

Effets de la fertilisation azotée, phosphatée et potassique sur la croissance, la survie et le rendement du blé et du seigle d'automne : premiers résultats d'essais québécois



Responsable scientifique: Christine Landry, agr., PhD
Conférencière: Julie Forest-D., M. Sc.

25-26 novembre 2025

irda | Institut de recherche
et de développement
en agroenvironnement

Les céréales d'automne au Qc

- Cultures qui gagnent en popularité
- **En 10 ans**, les superficies ont plus que triplé :
 - Seigle d'automne : 5 500 ha → 17 200 ha
 - Blé d'automne : 9 500 ha → 31 100 ha
- **Nombreux bénéfiques** (contribuent objectifs du PAD)
 - Agronomiques (pression des MH)
 - Environnementaux (couverture hivernale, structure du sol)
 - Économiques (rendements supérieurs aux céréales de printemps)

(Statistique Canada, novembre 2025)



(RAP grandes cultures, août 2024)

Historique des essais de fertilisation

- À ce jour: pas de grille de référence pour la fertilisation des céréales d'automne
- MAPAQ finance de grands programmes pour mener à de nouvelles grilles de recommandation pour des cultures ciblées
- Programme de soutien aux essais de fertilisation (PSEF): nouvelles grilles céréales (publiées 2021)
 - Blé de printemps
 - Avoine
 - Orge

<https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/agriculture/pratiques-agricoles-environnement/gestion-matieres-fertilisantes/grilles-reference-fertilisation>



Responsable du projet :	Christine Landry
Auteurs :	Christine Landry, Claude-Alla Joseph, Stéphanie Houde, Julie Forest-Drolet et Michèle Grenier.
Collaborateurs :	Léila Anderson, Olivier Breton-Bourgault, Simon Guillemette, Anne-Mary Le Guennec, Catherine Bossé, Alexandre Leblanc, Marianne Crépeau et Julie Desautels.
Produit pour :	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
Date :	Juillet 2021

Mandat IRDA

Mandat actuel (2024-2026)

- Réaliser les protocoles de recherche en concertation avec le milieu
- Faire des essais terrain
 - 2024-2025
- Pérenniser les données dans une base de données

Poursuite des essais (2026-2029)

- Prolongation en cours avec nouveaux essais établis cet automne (2025-2026)



Mandat IRDA d'établissement des valeurs scientifiques de référence en nutrition des cultures 2023-2026 (MIEVRN)

Protocole 2025 – Collaborateurs

Essais de fertilisation NPK – Blé et seigle d'automne (cultures no. 35 et 36)

Date : 20 septembre 2024, dernière modification le 26 août 2025

Responsable scientifique : Christine Landry, agr., biol., Ph. D.

Ce rapport a été produit à l'attention du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Pour des valeurs scientifiques robustes:

la collaboration

Expertise agronomique

- Comité d'experts

Julie Boisvert, agr., Club Agri-Durable
Yvan Faucher, agr., MAPAQ
Bruce Gélinas, agr., M. Sc., MAPAQ
Jean Goulet, agr., Semican
Stéphanie Mathieu, agr., MAPAQ
Michel McElroy, Ph. D., CÉROM



Expertise scientifique

- IRDA

Christine Landry, agr., PhD
Julie Forest-Drolet, M. Sc.
Simon Guillemette, M. Sc.



Volet terrain

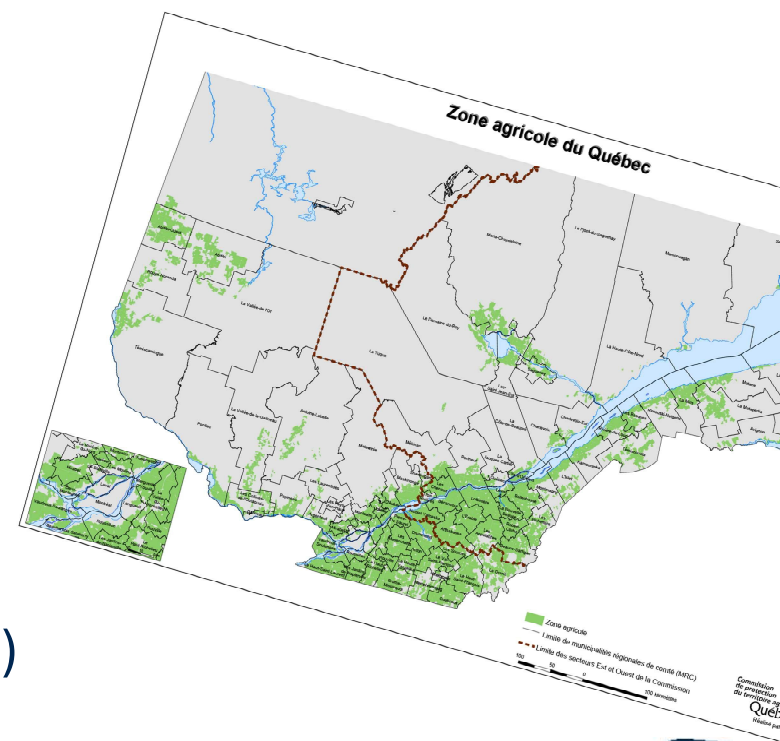
- Conseillers et clubs
- Producteurs
- Centres de recherche



Grille de référence en fertilisation

Valeurs scientifiques robustes:

- **Nombreuses données** issues de protocoles validés
- Par culture:
 - 30 essais N
 - 30 essais K
 - 15 essais P (blé et seigle combinés)
- **Représentativité** = couvrir une variété de
 - Régions
 - Types de sols (texture, fertilité, MO, etc.)
 - Années – au moins 5 ans



Critères généraux de sélection des sites

- **Cultivars enregistrés** au Québec (**blé**) ou au Canada (**seigle hybride**)
- Dates de semis visées (zones RGCQ) :
 - **Zone 1**: septembre
 - **Zone 2**: fin août / mi-septembre
 - **Zone 3**: mi-août / mi-septembre
- **Semis en rang** après un travail de sol
- **Aucun apport d'engrais/amendement organique** avant l'essai (incluant les EV)
- **Éléments mineurs** non limitants
 - S à l'automne (2024) ou au printemps (2026)



Traitements N de fertilisation

Application			N (kg/ha)							
Période	Mode	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
ESSAI N	Avant le semis	À la volée, incorporé	0	0	0	30	0	0	30	0
	Au printemps, aussitôt que le sol est portant	À la volée	0	60	90	60	120	90	90	90
	Fin tallage (Z30)	À la volée	0	0	0	0	0	30	0	60
	Apport total		0	60	90	90	120	120	120	150

- **Courbe** : 5 doses **N total** (dont témoin 0N)
- **Fractionnement** (90 vs 30+60 ou 120 vs 90+30)

Traitements N de fertilisation

Application			N (kg/ha)							
Période	Mode	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
ESSAI N	Avant le semis	À la volée, incorporé	0	0	0	30	0	0	30	0
	Au printemps, aussitôt que le sol est portant	À la volée	0	60	90	60	120	90	90	90
	Fin tallage (Z30)	À la volée	0	0	0	0	0	30	0	60
	Apport total		0	60	90	90	120	120	120	150

- **Dose d'appoint** (apport d'un 30N supplémentaire en automne ou Z30)

Traitements P et K de fertilisation

ESSAI P	Application		P ₂ O ₅ (kg/ha)			
	Période	Mode	P1	P2	P3	P4
	Avant le semis	À la volée, incorporé	0	30	60	90
	Apport total		0	30	60	90

ESSAI K	Application		K ₂ O (kg/ha)					
	Période	Mode	T9	T10	T11	T12	T13	T14
	Avant le semis	À la volée, incorporé	0	30	60	30	90	30
	Au printemps, aussitôt que le sol est portant	À la volée	0	0	0	30	0	60
	Apport total		0	30	60	60	90	90

- Essai K
 - Fractionnement (T11 vs T12 / T13 vs T14)

Mise en place des dispositifs

- 3 répétitions (blocs)
- But : **30 essais** x 3 rép.

Chaque traitement testé 90 fois

- Finalisés : 3 essais blé et 4 essais seigle.

= résultats préliminaires

13 % d'avancement

Essai K

Essai N

T10		
T14		
T12		
T9		
T11		
T13		
T6		
T7		
T4		
T1		
T2		
T8		
T5		
T3		
BLOC 1	BLOC 2	BLOC 3

Paramètres sol et plants

- **Nitrate du sol automne vs printemps**
- **Nbr plants + nbr talles**
- **Nb d'épillets par épis**
- **Survie hivernale et Verse**
- **Rendement grain et % Hum**
- **Hauteur des plants**
- **Qualité des grains:**
 - Teneur en protéines
 - Vomitoxine
 - Poids 1000 grains
 - Poids à l'hectolitre



Saison 2024-2025

- Belle saison, survie de 90 % et plus dans toutes les parcelles (NPK)

« **Les conditions agroclimatiques** et environnementales observées [...] **laissent présager une survie à l'hiver de bonne à très bonne**, voire exceptionnelle. »

RAP Grandes cultures, Avertissement No 1, 25 avril 2025

« **Bonne ou très bonne survie hivernale pour les céréales d'automne**, les prairies, les petits fruits et les pommiers. »

« Mois de juin avec des températures élevées favorables au développement des cultures. **Belle saison en perspective pour les céréales d'automne.** »

FADQ, bilan de mi-saison 2025 de l'assurance récolte



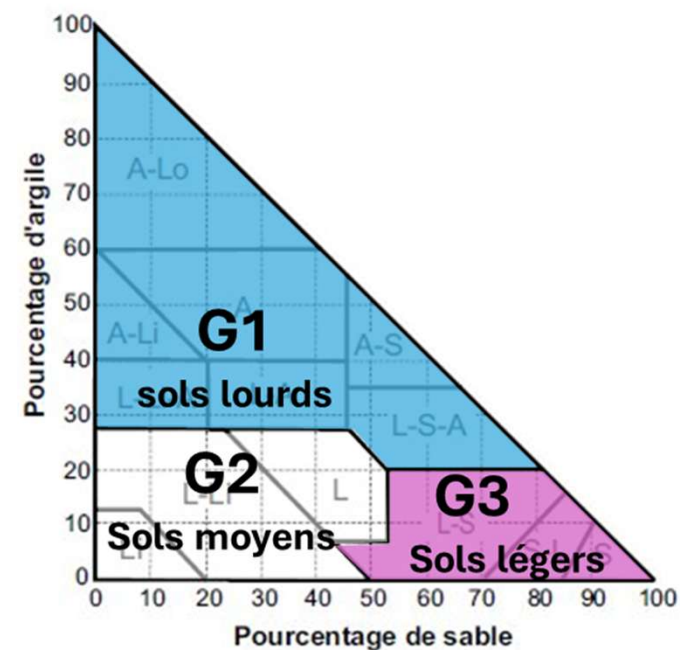
Essais N



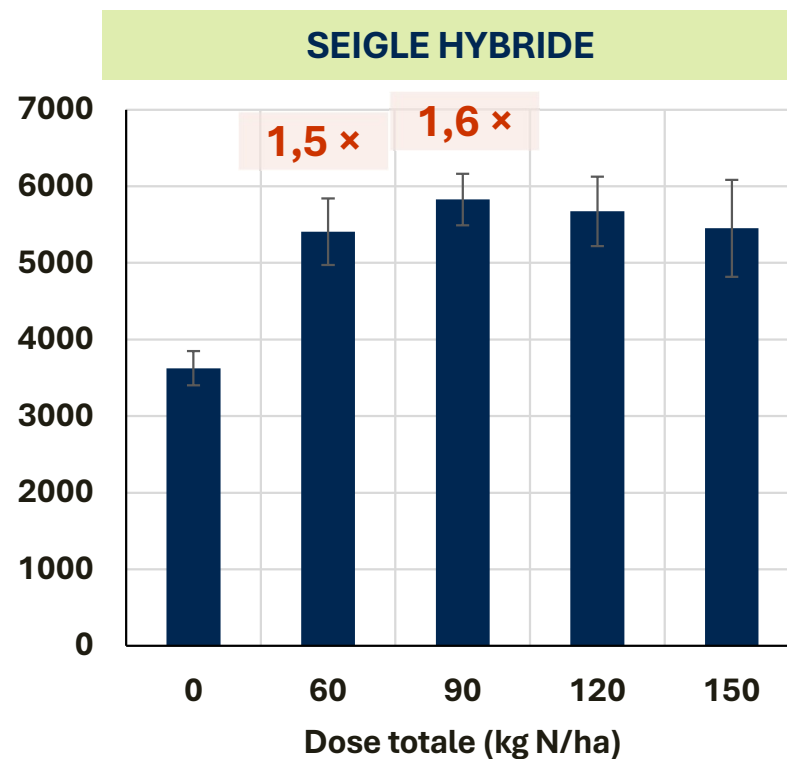
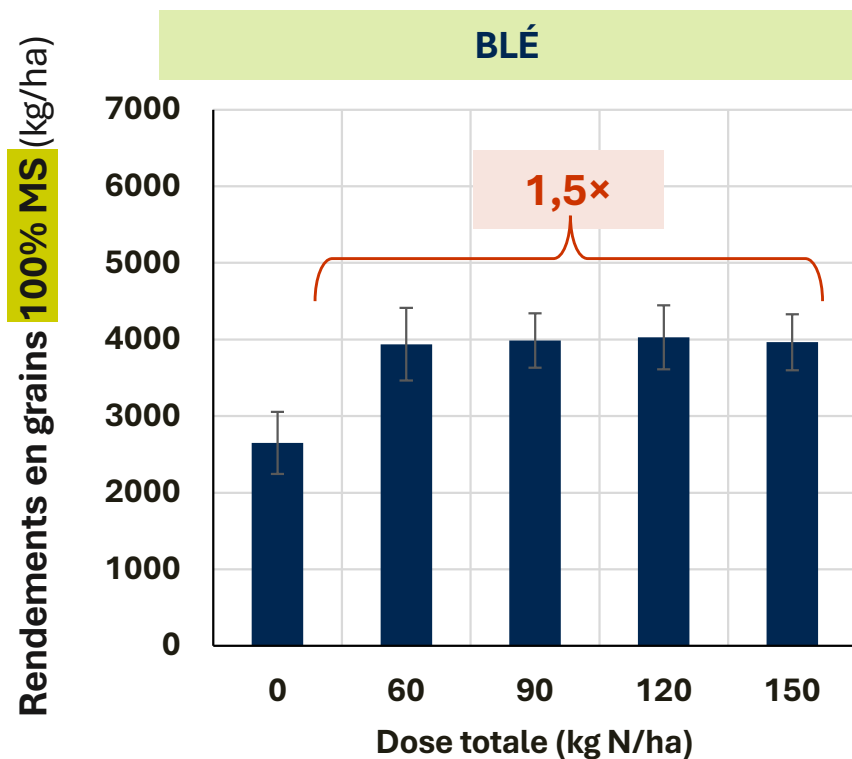
Présentation des essais N

