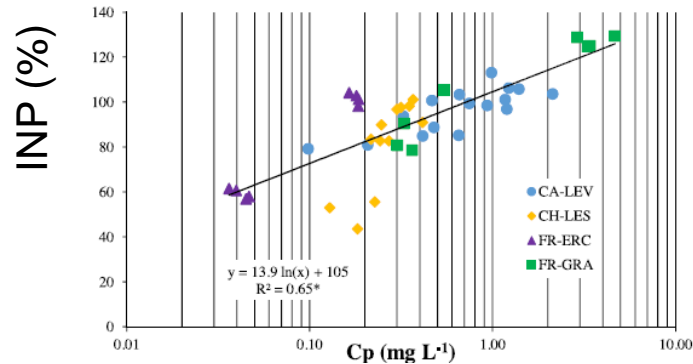
30' extraction 0.5 M bicarbonate de sodium, pH 8.5, V/M=20, filtration, dosage par colorimétrie)

Résultats / Discussion (1/3)



⇒ Confirmation multi-sites de la fiabilité de l'indicateur d'évaluation de l'état de nutrition d'une prairie

Résultats / Discussion (2/3)



⇒ Qualité ++ de l'indicateur P Olsen. Résultat inattendu compte tenu de la variété des sols.
Ho : capacité à extraire du P_{organique}, dont la richesse est une des particularité des prairies.

⇒ Valeur Seuil Olsen : 12.9 kg P ha⁻¹ ≈ Valeur seuil (Qw + Pr60min) : 13.5 kg P ha⁻¹
Ho : durée d'extraction (30') proche de la durée de réapprovisionnement optimale (60') en ions P_{ortho} diffusibles.

⇒ Meilleure adéquation entre réponse de la plante et les indicateurs du sol mesurés sur 5 cm plutôt que sur 10 cm (non montré)

Ho : sur prairies, il existe un très fort gradient de P, très concentré en surface

Résultats / Discussion (C. Morel, INRAe)

« L'évaluation fonctionnelle et mécaniste [i.e. $Q_w+(Pr=f(C_p,t))$] est une **approche de recherche fondamentale** destinée à identifier/quantifier le P disponible du sol, à en analyser et comprendre sa variabilité en fonctions des sols et pratiques agricoles, modéliser ses évolutions à long terme, et expliquer la nutrition des plantes et la réponse des cultures. **Cette approche n'a pas vocation à être utilisée en routine.** Par contre, elle contribue à trouver **de nouvelles méthodes plus performantes et utilisables en routine.** L'une d'elle est d'associer:



- 1) la mesure de la concentration des ions orthophosphate en solution;
- 2) des équations de pédotransfert décrivant les paramètres (v,w,p), qui décrivent la cinétique de diffusion à l'interface solide-solution, en fonction de quelques propriétés physico-chimiques du sol (teneur en argile, en oxyhydroxydes de fer et d'aluminium, pH, teneur en MOS, etc.). Ces équations de pédotransfert sont à élaborer. »



ELSEVIER

European Journal of Agronomy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/eja

Critical plant phosphorus for winter wheat assessed from long-term field experiments

Mario Fontana ^a, Gilles Bélanger ^b, Juliane Hirte ^c, Noura Ziadi ^b, Saïd Elfouki ^a, Luca Bragazza ^a, Frank Liebisch ^c, Sokrat Sinaj ^{a,*}

^a *Agroscope, Field-Crop Systems and Plant Nutrition, Route de Duillier 50, P.O. Box 1012, Nyon, CH-1260, Switzerland*

^b *Agriculture and Agri-Food Canada, Quebec Research and Development Centre, Québec, G1V 2J3, Canada*

^c *Agroscope, Water Protection and Substance Flows, Reckenholzstrasse 191, Zurich, 8046, Switzerland*



Veille scientifique P K Mg

Critical plant P for winter wheat assessed from LTFE

Introduction

Limite des indicateurs « sols » pour le P biodisponible

Palette d'indicateurs plantes

- Concentrations critiques (Bates 1971)
- Diagnostic and Recommendations Integrated System (DRIS) (Beaufils et Stummer 1976)
- $P_c = f(\text{biomasse})$ (Salette et Huché 1991) } Problème : mesures fastidieuses (biomasse)
Généricité ?

Objectif général :

disposer d'un indicateur-plante robuste pour la nutrition P du blé d'hiver

- Déterminer l'effet de la ferti P sur biomasse végétale et Rdt-grains sur essais longue durée;
- Déterminer la sensibilité et la robustesse d'un indicateur-plante P exprimé ou en fonction de la biomasse végétale (INP), ou des concentrations en N de cette biomasse (N / P)

Veille scientifique P K Mg

Critical plant P for winter wheat assessed from LTFE

Matériel et méthodes

Démarche générale

Essais P de longue durée (Suisse)

Vérification du statut N des plantes ($N_{critique} = 53,5 \cdot biomasse^{-0,44}$, Juste et al. 1994)

Construction de l'indicateur « $P_{critique}$ » à partir des courbes de dilution du P (entrée MS)

Recherche d'un modèle « $P_{critique} = f([N]_{biomasse})$

Calcul d'un indice de nutrition P ($INP = P \text{ mesuré} / P_{critique}$)

Etablissement courbes de réponse Indice de Rdt = $f(INP)$, avec INP construit sur la base de $P_{critique}$ issu des relations avec biomasse ou teneurs en N dans la biomasse