> ~4 % > ~9 %

	id	Région	Groupe de texture	pH	MO (%)	ISP (%)	K (ppm)
Blé	B-1	Estrie	G2	5,5	6,3	2,5	95,2
	B-2	Montréal	G1 et G2	5,7	5,3	13,2	206,1
	B-3	Centre-du-Québec	G3	6,7	7,0	9,4	47,0
Seigle hybride	S-1	Capitale-Nationale	G3	5,9	3,9	9,2	49,2
	S-2	Estrie	G3	6,5	4,5	8,6	71,4
	S-3	Montréal	G3	6,2	4,5	11,3	159,7
	S-4	Centre-du-Québec	G3	6,6	6,2	8,6	38,6



Essais N – Rendements en grains

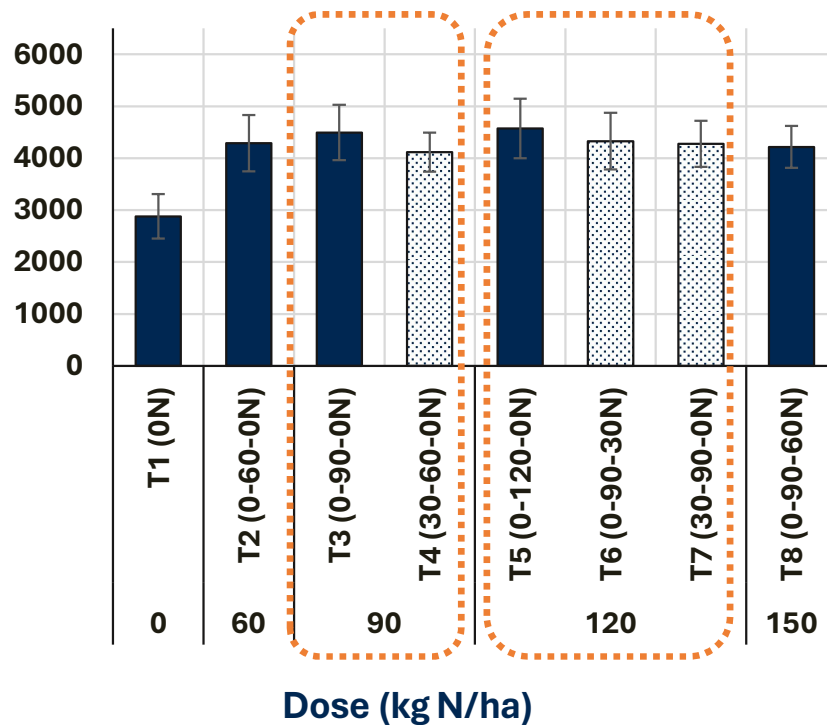


Essais N – Effet du fractionnement

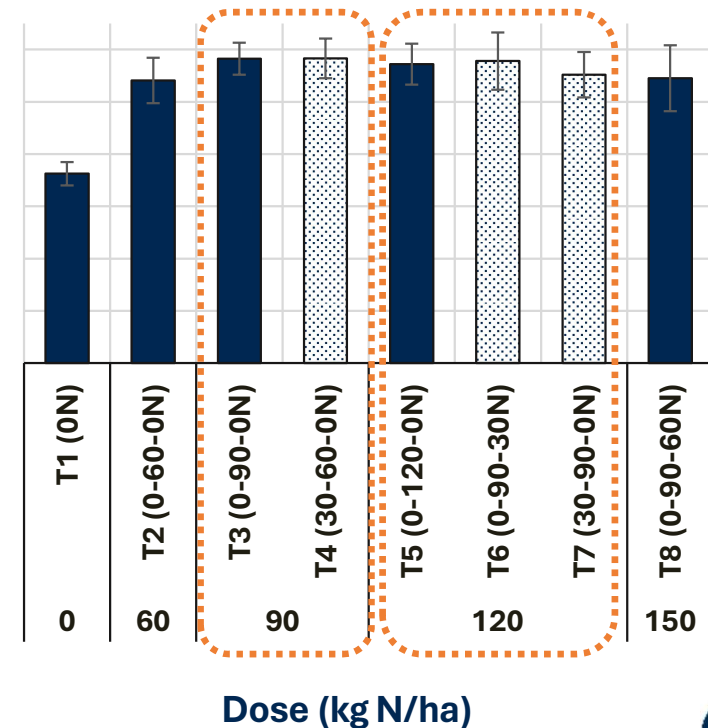
Rendements en grains (100%MS) kg/ha

BLÉ

 Dose totale fractionnée CL1



SEIGLE HYBRIDE



Diapositive 17

CL1

J'ai remis même couleur pour trt fractionnés car ici la dose total reste la même à l'intérieur d'un même trt, elle est juste fractionnée.

Christine Landry; 2025-11-23T19:24:05.798

CL1 0

Les autres trts c'est des doses différentes et ils ont la même couleur. Donc on met l'accent juste sur le fait que fractionné.

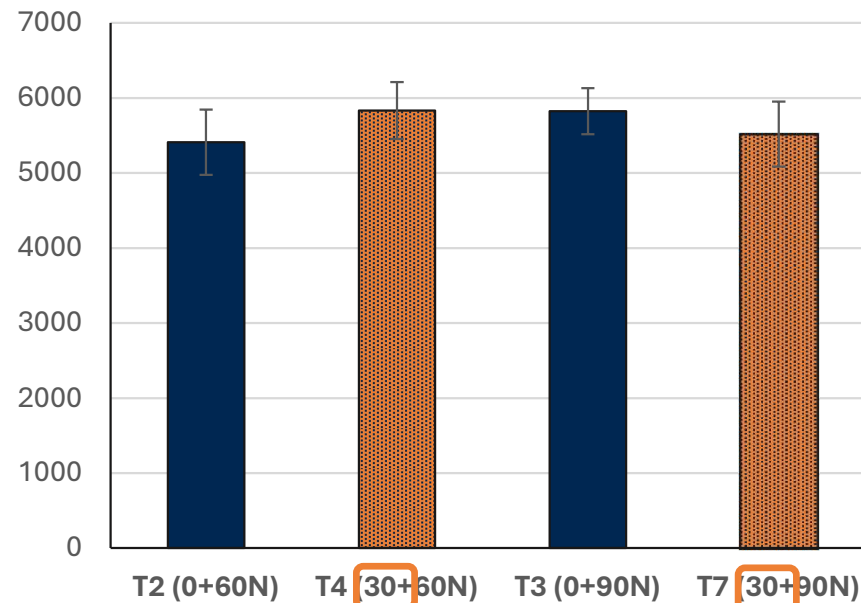
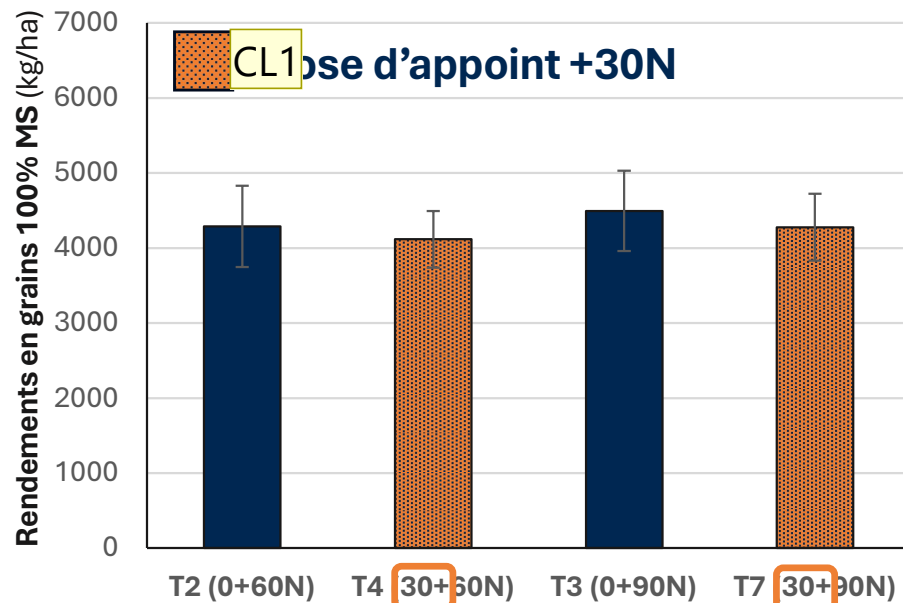
Christine Landry; 2025-11-23T19:25:01.062

Essais N - Dose d'appoint à l'automne

BLÉ

SEIGLE HYBRIDE

Semis (1^{re} appl.) au 30 oct. : 24 à 55 jours



- Pas de gains de rendement à apporter une dose d'appoint

Diapositive 18

CL1

Ici j'ai choisi une couleur différente car ce n'est pas la même dose, il y a 30N de plus. Et l'autre diapo il y a +30 et + 60 alors j'ai mis deux tons différents.

Christine Landry; 2025-11-23T19:25:47.284

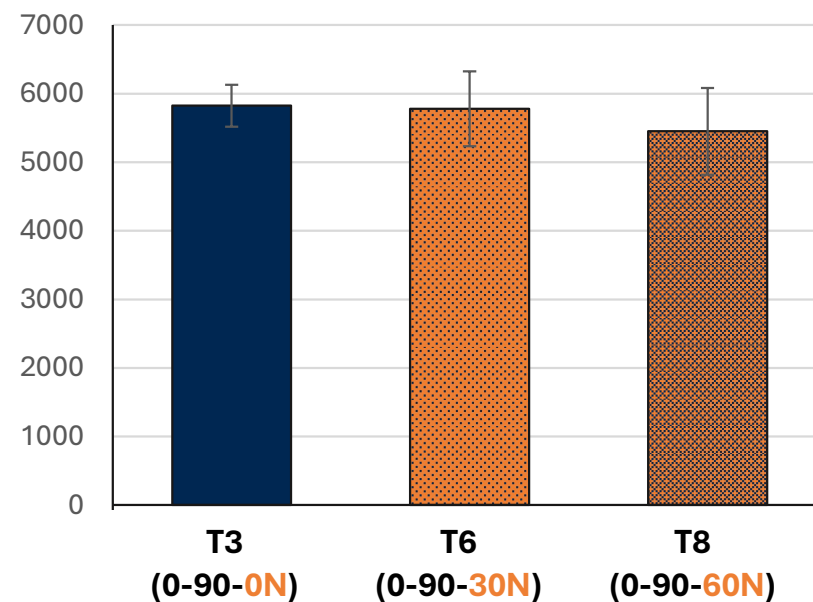
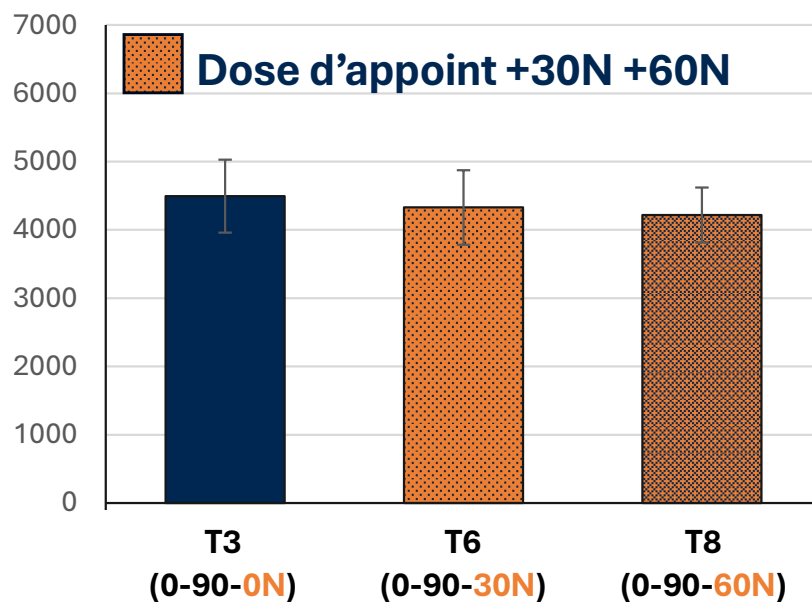
Essais N – Dose d'appoint fin tallage

BLÉ

SEIGLE HYBRIDE

2^e appl. – Z30 : 4-17 jours (moyenne de 8,6 jours)

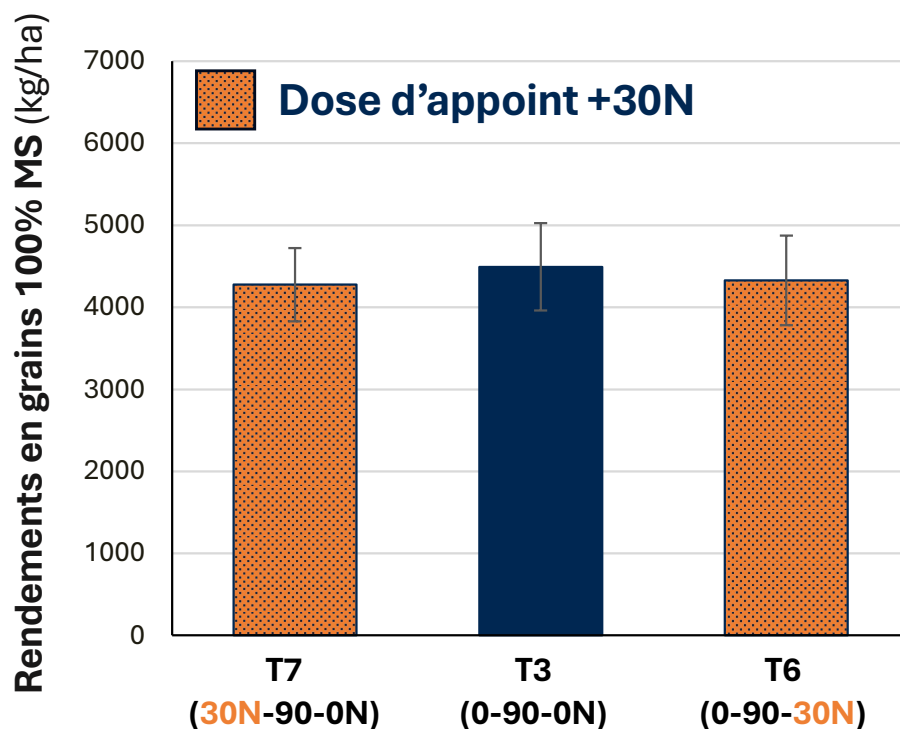
Rendements en grains 100% MS (kg/ha)



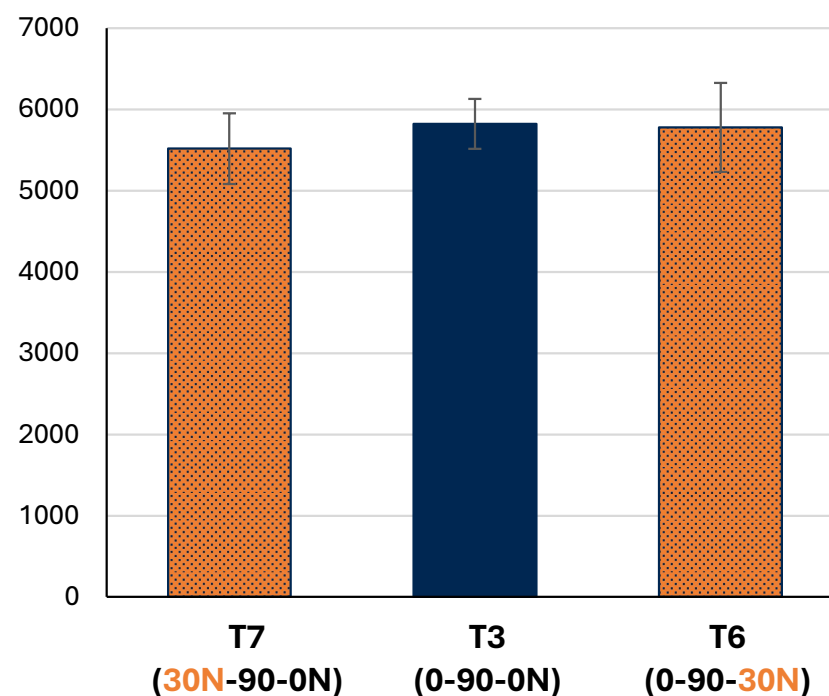
- Pas de gains de rendement à apporter N au stade Z30

Essais N - Dose d'appoint automne vs Z30 - fin tallage

BLÉ



SEIGLE HYBRIDE



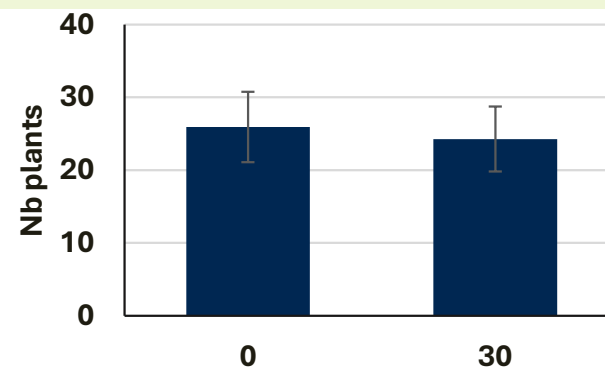
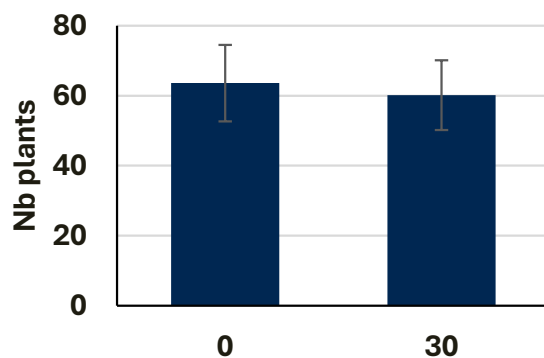
- Pas de gains de rendement à apporter une dose d'appoint

Essais N – Développement (plants et talles)

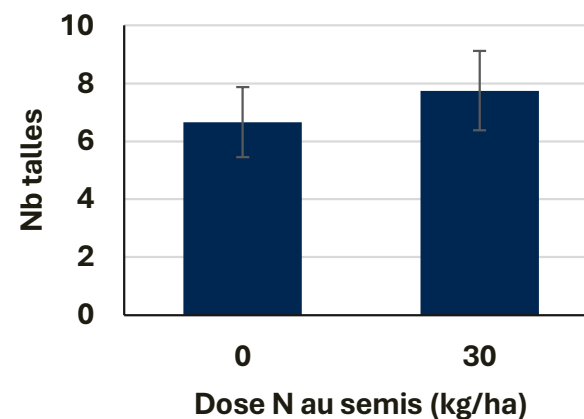
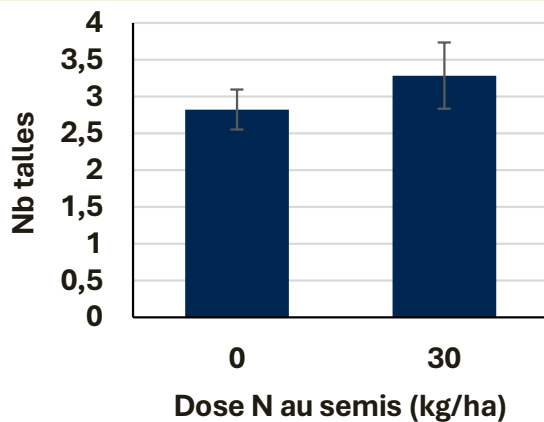
BLÉ

SEIGLE HYBRIDE

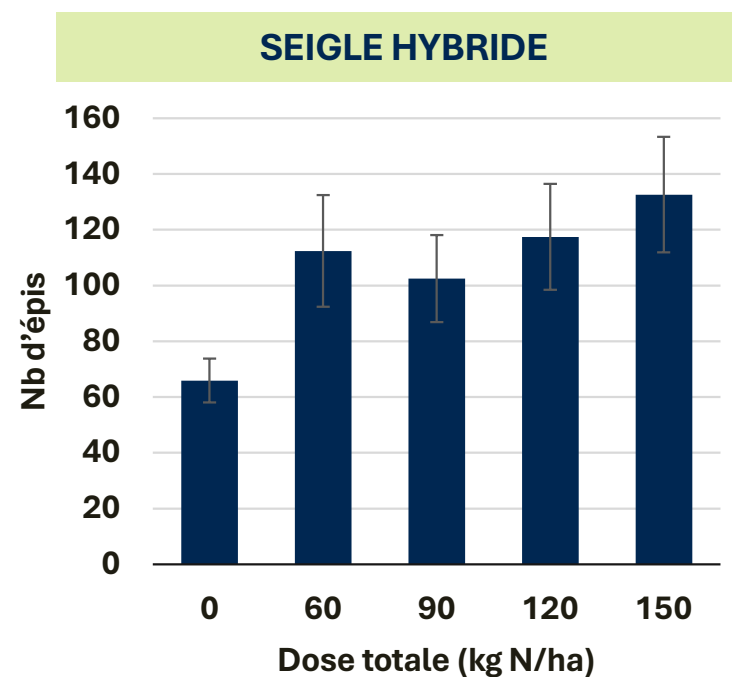
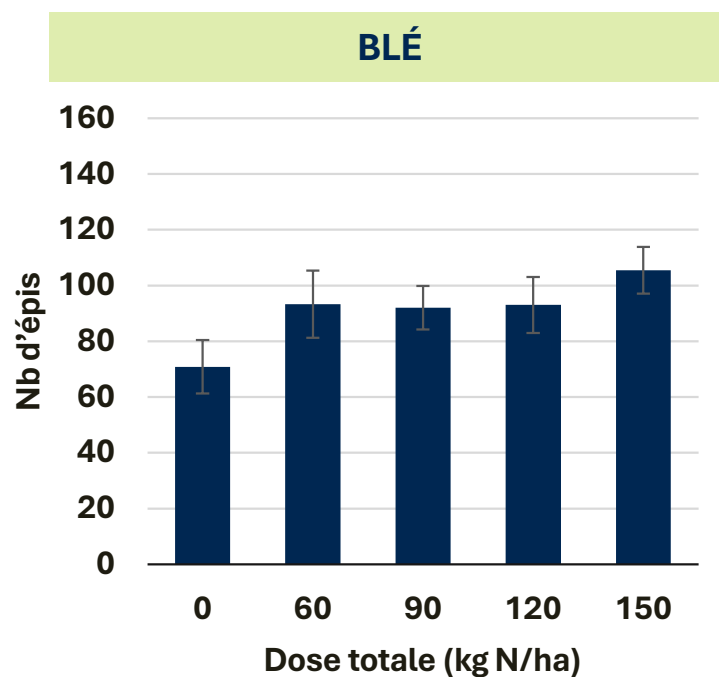
Nb de plants par m linéaire



Nb de talles par plant



Essais N – nb d'épis



- Augmentation du nombre d'épis dès 60 N
- Effet un peu plus marqué avec le seigle

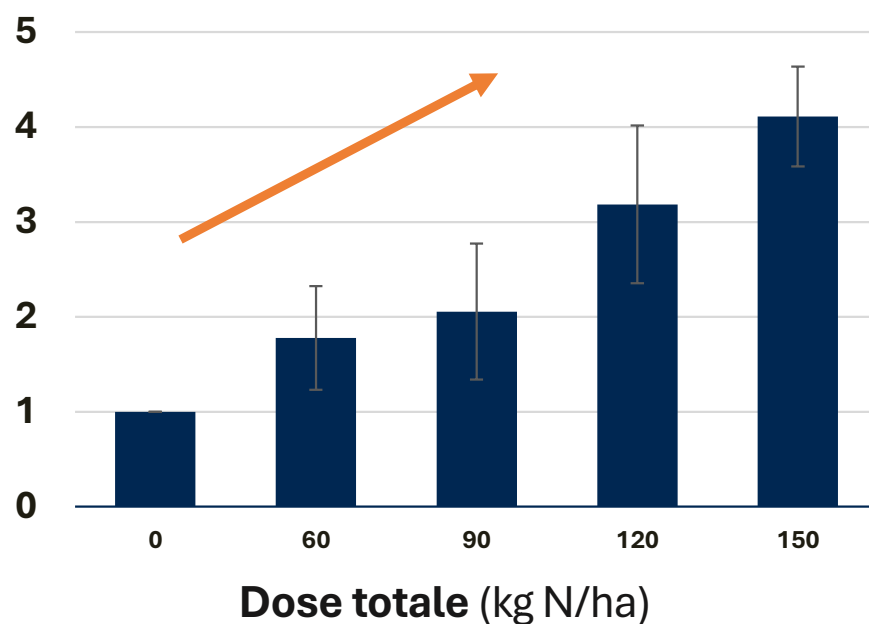
Essais N - Verse

- Dose TOTALE de N : Blé et Seigle = Hausse de la verse

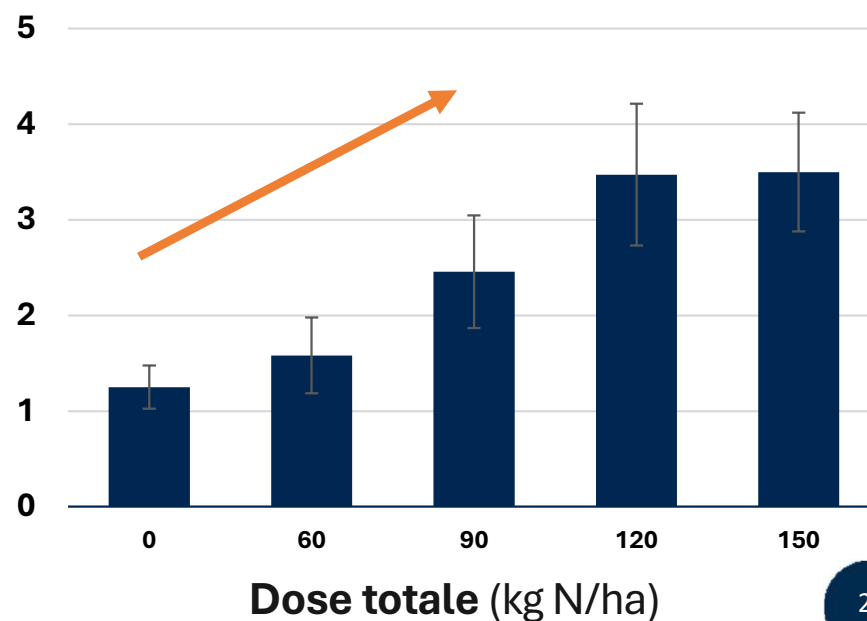
Échelle d'évaluation de la verse

1	Pas de verse à plat (0 %)
2	Peu de verse (< 25 %)
3	Verse modérée (25 à 50 %)
4	Verse importante (50 à 75 %)
5	Verse sévère (> 75 %)
6	Verse complète (100 %)

BLÉ



SEIGLE HYBRIDE



Essais N - Verse

- Dose FRACTIONNÉE : BLÉ = diminution, Seigle = ?