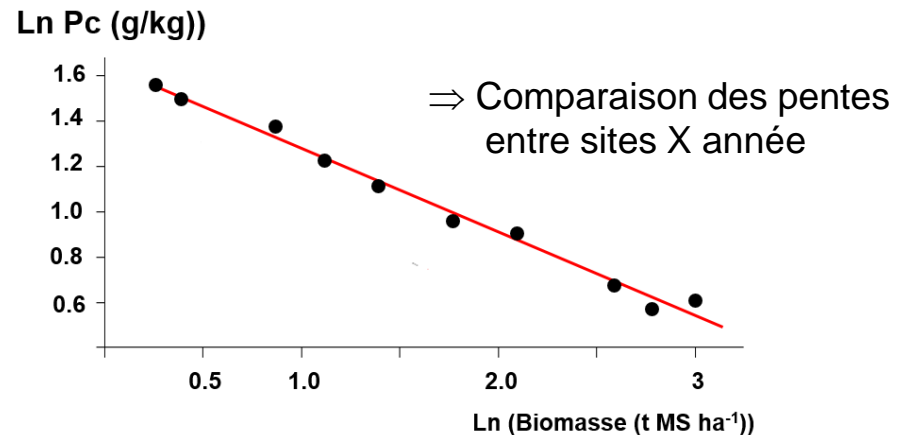
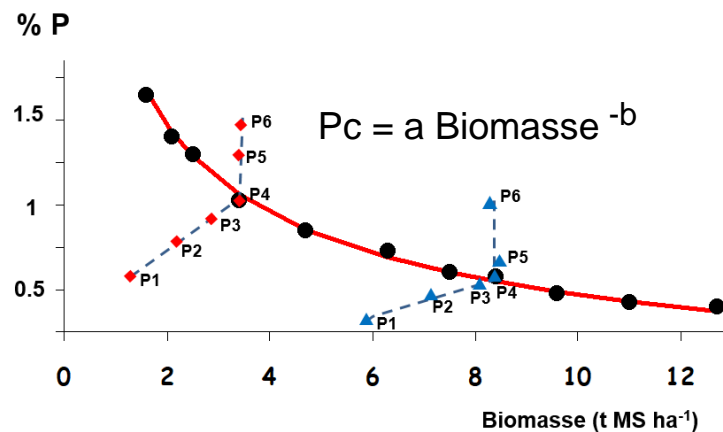
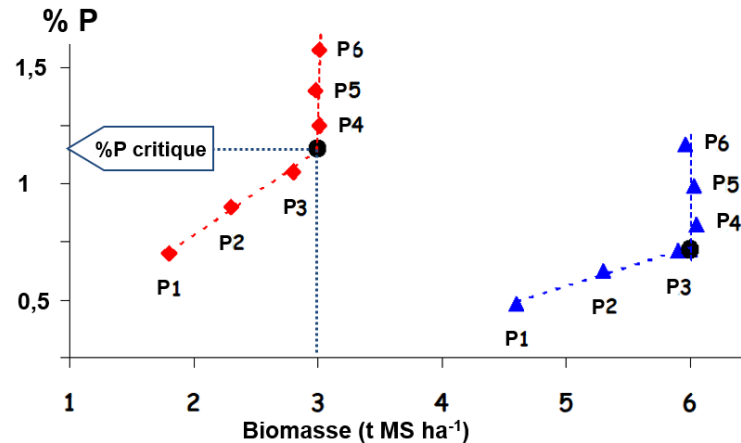
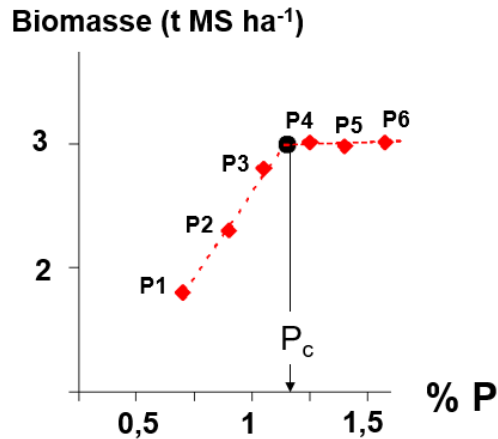
Définition du meilleur indicateur P_c

Veille scientifique P K Mg

Critical plant P for winter wheat assessed from LTFE

Matériel et méthodes

Construction de l'indicateur « Pcritique » à partir des courbes de dilution du P



Résultats - Discussion

Réponses des cultures à la fertilisation P

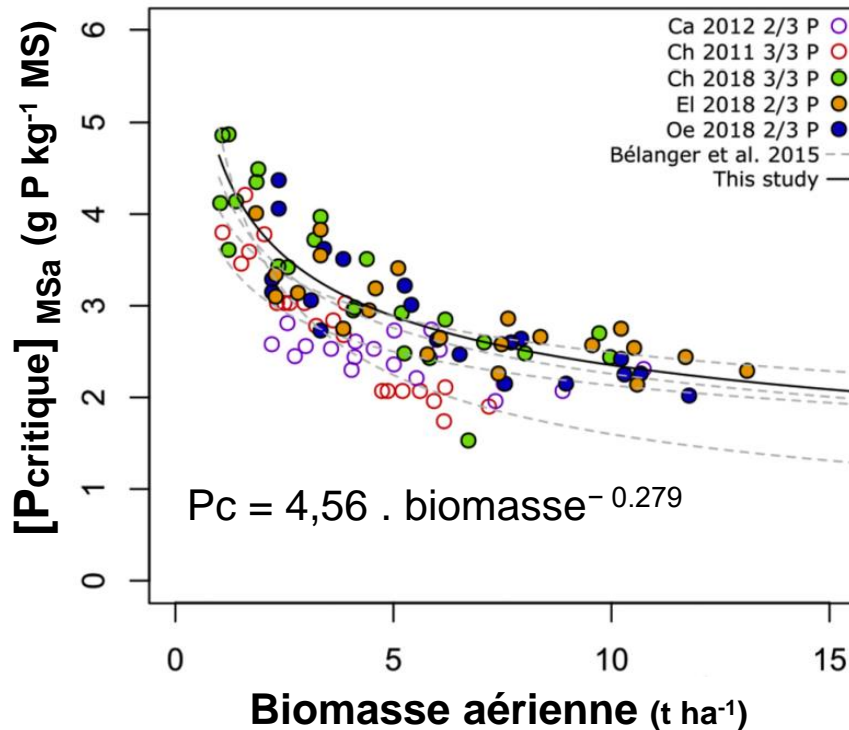
Site	Année	Fertilisation	P Olsen (mg kg ⁻¹)	Rdt grains (t ha ⁻¹)	[P]grains (g kg ⁻¹)
Changins	2011	0 P	5	5.11 A	4.2 AB
		3/3 P	15	5.54 A	4.3 ABC
		6/3 P	32	5.34 A	4.5 AB
	2018	0 P	7	3.30 B	4.7 A
		3/3 P	17	3.39 B	4.7 A
		6/3 P	49	3.40 B	4.6 A
Cadenazzo	2012	0 P	18	3.55 B	3.8 ab B
		2/3 P	18	3.70 B	3.7 b B
		3/3 P	18	4.01 B	3.9 ab C
		5/3 P	18	3.63 B	4.0 a B
Ellighausen	2018	0 P	7	4.80 A	3.8 B
		2/3 P	15	5.09 A	4.2 A
		3/3 P	18	5.11 A	4.4 AB
		5/3 P	29	5.08 A	4.4 AB
Oensingen	2018	0 P	11	3.71 B	4.0 B
		2/3 P	16	4.30 AB	4.1 AB
		3/3 P	19	4.45 AB	4.0 BC
		5/3 P	26	4.80 A	4.2 AB