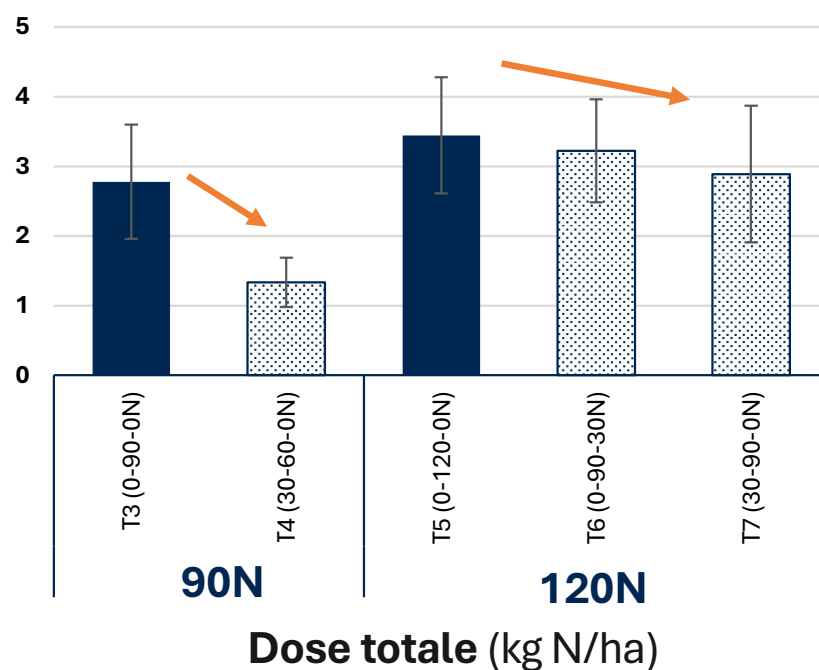
Échelle d'évaluation de la verse

1	Pas de verse à plat (0 %)
2	Peu de verse (< 25 %)
3	Verse modérée (25 à 50 %)
4	Verse importante (50 à 75 %)
5	Verse sévère (> 75 %)
6	Verse complète (100 %)

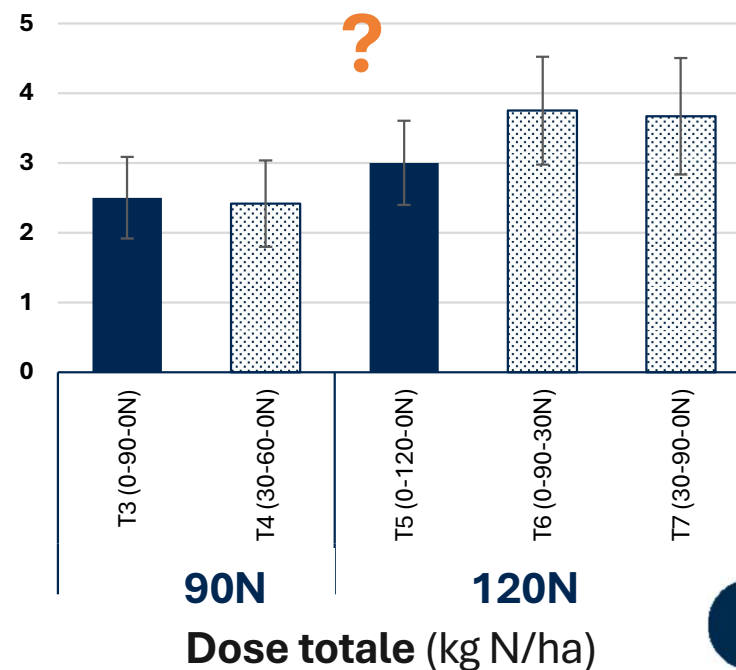
BLÉ



Dose totale fractionnée



SEIGLE HYBRIDE



Essais N

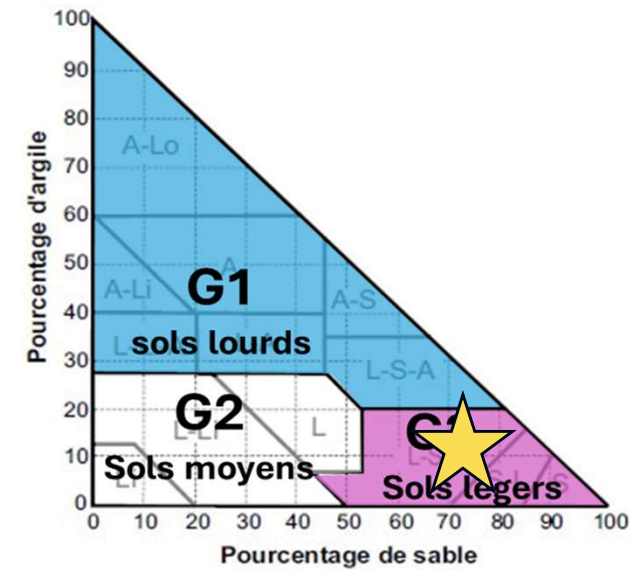
- Dose minimale à apporter :
 - 60 kg N/ha dans le blé
 - 60 à 90 kg N/ha dans le seigle hybride
- Augmentation du nb d'épis, mais augmentation de la verse
- Résultats de la qualité des grains à venir
- **Résultats préliminaires** = 9 blocs / 90 !
- **Attention aux facteurs confondants!**
 - 4 % et plus de MO
 - Très peu de G1, uniquement G3 dans le seigle.

Essais P



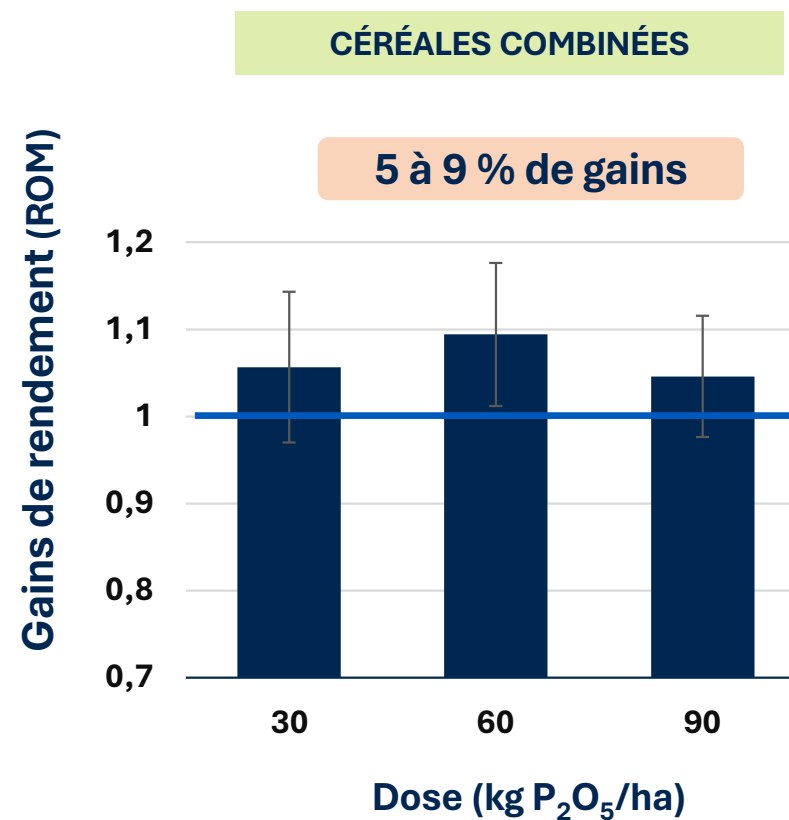
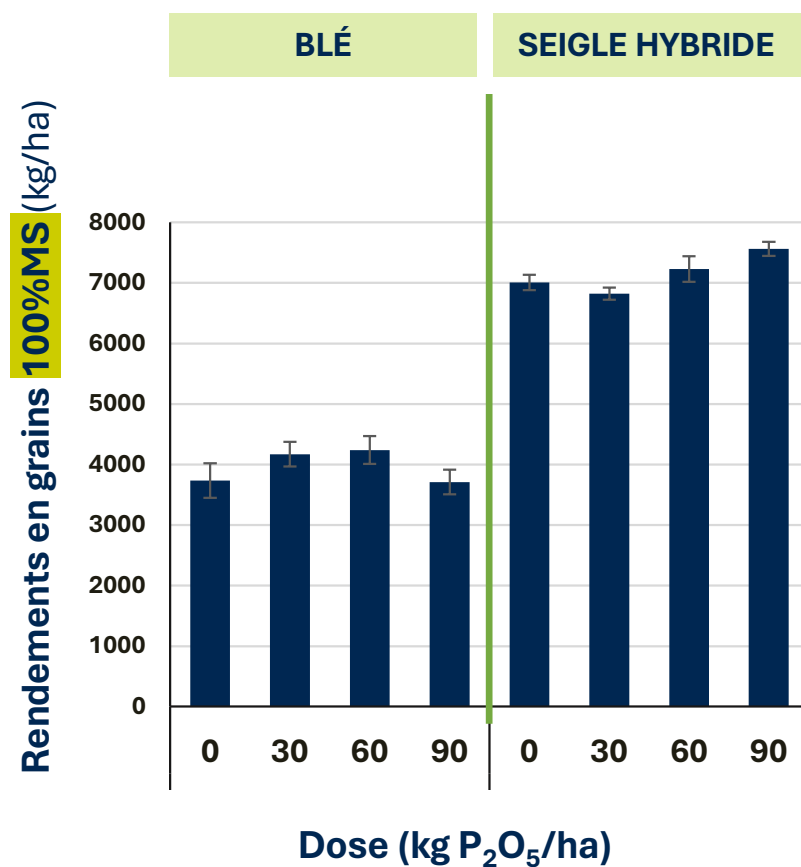
Essais P

- P appliqué en bande avec la semence
- 2 sites (1 blé, 1 seigle)



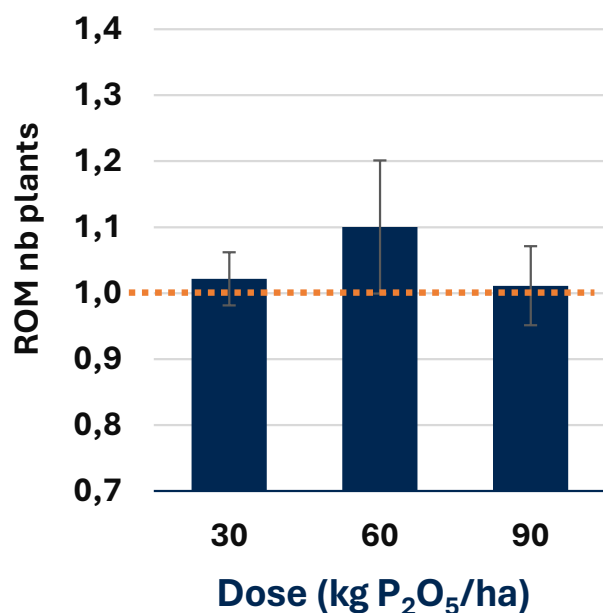
Région		Groupe de texture	pH	MO (%)	ISP (%)	K (ppm)
Blé	Centre-du-Québec	G3	6,9	4,4	10,2	26,8
Seigle	Centre-du-Québec	G3	7,1	6,0	9,8	34,3

Essais P – Rendements en grains

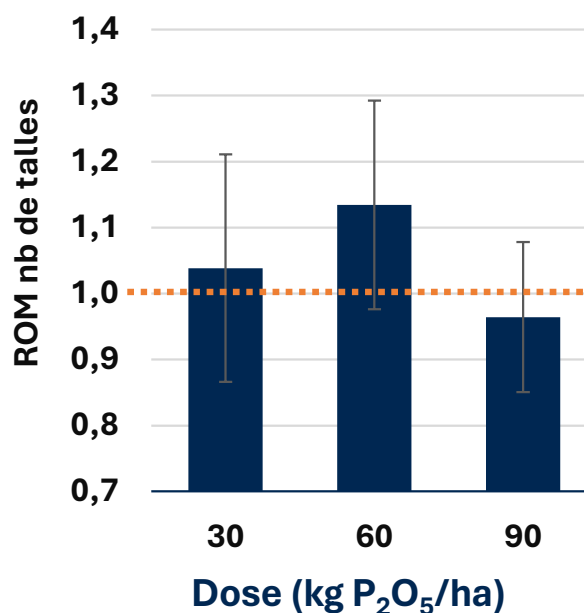


Essais P – Nb plants, nb talles, nb épis

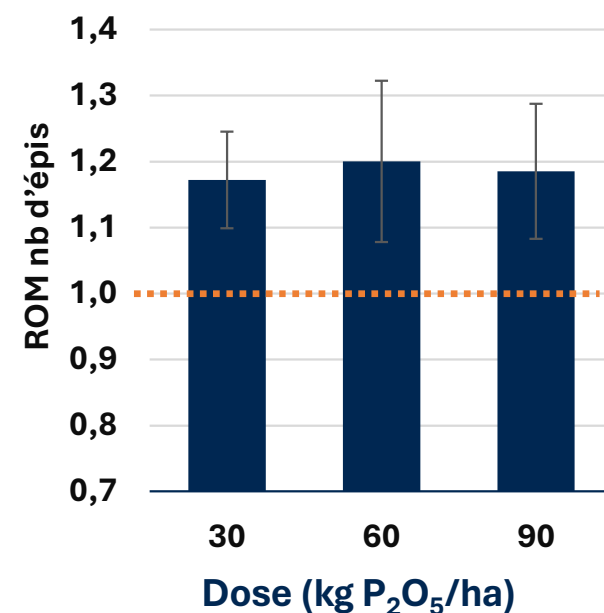
Nb de plants au m linéaire



Nb de talles par plants



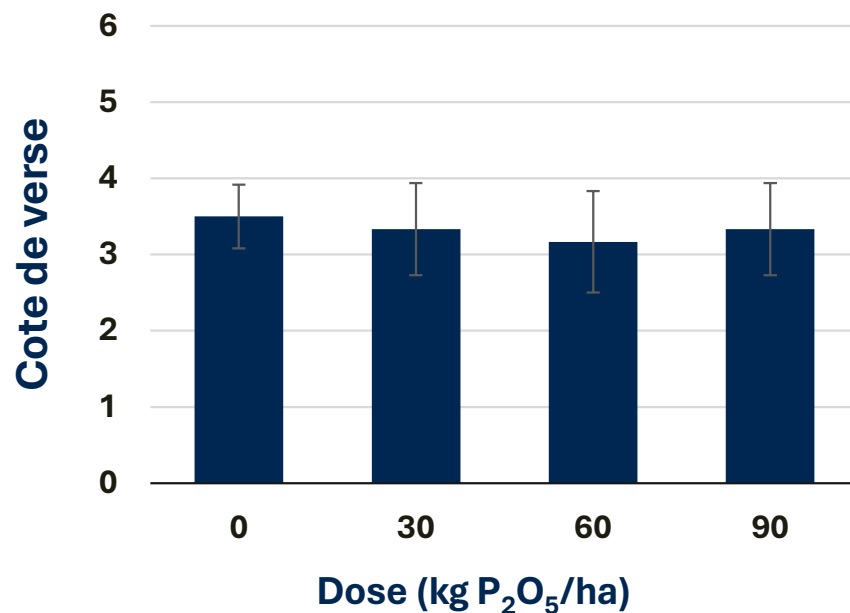
Nb d'épis au m linéaire



- Nb de plants et nb de talles :
Très variable, 10-13 % 60 P₂O₅?

- Hausse du nb d'épis :
17 % (moy.) dès 30 P₂O₅

Essais P - Verse



Échelle d'évaluation de la verse	
1	Pas de verse à plat (0 %)
2	Peu de verse (< 25 %)
3	Verse modérée (25 à 50 %)
4	Verse importante (50 à 75 %)
5	Verse sévère (> 75 %)
6	Verse complète (100 %)

- Pas d'effet de la dose de P sur la verse
- Verse probablement lié à un excès de N (120 kg N/ha)

Essais P

- Réponse au P :
 - **Très variable** : 5 à 9 % de gains ?
 - Augmentation du nb d'épis /m linéaire non lié au rendement
 - Analyse de la qualité des grains à venir
 - Nécessité d'essais supplémentaires:
 - $ISP > \sim 10 \%$
 - Juste G3
 - Une seule région
 - 2/30



Essais K



Essais K - Présentation des sites

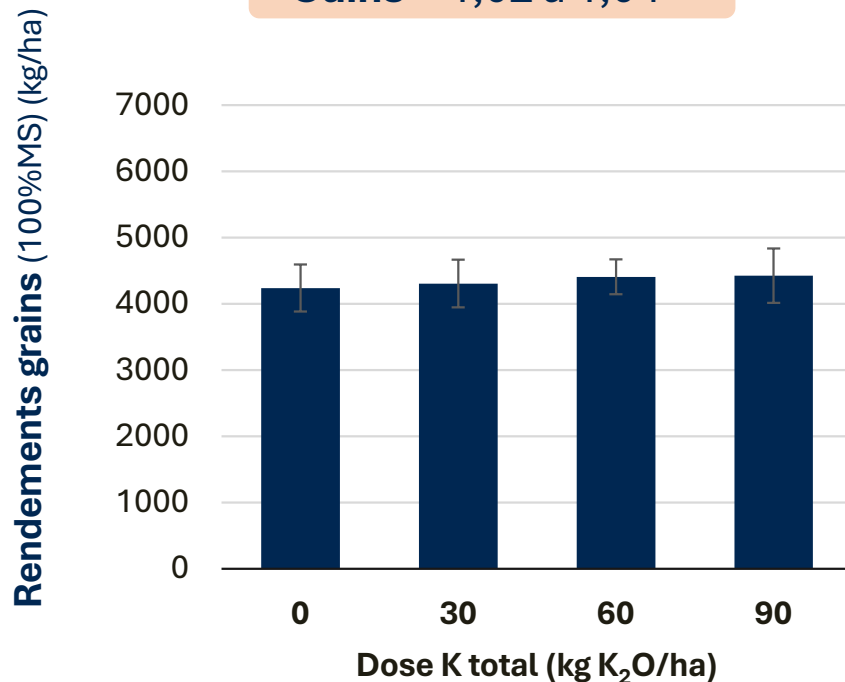
39 à 206 ppm
(87 – 461 kg/ha)

	id	Région	Groupe de texture	pH	MO (%)	ISP (%)	K (ppm)
Blé	B-1	Estrie	G2	5,5	6,3	2,5	95,2
	B-2	Montréal	G1, G1, G2	5,7	5,3	13,2	206,1
	B-3	Centre-du-Québec	G2, G2, G3	6,7	7,0	9,4	47,0
Seigle	S-1	Capitale-Nationale	G3	5,9	3,9	9,2	49,2
	S-2	Estrie	G3	6,5	4,5	8,6	71,4
	S-3	Montréal	G2, G2, G3	6,2	4,5	11,3	159,7
	S-4	Centre-du-Québec	G3	6,6	6,2	8,6	38,6

Essais K – Rendements en grains vs dose K total

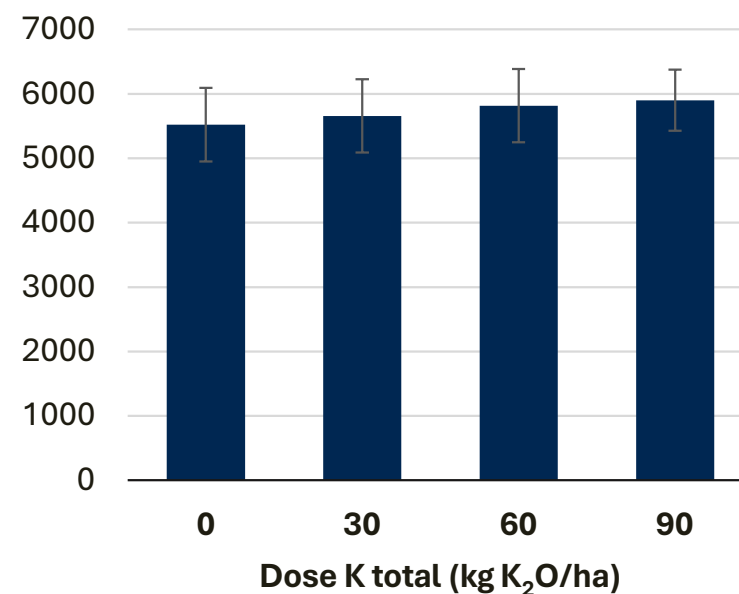
BLÉ

Gains = 1,02 à 1,04 ×



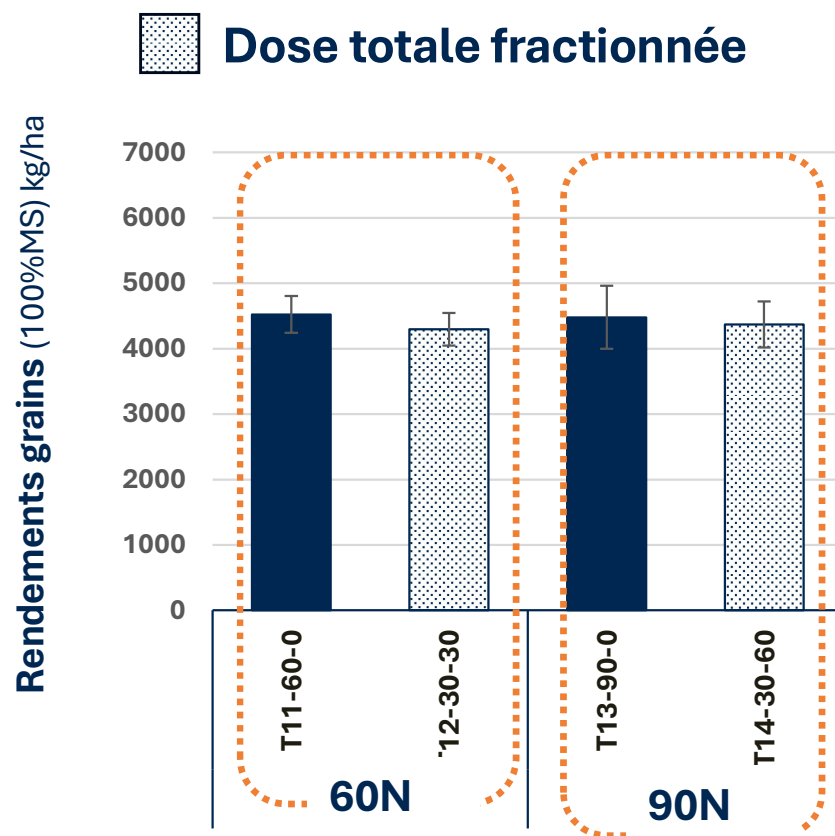
SEIGLE HYBRIDE

Gains = 1,03 à 1,07 ×

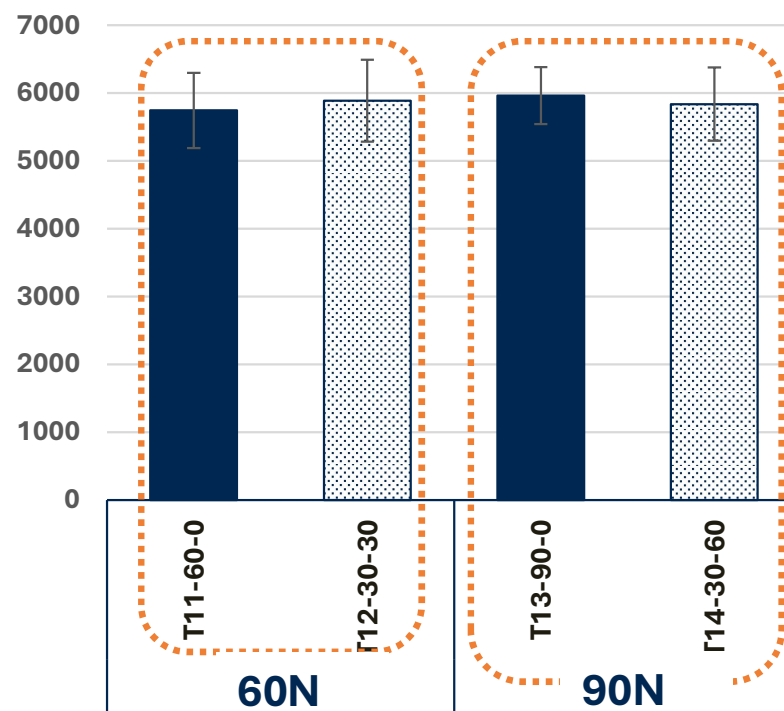


Essais K – Rendements en grains selon les traitements

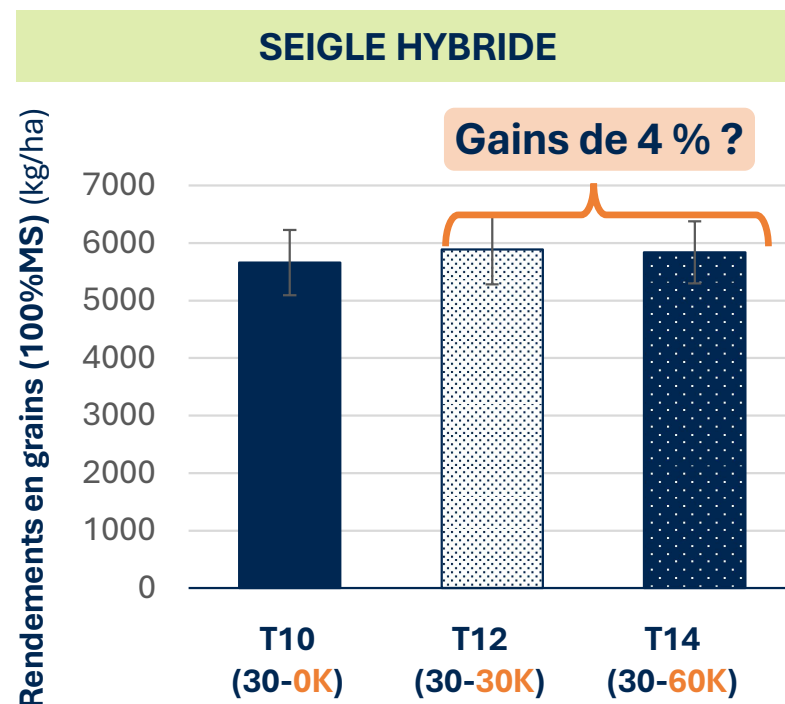
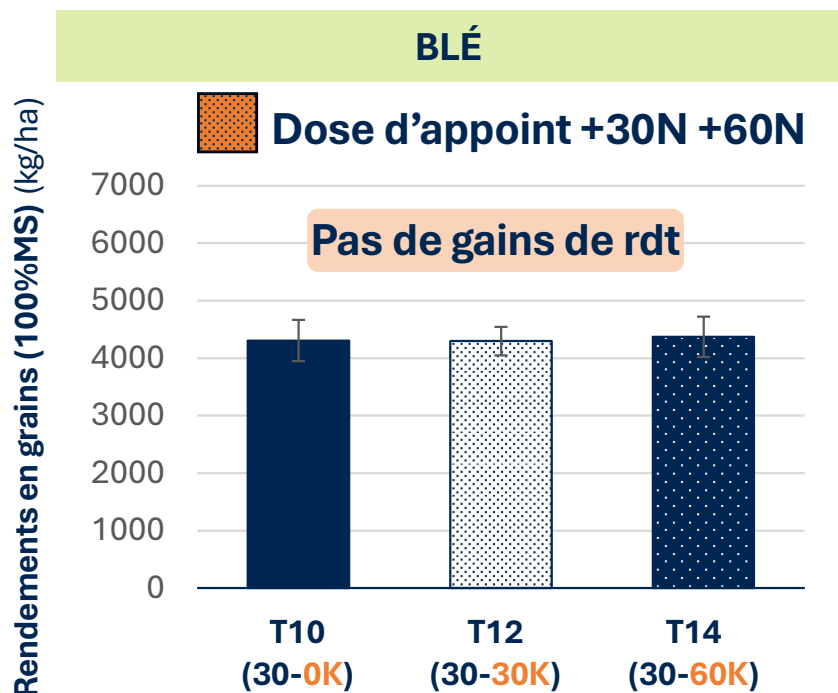
BLÉ