- ⇒ Effets sur biomasses à stades jeunes (non montré ds tableau)
- ⇒ Aucun effet fertilisation sur rendement malgré P_{Olsen} faibles (T_{imp} Suisse : 4,9 – 24)
- ⇒ Effets années X sites > effets fertilisation
- ⇒ Impact sur teneurs P sur un seul site (Ca)
- ⇒ Diminution de la teneur en N sur 2 sites (Changins, - 0,2%, non montré dans tableau)

Veille scientifique P K Mg

Critical plant P for winter wheat assessed from LTFE

Résultats - Discussion Calcul du P_{critique} par méthode courbe dilution



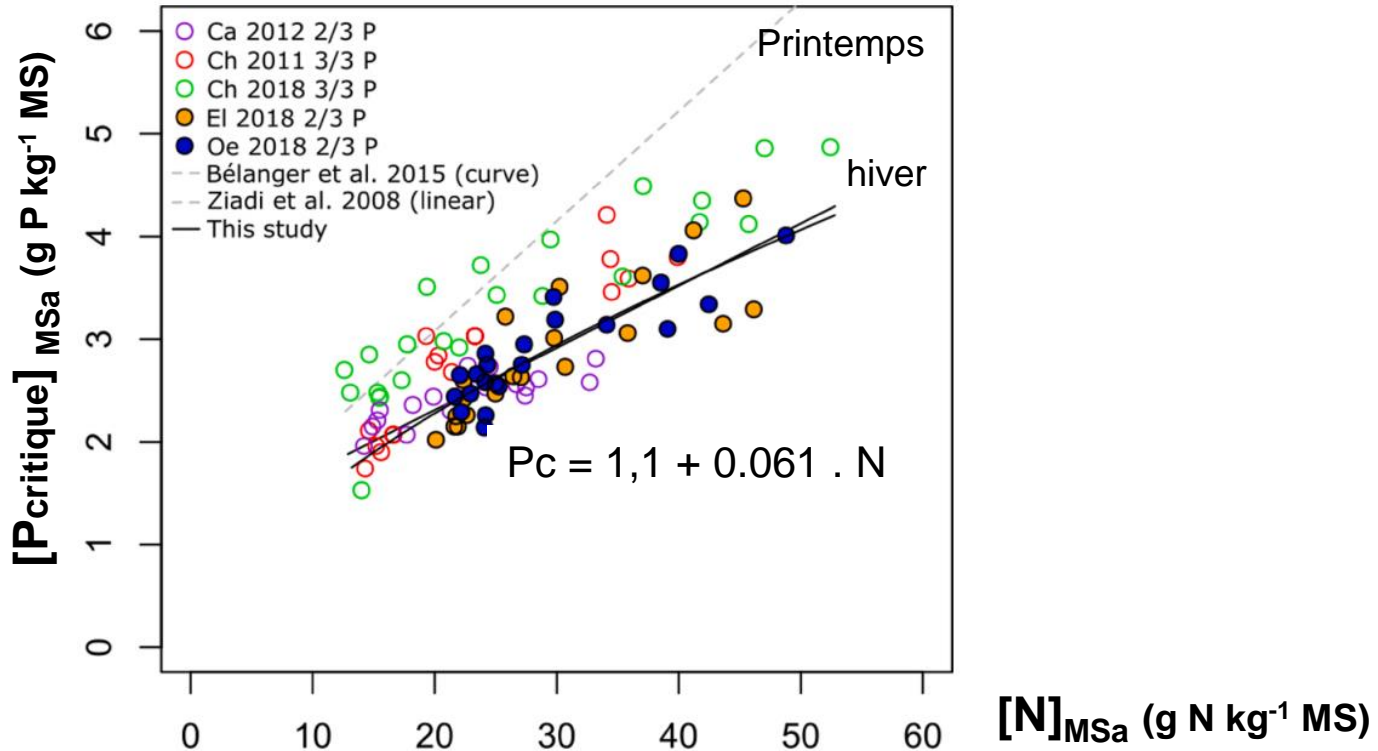
- ⇒ La variabilité des réponses dépend majoritairement du statut N des plantes
- ⇒ Réponse identique si N non limitant seulement
- ⇒ Réponde différente entre blé hiver et blé printemps

Veille scientifique P K Mg

Critical plant P for winter wheat assessed from LTFE

Résultats - Discussion

Relation entre $P_{critique}$ et $[N]_{biomasse}$

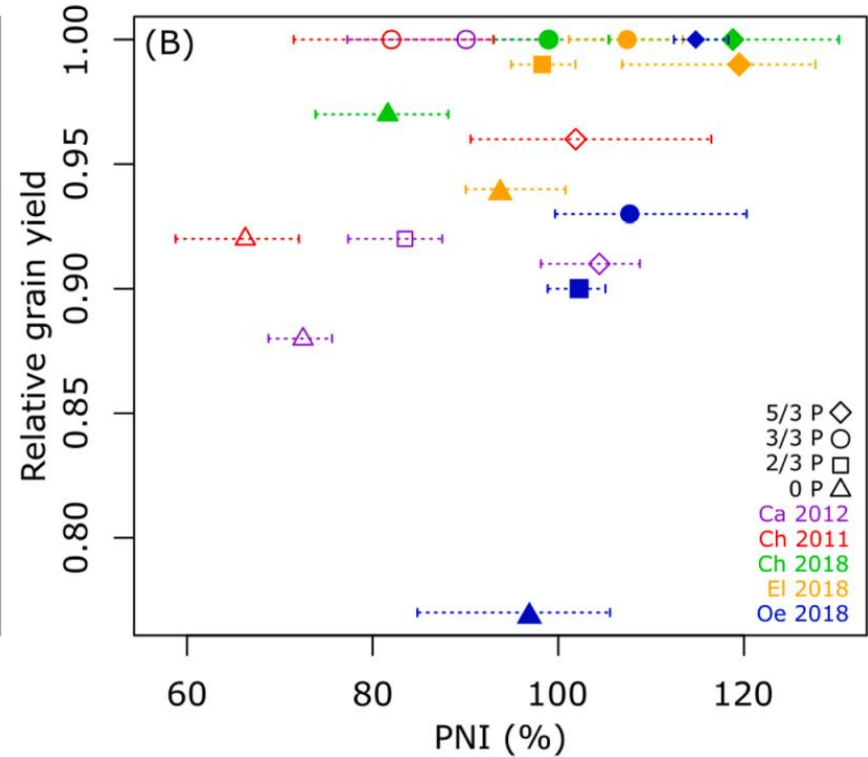
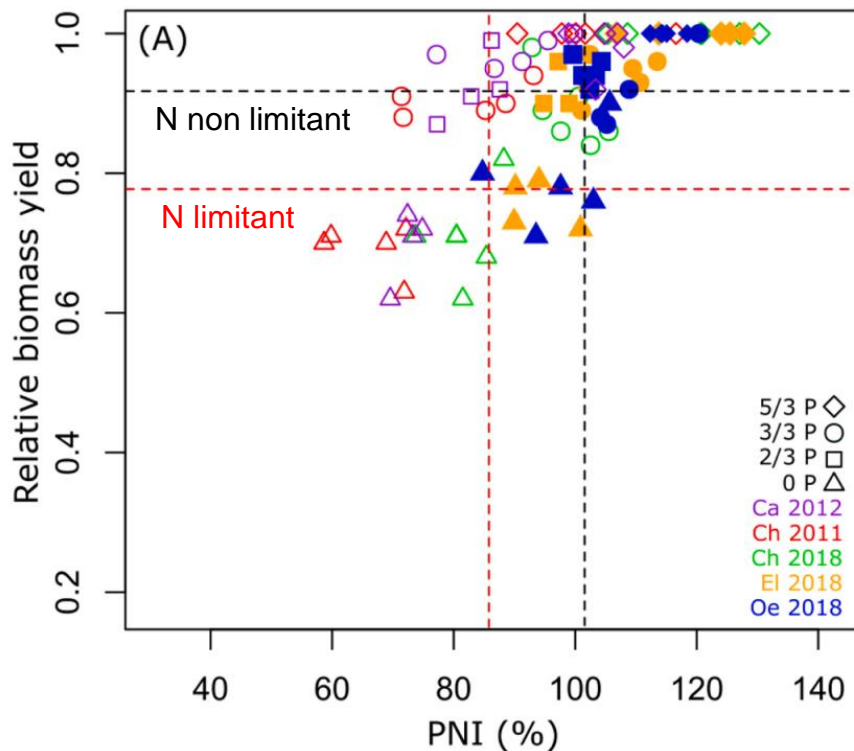