SEIGLE HYBRIDE



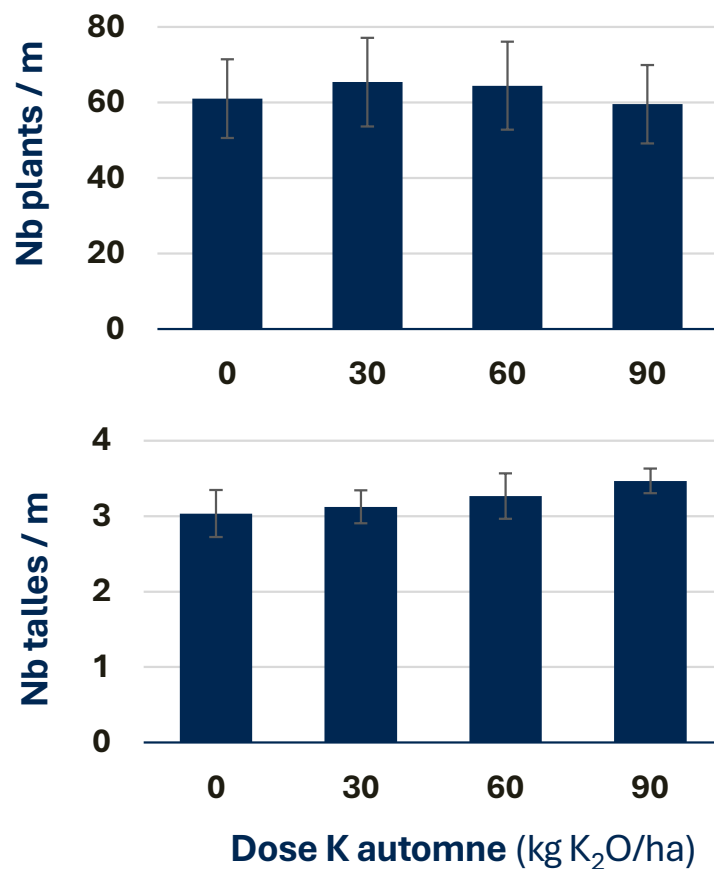
Essais K – Dose d'appoint au printemps



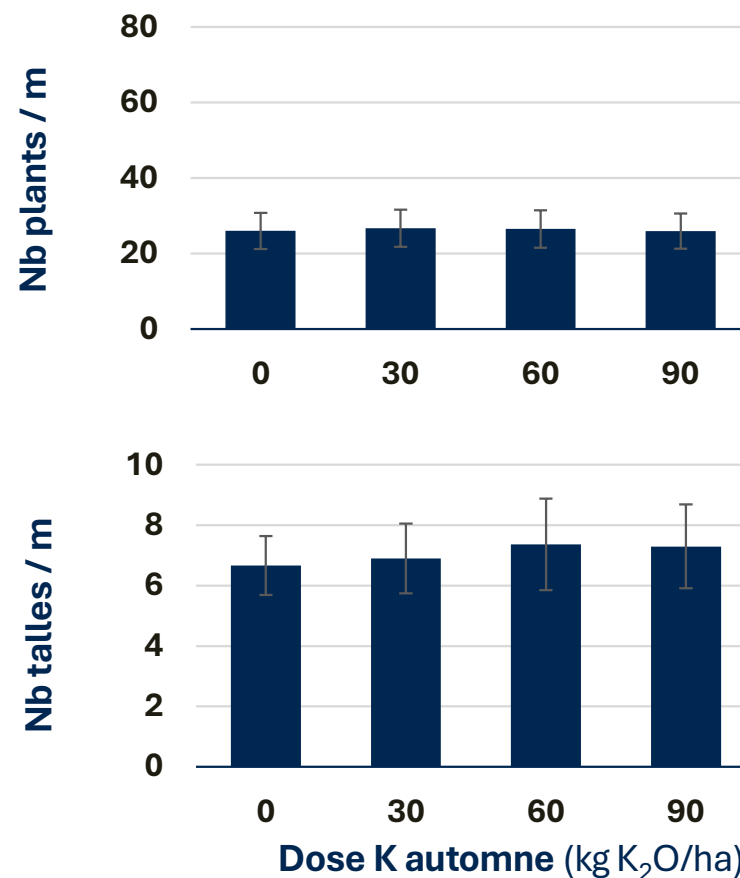
- Pas ou peu de gain de rendement avec l'appoint printanier.
- Effet du mode : incorporé à l'automne vs laissé en surface au printemps ?
- Effet de la texture à explorer

Essais K – nb plants, nb talles

BLÉ



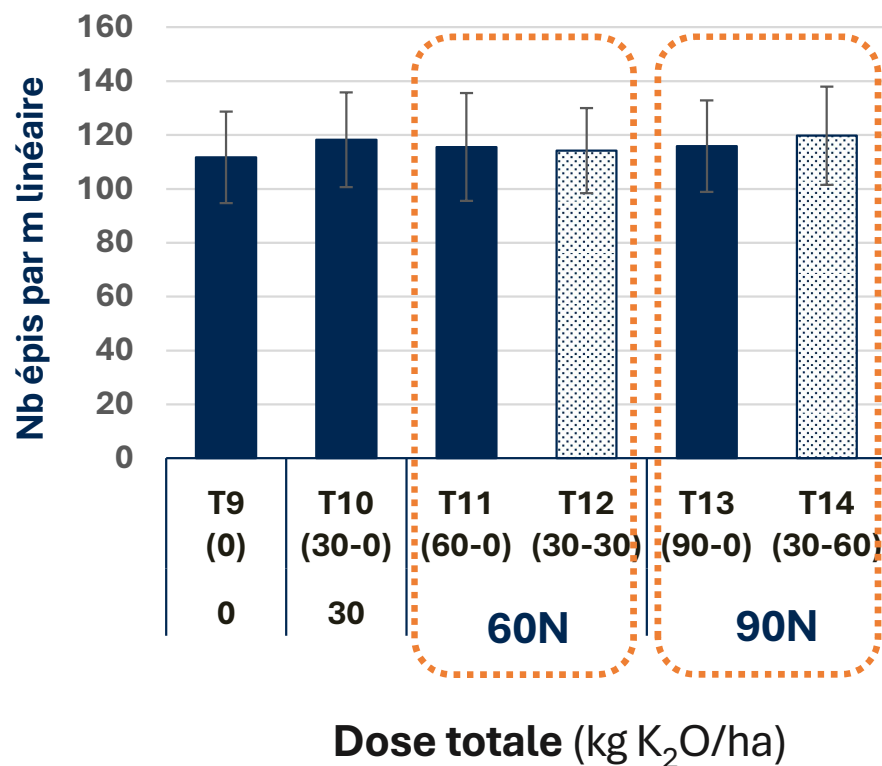
SEIGLE HYBRIDE



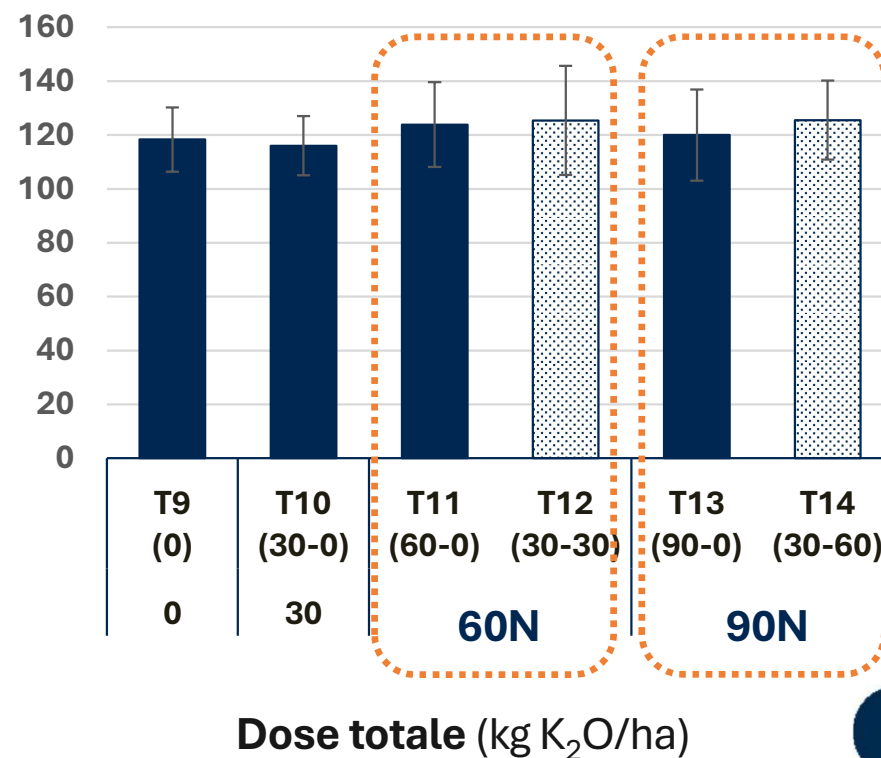
Essais K – nb d'épis

BLÉ

 Dose totale fractionnée



SEIGLE HYBRIDE

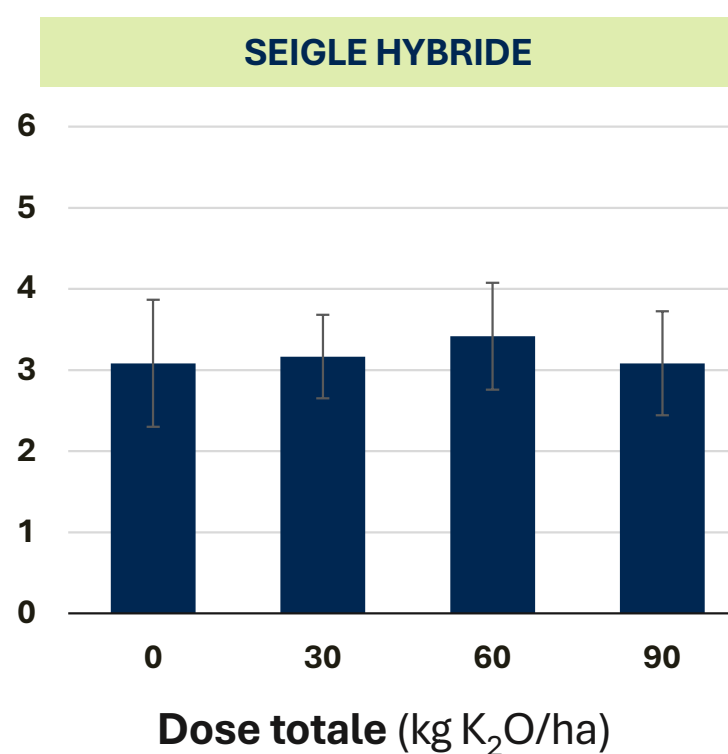
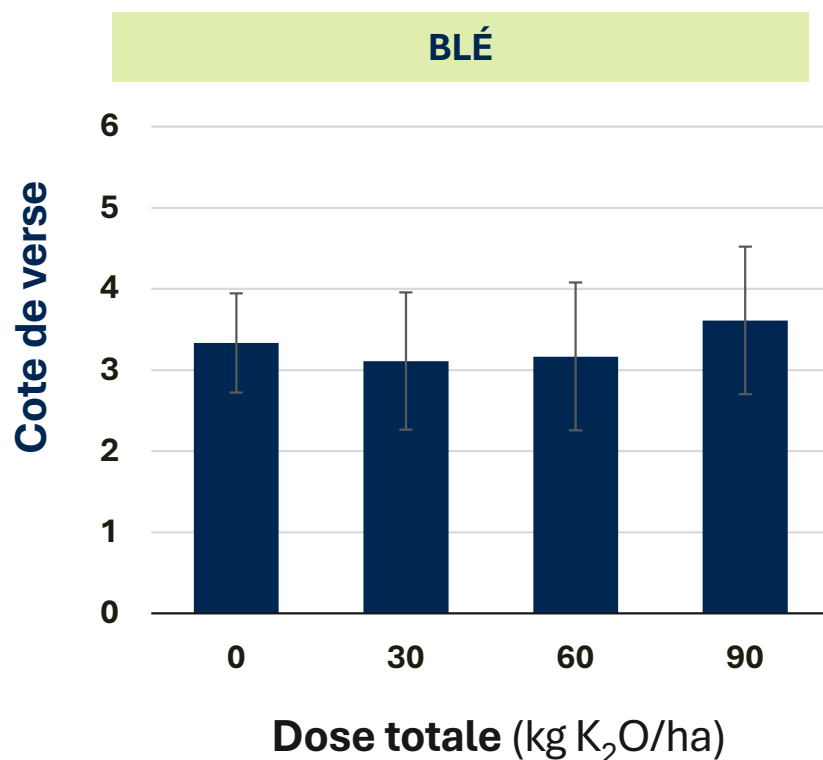


Essais K - Verse

- Pas d'effet de la dose de K sur la verse

Échelle d'évaluation de la verse

1	Pas de verse à plat (0 %)
2	Peu de verse (< 25 %)
3	Verse modérée (25 à 50 %)
4	Verse importante (50 à 75 %)
5	Verse sévère (> 75 %)
6	Verse complète (100 %)



Essais K

- Faible réponse aux apports de K
 - 2 à 4 % pour le blé
 - 3 à 7 % pour le seigle
- Pas de lien clair avec la teneur en $K_{\text{Mehlich-3}}$ du sol pour l'instant
- Fractionner les apports (automne et printemps) ne semble pas avoir d'effet sur les rendements
- Apports en K au printemps : pas d'efficacité pour l'instant.

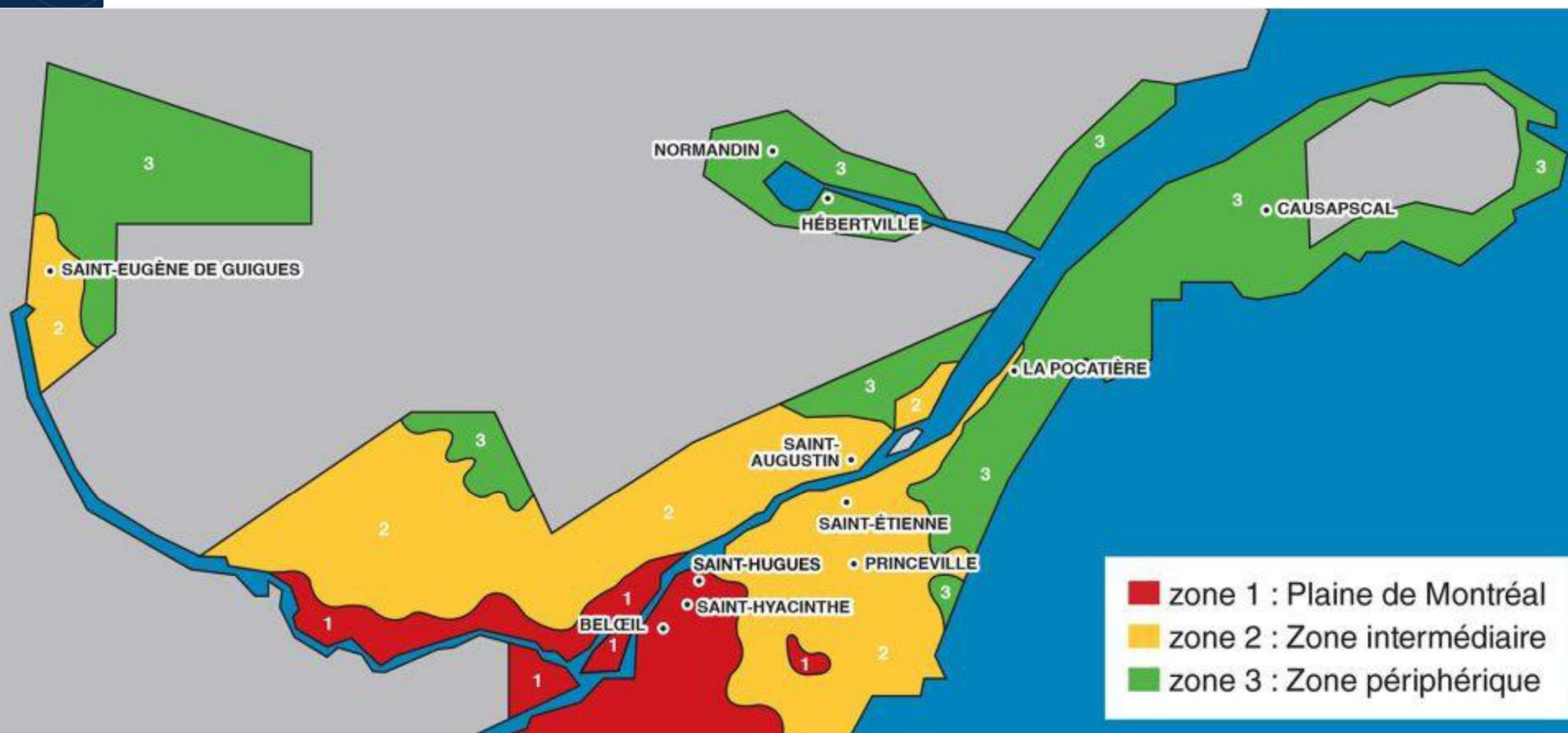
Pour résumer...avec 10 % des essais visés

- **Essais N** – MO du sol de 3,9 à 7,0 % :
 - Dose minimale de 60 kg N/ha → gains de 50% de plus que le rdt du témoin
 - Attention à la verse!
 - Fractionnement : aucun effet sur les rendements mais moins de verse dans le blé (seigle ?)
- **Essais P** – sol sableux avec ISP à 10%, Centre-du-Québec seulement :
 - Gains de rendements faibles (5 à 9 %) et variables
- **Essais K** – richesse du sol 39 à 206 ppm K_{M3}
 - Faibles gains de rendements (de 2 à 7%) peu importe la richesse du sol
 - Fractionnement automne vs printemps : pas concluant pour l'instant
 - Pas d'effet sur la verse
- **Attention**, pour les essais N et P :
 - Pas de sites sous le seuil de réponse attendu (<3% MO, ISP <5%),
 - Importance de couvrir ces richesses (**Intéressé.e? Contactez votre club!**)
- **Qualité des grains** à venir

Merci !



irda | Institut de recherche
et de développement
en agroenvironnement



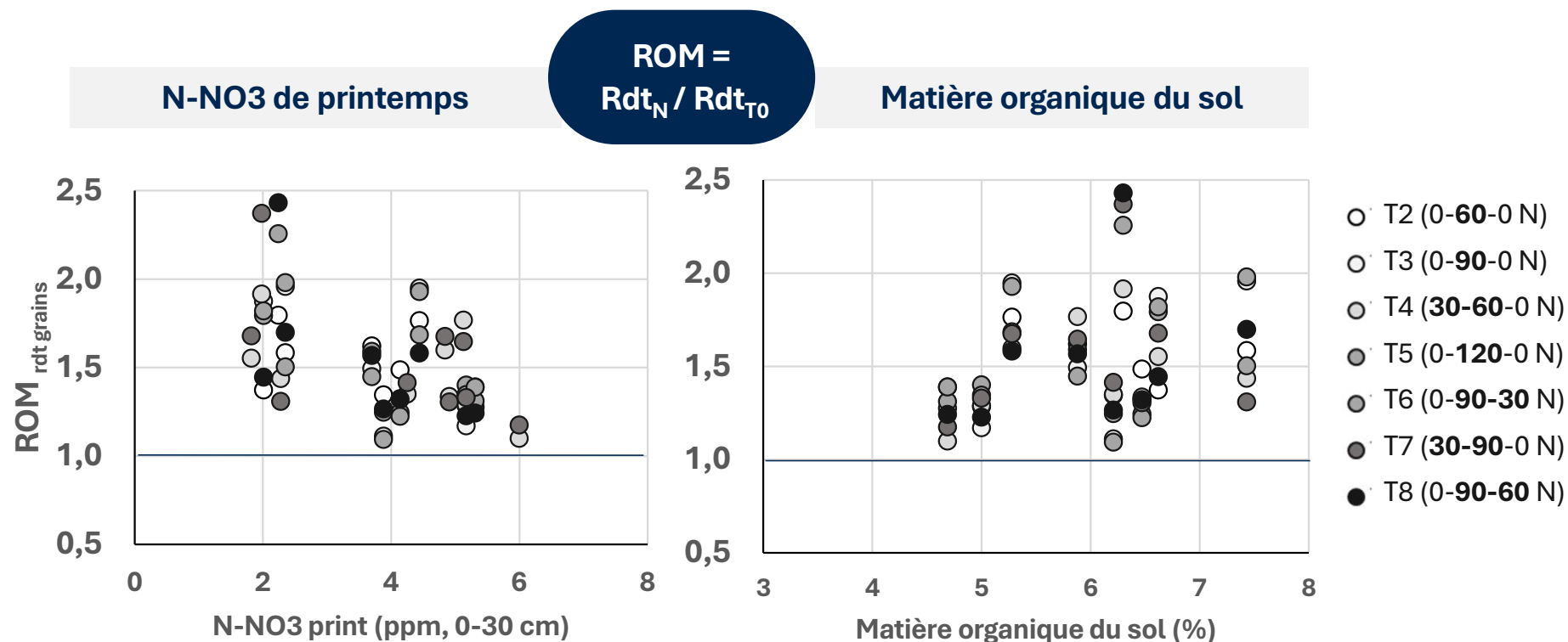
Présentation des sites

SITE	ESSAI	RÉGION	VARIÉTÉ
Blé			
B-1	NK	Etrie	Hudson
B-3	NK	Montréal	Frontenac
B-4	NPK	Centre-du-Québec	Montcalm
Seigle hybride			
S-1	NK	Capitale-Nationale	Su Performer
S-2	NK	Etrie	Su Performer
S-3	NK	Montréal	Su Performer
S-4	NPK	Centre-du-Québec	Su Perspectiv



Essais N – Blé

Rapport de rendement (ROM) selon les N-NO3 et la MO du sol

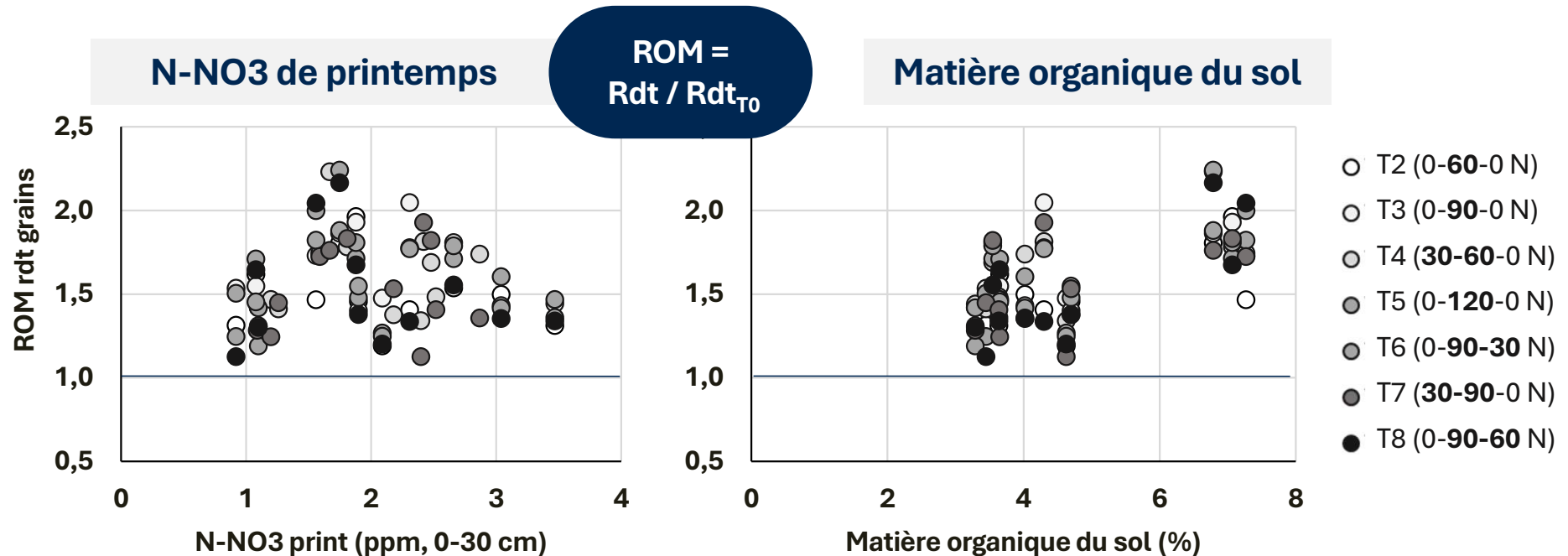


BLÉ :

- Gains entre 1,09 et 2,43× par rapport au témoin 0N
- Pas de lien clair avec la MO ou le nitrate au printemps

Essais N – Seigle

Rapport de rendement (ROM) selon les N-NO3 et la MO du sol



Seigle :

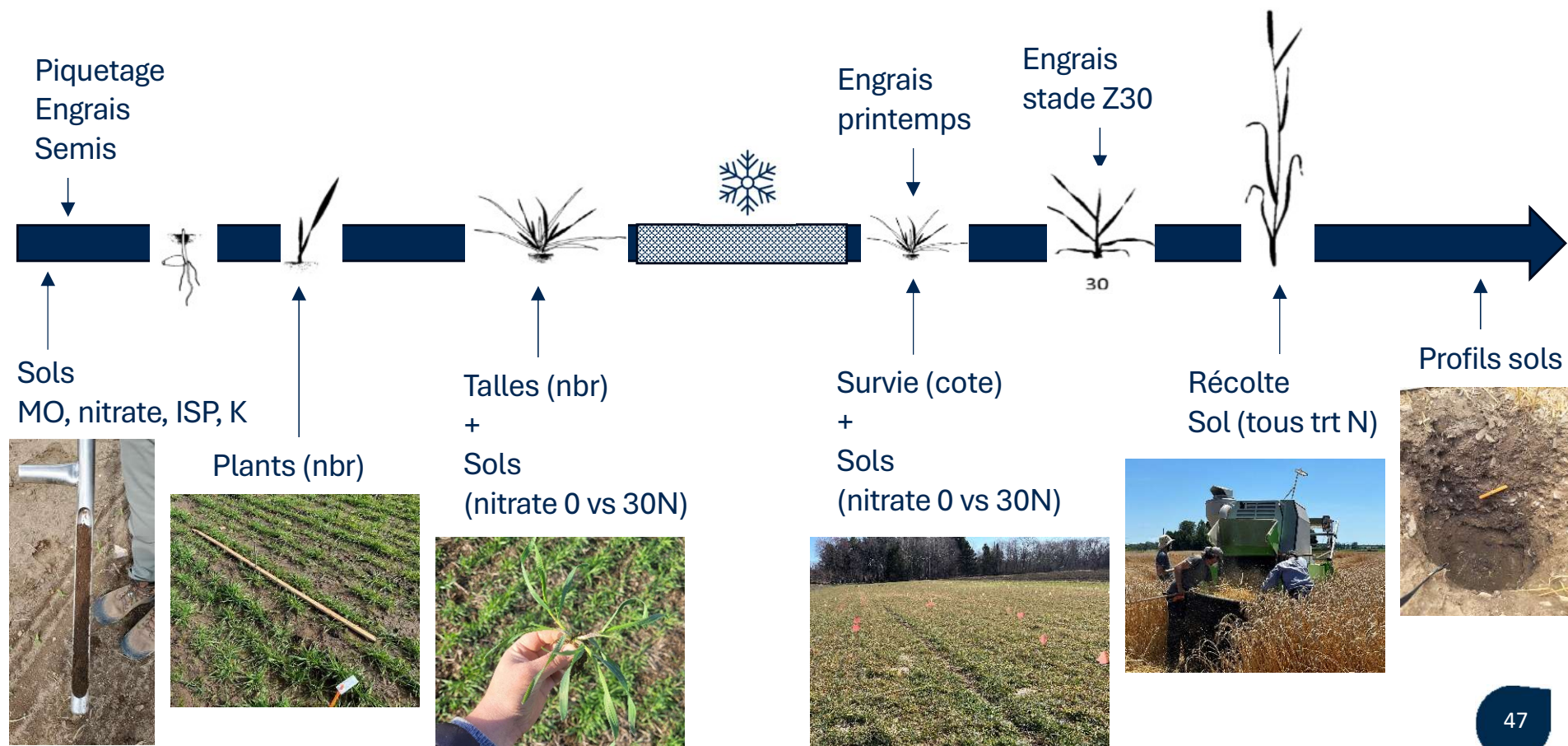
- Gains entre 1,2× et 2,25× par rapport au témoin 0N
- Pas de lien clair avec la MO ou le nitrate au printemps

Méthodologie sur 2 ans

6 sept. au 6 oct.