- ⇒ La relation dépend de l'état de nutrition en N
- ⇒ Relation différente entre blé hiver et printemps, le blé d'hiver étant plus riche en N
- ⇒ Estimation plus rapide de $P_{critique}$, évite pesées de MSa, sauf si la mesure de l'INN s'impose
- ⇒ Rapport N / P_c optimum = 10 et 9 pour rendements de 50 et 100 qtx ha⁻¹, resp. (non montré)

Critical plant P for winter wheat assessed from LTFE

Résultats - Discussion

Confrontation INP aux biomasses et rendements relatifs



- ⇒ Résultats identiques pour $P_c = f(\text{MSa})$ ou $P_c = f([\text{N}]_{\text{MSa}})$
- ⇒ Pas de relation pour les rendements-grains relatifs, voire baisse au-delà de $\text{INP} > 100$
- ⇒ Croissance végétale plus sensibles à déficience P que grains
- ⇒ Piloter un INP autour de 100 assure un rendement maximum

Veille scientifique P K Mg

Critical plant P for winter wheat assessed from LTFE

Limites

- Méthode de calcul des Indices de Nutrition : nécessite nombreux traitements (>4)
- Equations a priori non utilisable sur SdC déficients en N de manière structurelle (AB)
- Effets de l'alimentation hydrique non testés. Or N, P et eau interagissent
- Effets cultivars non testés

Conclusions

- Absence de réponse du Rdt-grains au gradient de P, même après des décades d'impasses. Gradient d'INP pas encore assez étendu
- Les valeurs de P_c dépendent de l'alimentation en N

scientific reports

Scientific Reports | (2021) 11:9042

| <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88580-8>

nature portfolio

OPEN Evidence
for magnesium–phosphorus
synergism and co-limitation
of grain yield in wheat agriculture

Martin Weih^{1,2,3}, Hui Liu², Tino Colombi², Thomas Keller^{2,3}, Ortrud Jäck², Pernilla Vallenback⁴ & Anna Westerbergh⁵



Introduction

Stœchiométrie, homéostasie

- Rôles Mg
- Constituant chlorophylle
 - Synthèse saccharose et chargement phloème
 - Détoxification radicaux libre, tolérance forts rayonnements
 - Activateur enzymatique (carboxylases, phosphates)
 - Formation et utilisation d'ATP
 - Synthèse protéines



1/3 du Mg \in chloroplastes



Interactions connues

- Mg prélèvement de N
- Efficience d'utilisation du N
- Baisse du R/S liée (Ho) à limitation en N

Introduction

Objectif général :

Etude des concentrations relatives des minéraux vis-à-vis de N et P sur blé

- i) Effets des ratios sur rendements-grains et efficacité utilisation de l'azote
- ii) Identification des co-limitations
- iii) Effet de l'architecture racinaire sur les prélèvements de minéraux

Matériel et méthodes

Property	2018	2019	
Clay (g kg ⁻¹)	145	145	
Total N (g kg ⁻¹)	2.4	2.3	
Total soil organic C (g kg ⁻¹)	25.9	24.7	
pH (H ₂ O)	5.8	5.7	
P-AL (g kg ⁻¹)	0.034	0.038	Classe II / V
K-AL (g kg ⁻¹)	0.109	0.110	
Mg-AL (g kg ⁻¹)	0.194	0.201	Non-limitant