17 au 25 avril

22 juillet au 5 août



Mesures sur le développement des plants

Automne :

- Dénombrement des plants
- Dénombrement des talles

Printemps :

- Évaluation de la survie

Été :

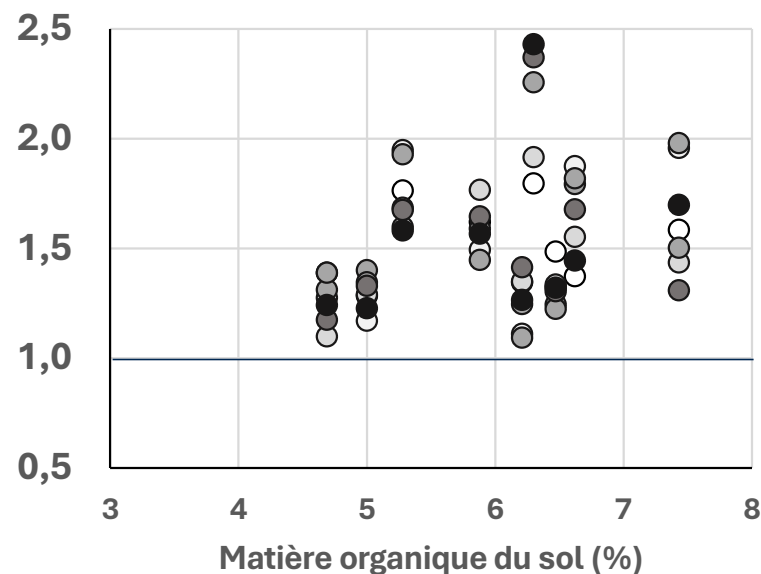
- Dénombrement des épis
- Évaluation de la verse
- Rendements en grains et en paille et % d'humidité
- Qualité des grains

Essais N – Blé

Rapport de rendement (ROM) selon les N-NO3 et la MO du sol

$$\text{ROM} = \frac{\text{Rdt}_N}{\text{Rdt}_{T0}}$$

Matière organique du sol

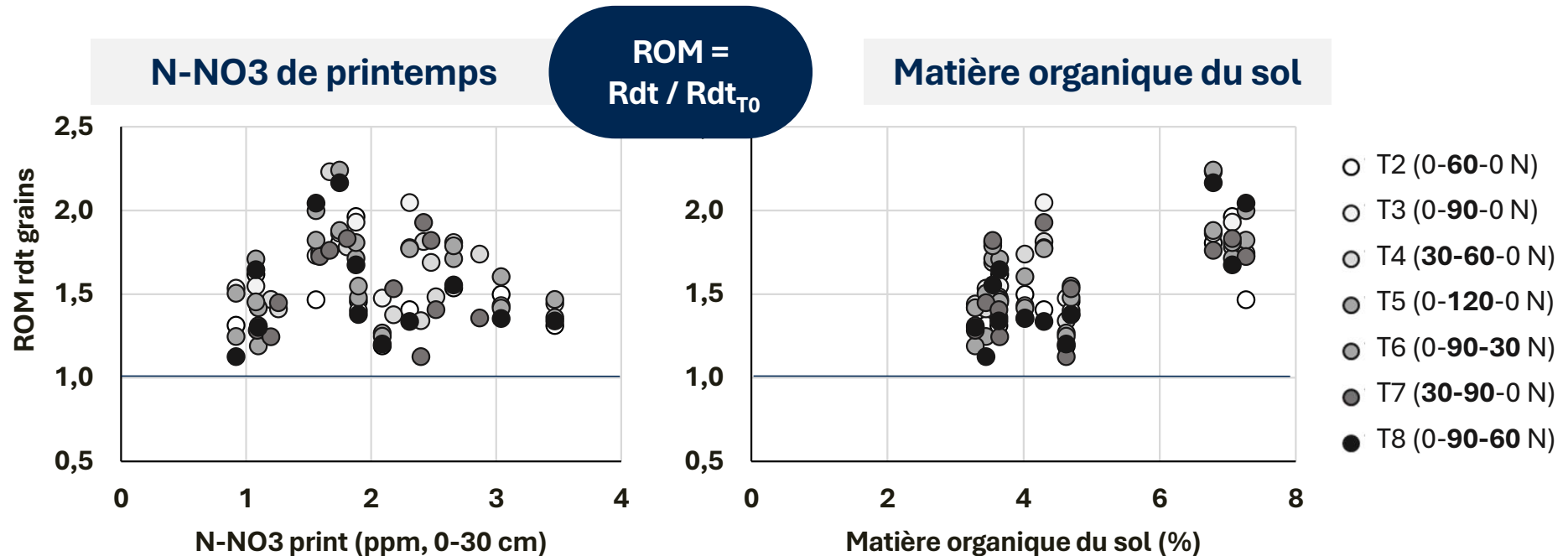


BLÉ :

- Gains entre 1,09 et 2,43× par rapport au témoin 0N
- Pas de lien clair avec la MO ou le nitrate au printemps

Essais N – Seigle

Rapport de rendement (ROM) selon les N-NO3 et la MO du sol



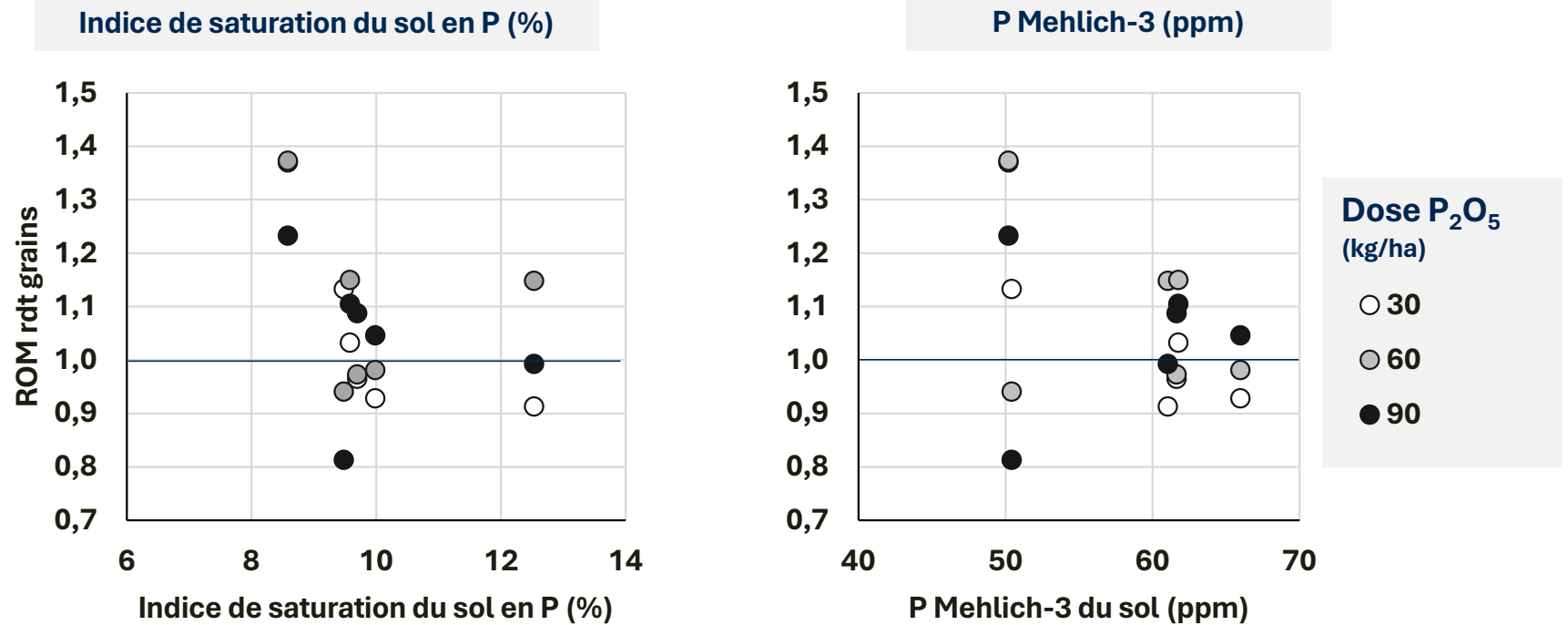
Seigle :

- Gains entre 1,2× et 2,25× par rapport au témoin 0N
- Pas de lien clair avec la MO ou le nitrate au printemps

Essais P

Rapport de rendement (ROM) selon l'ISP₁ et le P-Mehlich-3

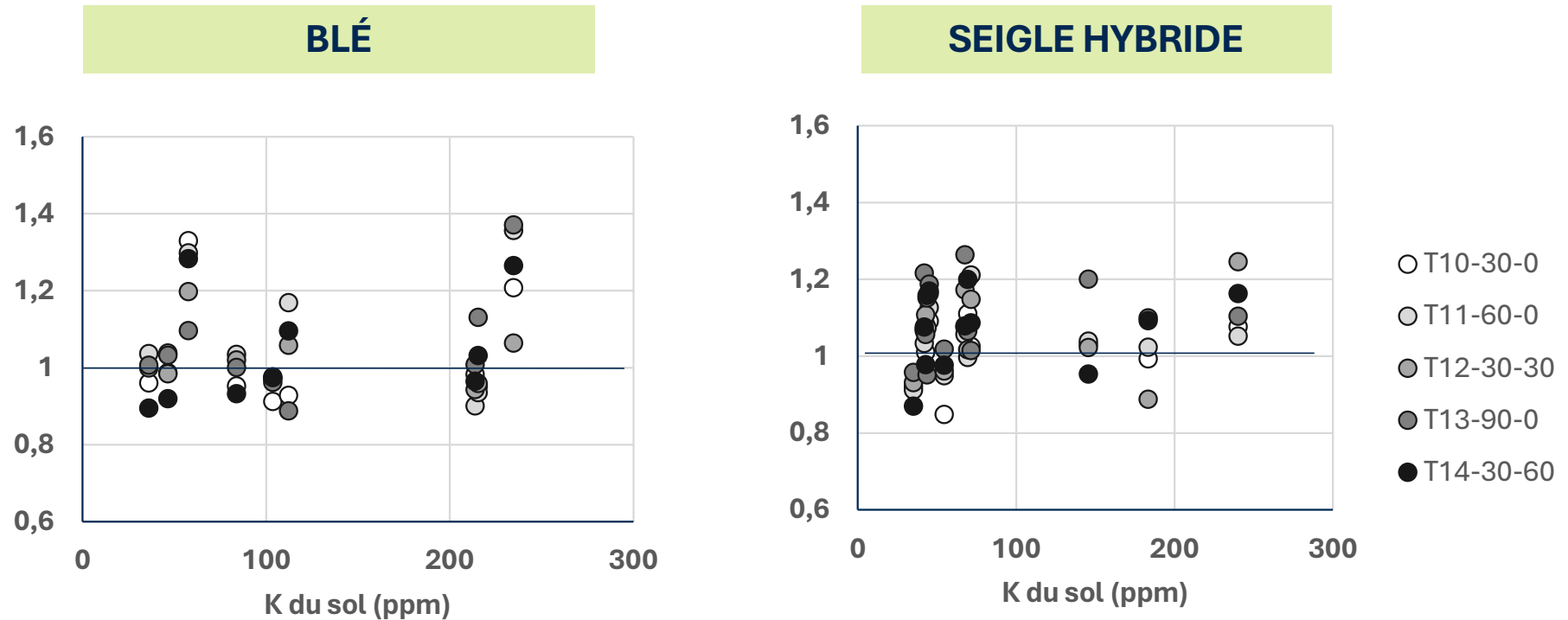
CÉRÉALES COMBINÉES



- Gains de rdt ne semblent pas liés à l'ISP ou teneur en P Mehlich du sol
- Réponse très variable. **Attention**, ISP >> 5 % (Landry et coll. 2021)

Essais K

ROM du rdt en grains vs la teneur en $K_{\text{Mehlich-3}}$ du sol



- Céréales de printemps : réponse pour $K_{M3} < 180$ ppm
- Pas de lien clair entre richesse du sol en K et la fertilisation
- Autres indicateurs de fertilité du sol à considérer? CEC, teneur en argile, etc. à explorer

Essais au champ

Couvrir les régions productrices

Réalisés (2024-2025)

- 4 sites blé ●
- 4 sites seigle ◆

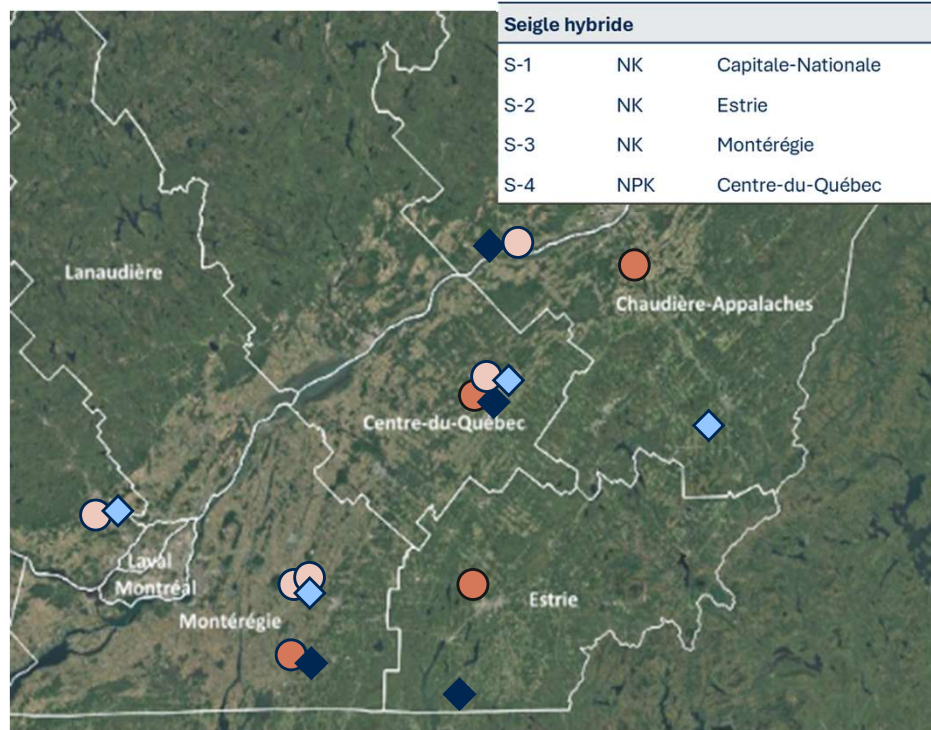
En cours (2025-26) **AD1**

- 5 sites blé ●
- 5 sites seigle ◆

Collaborateurs:

Dura-Club, Semican, Club agro de l'Estrie, Agri-Durable, ProfitEauSol, Club conseil Les Patriotes

SITE	ESSAI	RÉGION	VARIÉTÉ
Blé			
B-1	NK	Estrie	
B-2	NK	Chaudière-Appalaches	Carnaval
B-3	NK	Montréal	Frontenac
B-4	NPK	Centre-du-Québec	Montcalm
Seigle hybride			
S-1	NK	Capitale-Nationale	Su Performer
S-2	NK	Estrie	Su Performer
S-3	NK	Montréal	Su Performer
S-4	NPK	Centre-du-Québec	Su Perspectiv



Diapositive 53

AD1

J'ai mis le nb de site et non essais... par contre chaque site n'a pas les 3 essais. Je crois que pour cette présentation c'est ok de le présenter comme cela?

Aurélie Demers; 2025-11-17T13:38:28.429