9 variétés de blé

Minéraux mesurés dans biomasse aérienne : N, P – Ca, K, Mg, S – Cu, Fe, Mn, Zn

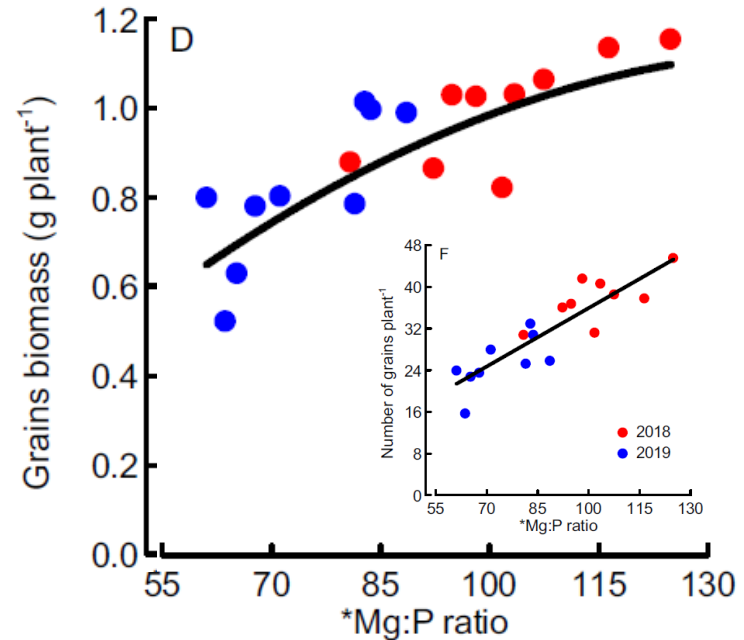
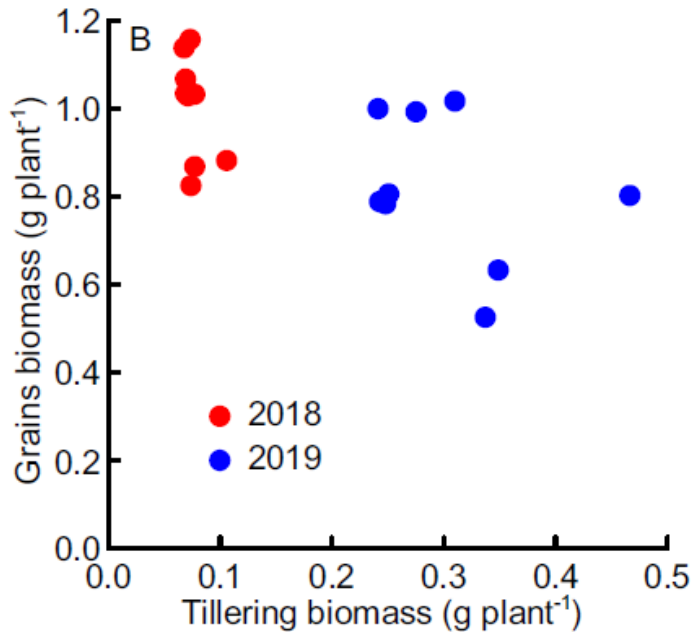
Périodes mesure : tallage, floraison, maturité

Comptage racines séminales et mesure angles avec surface sol (tallage)

Efficience de conversion de l'azote biomasse-grains: masse grains / masse de N parties aériennes

Résultats – Discussion

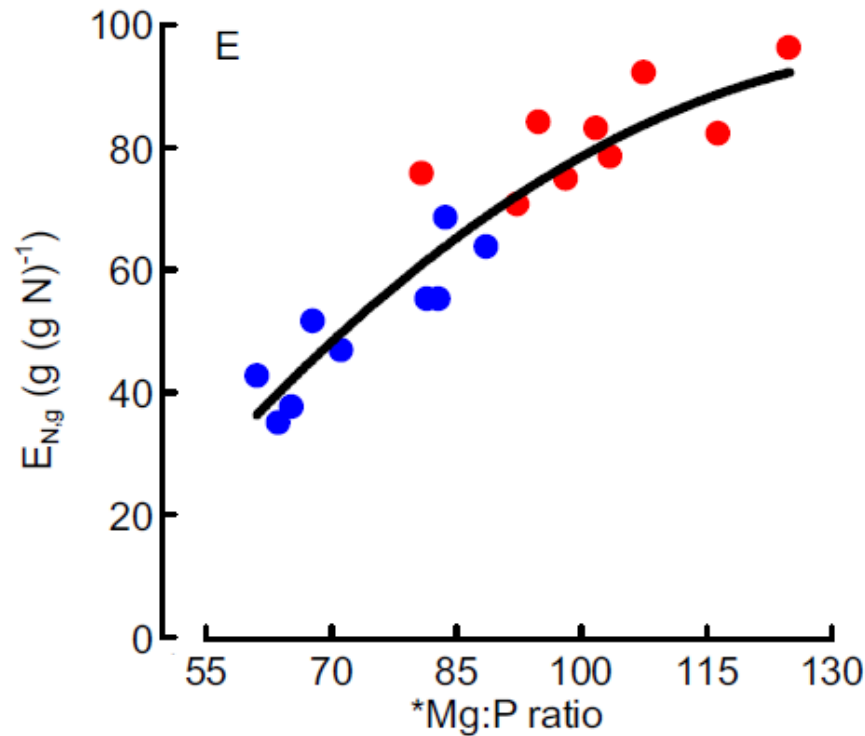
Ratio Mg:P, meilleur prédicteur du rendement



- Biomasse_{tallage} mauvais prédicteur de rendement
- Ratio Mg:P = bon prédicteur à l'échelle inter- et intra-annuelle (Conditions P bas, Mg normal)
- Rendement particulièrement bien corrélé au nombre de grains
- Résultats obtenus sur autres jeux de données : co-limitation et synergie P X Mg courante

Résultats – Discussion

Recherche de causalités

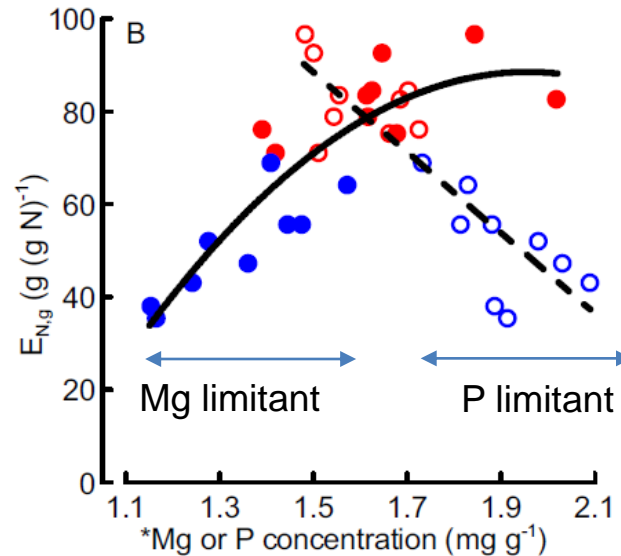
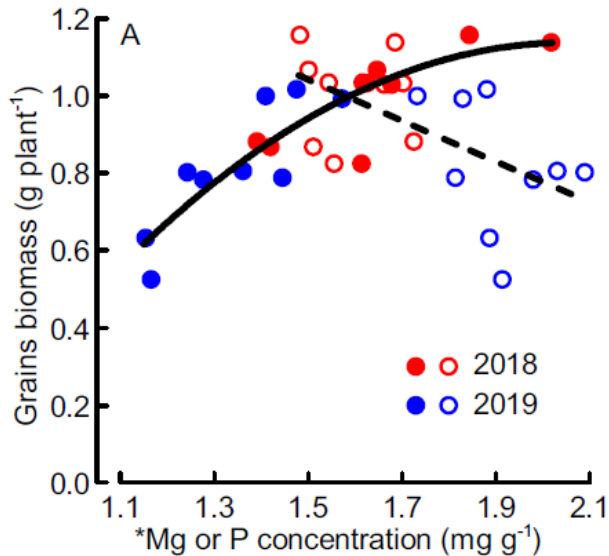


- Mg et P : impliqués dans les processus photosynthétiques

⇒ Forte suspicion interaction (« synergie ») Mg-P sur utilisation de N, photosynthèse, MSA, Rdt

Résultats – Discussion

Détails sur les valeurs de Mg:P



- [Mg]_{MSA} courant

- Co-limitation Mg-P

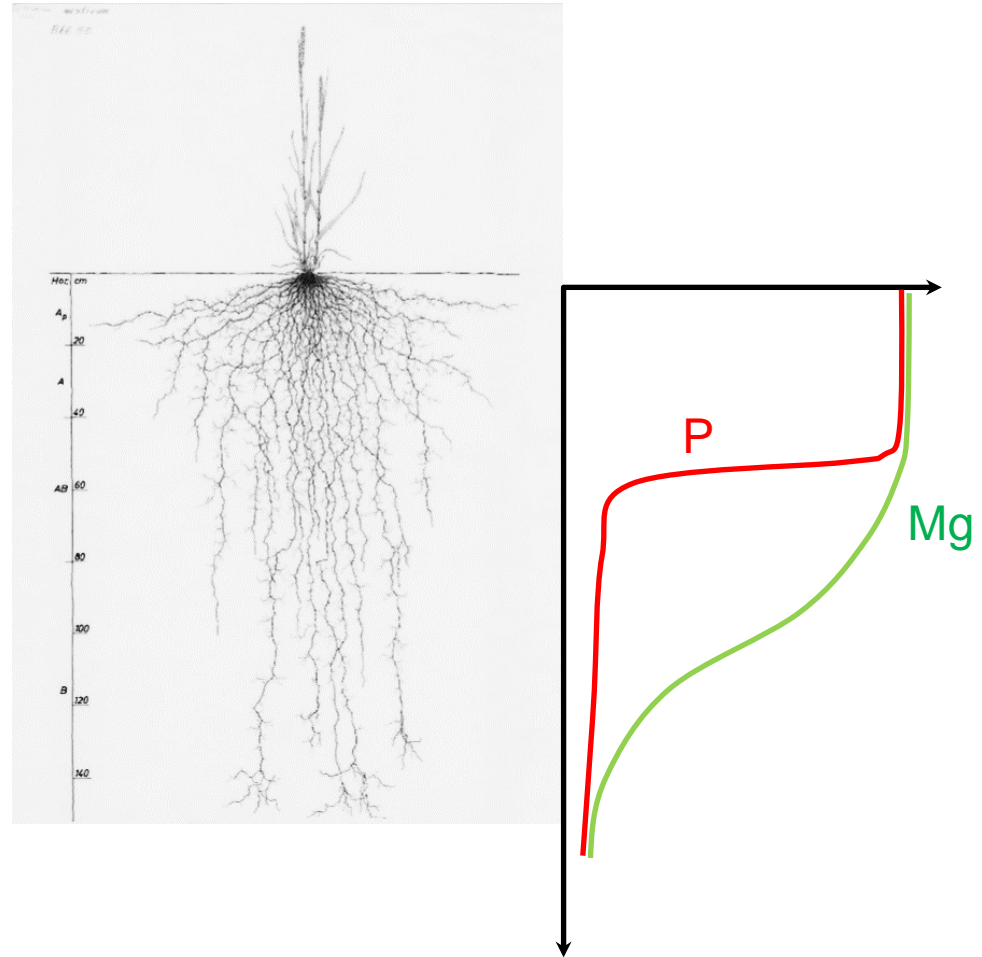
⇒ Utilisation de seuils élémentaires non suffisante

Résultats – Discussion

Pourquoi le ratio Mg:P varie-t'il entre variétés ?

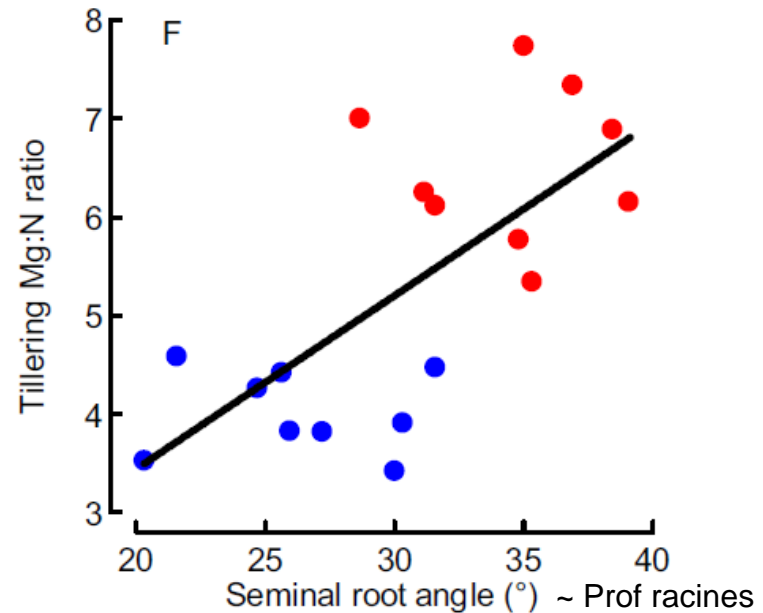
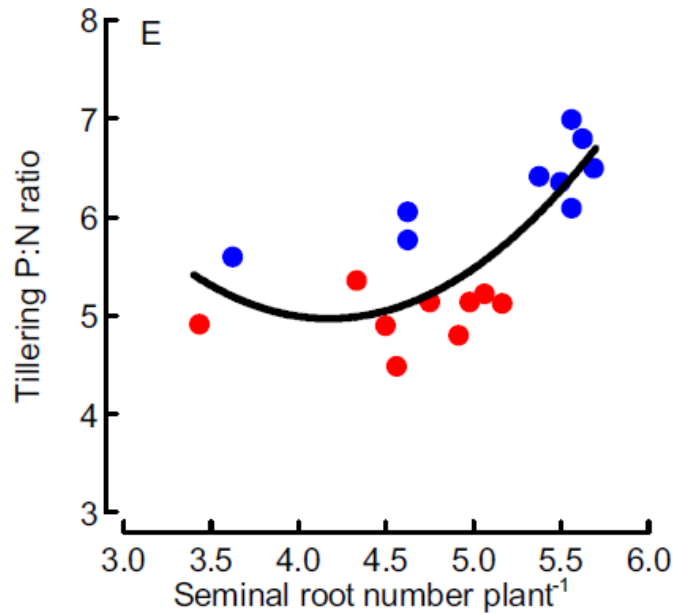
- P peu mobile, profil plus concentré vers surface (comparé à N, Mg ...)

⇒ Ho : La manière dont les racines se distribuent dans le profil, en fonction des variétés, implique des ratios différents entre éléments mobiles et peu mobiles



Résultats – Discussion

Pourquoi le ratio Mg:P varie-t'il entre variétés ?



- Racines plus profondes \Rightarrow meilleures acquisition du Mg relativement à celle du P ou du N

Résultats – Discussion



Martin Weih 

 Swedish University of Agricultural Sciences
Uppsala, Sweden

LJM: Mg plant concentration evolves from 1 to 2 mg/g, concentrations being proportional to grain biomass. Mg in the soil being the same on the whole trial, **how can some varieties be more efficient to uptake Mg?** Roots morphology only?

MW: You are right, one characteristic influencing the uptake of one nutrient (e.g. Mg) in proportion to another element (e.g., P) can be related to root morphology, e.g. root depth and root thickness properties, and **we have evidence that differences in root thickness vs. root depth indeed caused the differences between varieties in our case** .

LJM: You state that some ratios should be preferred to single concentrations, for nutrition diagnosis; but figure 6 A shows a threshold on Mg concentrations (1.6) below which yield is decreased. **In which extent should the Mg:P ratio be more powerful for crop nutrition diagnosis?**

MW: Simple concentration thresholds neglect the existence of synergetic or antagonistic effects between various nutrients, and are therefore less reliable especially in those cases in which those synergistic effects exist, as seems to be the case in our study with Mg and P. This is why we argue that ratios are more powerful for diagnosis than simple threshold values, **they accommodate the complexity of synergistic (or antagonistic) effects probably better than simple threshold values**.

LJM: From this trial and its results, I would keep in mind that **the varieties that are more about to increase their Mg uptake are more about to increase their yield**. This conclusion is far more simpler than yours. But is it true?

Response: **Your simplified conclusion is correct for this specific case of our study. But it is not correct in a more general perspective**. We have tried to produce generalizable conclusions, which unfortunately needs to be expressed in a less simple way

Conclusions

- Importance de la fertilisation Mg (soutenue par revues très récentes*)
- Concentrations critiques des éléments, seuls, devraient être interprétées avec prudence
- La sélection basée sur des variétés plus efficaces dans le prélèvement de P aux stades jeunes ne doit pas se faire au détriment de l'acquisition du Mg, dont le prélèvement augmente plus vite que celui du P
- Importance des traits racinaires pour comprendre les différences de réponses entre variétés



Critical Leaf Magnesium Thresholds and the Impact of Magnesium on Plant Growth and Photo-Oxidative Defense: A Systematic Review and Meta-Analysis From 70 Years of Research

Melanie Hauer-Jäkli* and Merle Tränkner*

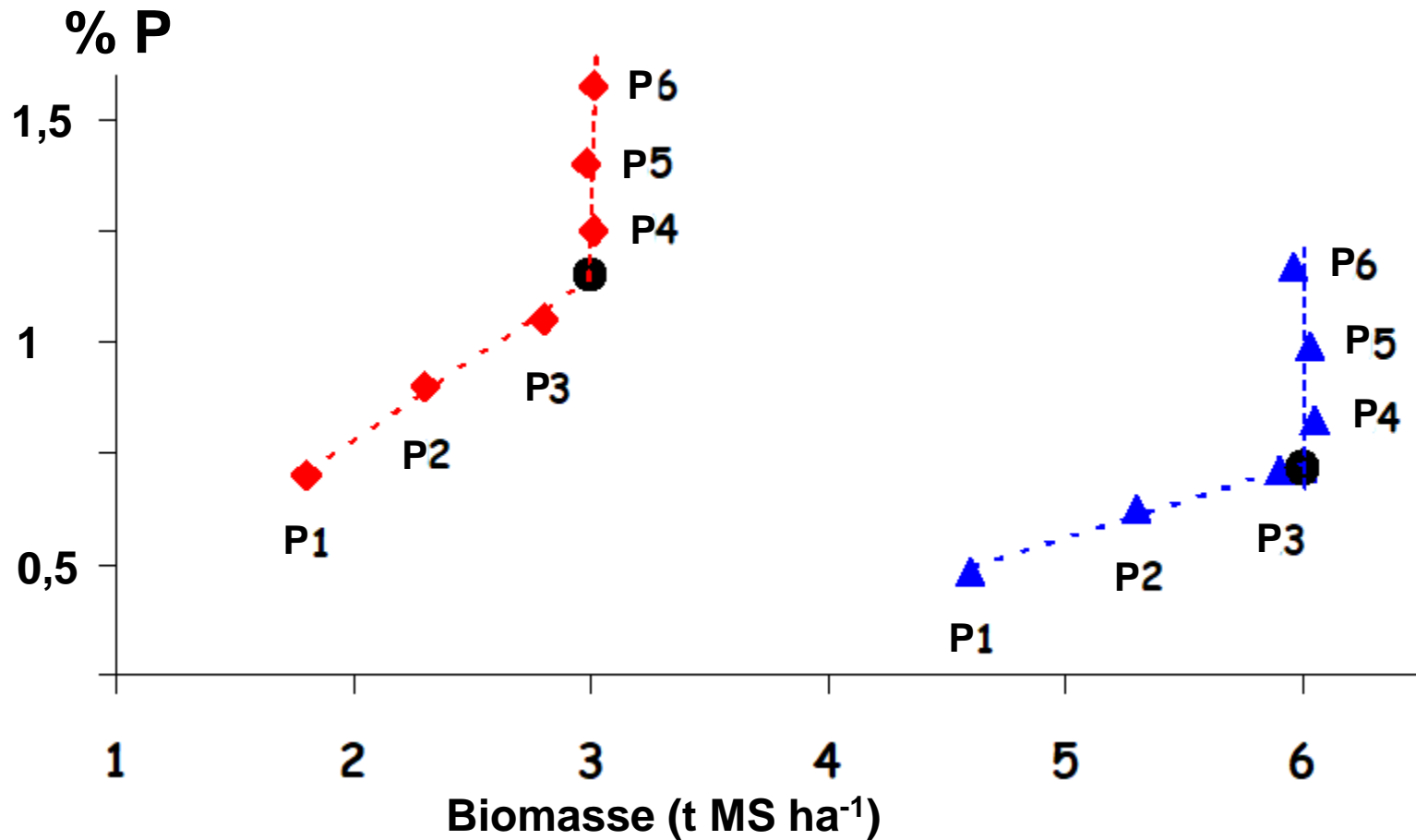
Department of Crop Sciences, Institute of Applied Plant Nutrition, Georg-August University Göttingen, Göttingen, Germany

TABLE 1 | Overview of calculated effects in the meta-analysis including number of studies and number of species per investigated parameter.

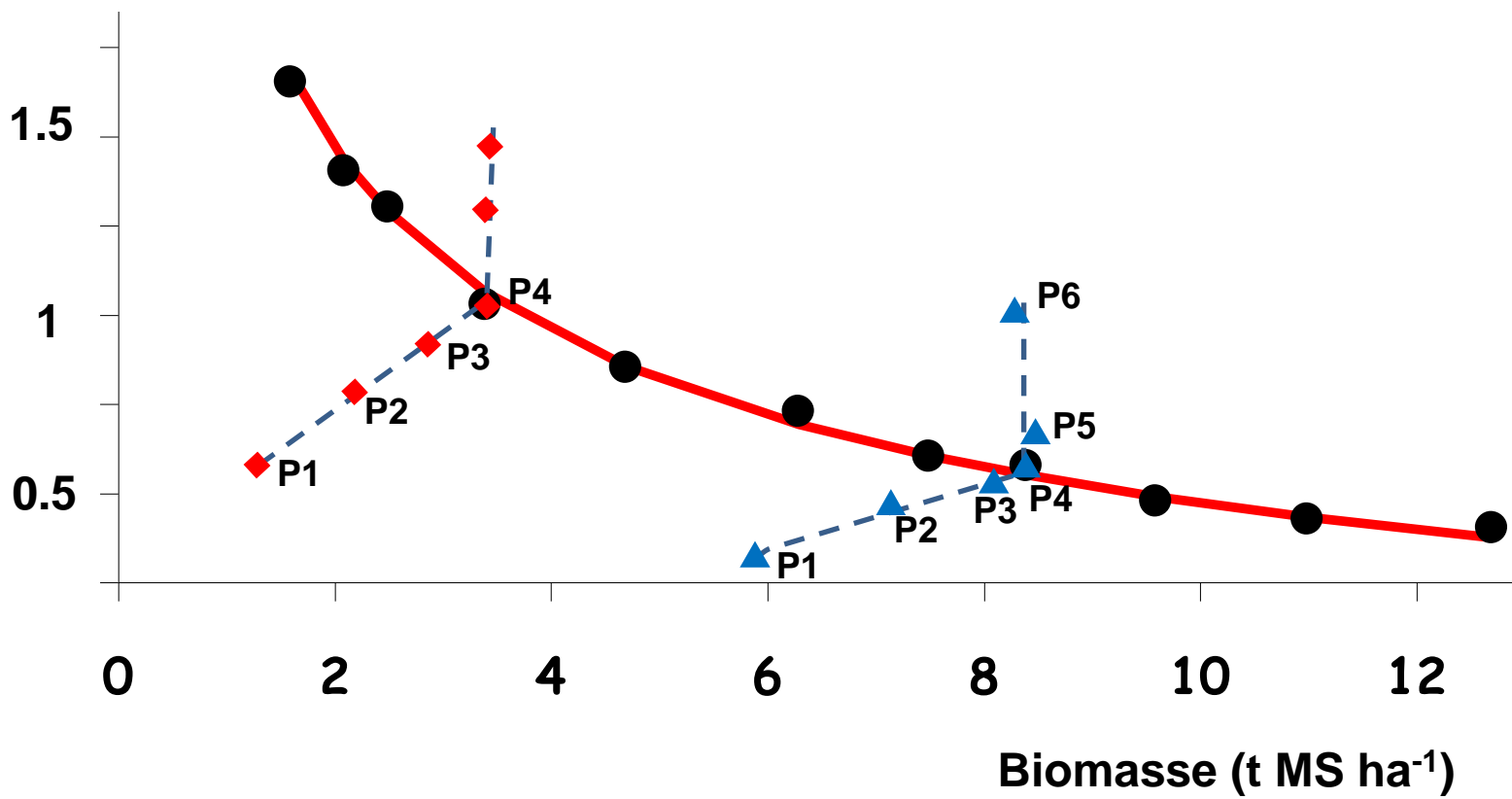
Parameter	Number of studies	Number of species	Number of calculated effects
Biomass total	41	32	89
Biomass leaf	12	9	36
Biomass root	36	27	75
Biomass shoot	38	30	118
Shoot-root ratio	33	26	78
Net CO ₂ assimilation (A _N)	23 [†]	15	46
Leaf Mg concentration	31 [‡]	19	72
Reactive oxygen species (ROS)	12	10	20
ROS scavenging enzymes	19	15	137
ROS scavenging metabolites	15	12	69

Matériel et méthodes

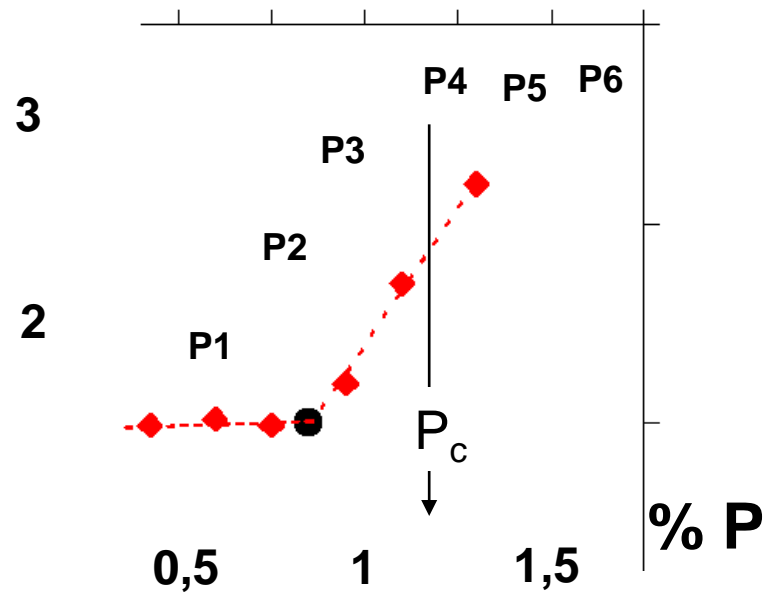
Essais P de longue durée (Suisse)



% P



Biomasse (t MS ha⁻¹)



Ln Pc (g/kg)

