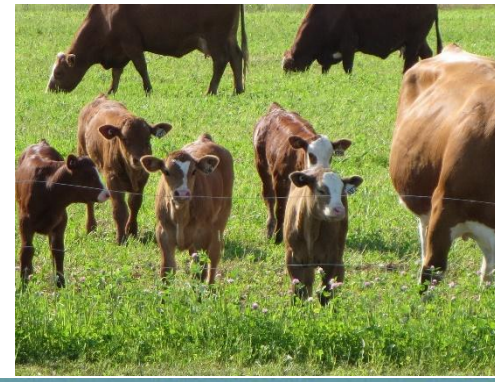




Photos: ©AAC (M. Bellemare et J. Lajeunesse)

Bien fertiliser pour mieux récolter

Julie Lajeunesse¹, agr., M.Sc. et Lyne Beaumont², agr.

¹ *Agriculture et Agroalimentaire Canada*

² *Maizex*

Colloque Plantes Fourragères
5 février 2026



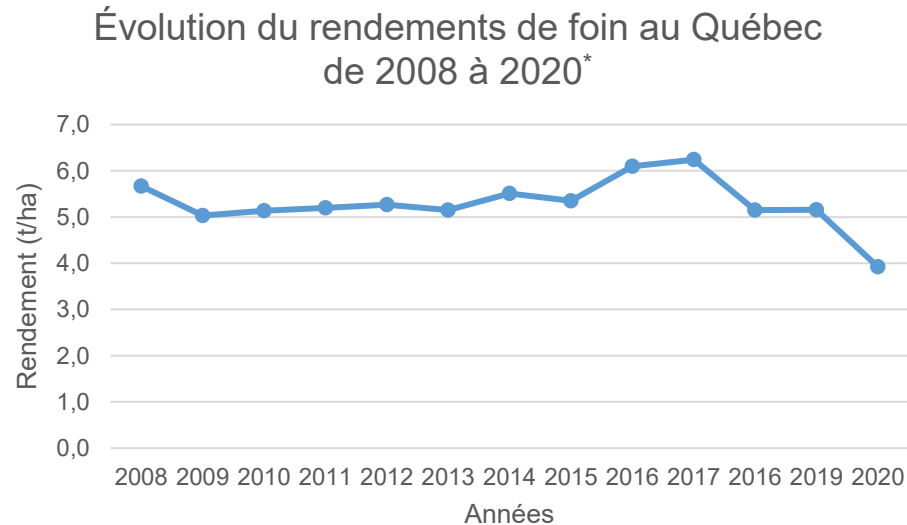
Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada

Introduction

- Évolution des rendements au Québec au cours des dernières années.



Plusieurs facteurs peuvent influencés les rendements:

Fertilisation

Âge de la prairie

Espèces semées

*Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec , l'Institut de la statistique du Québec et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

Tableau 3.3 Statistiques sur les plantes fourragères, Québec, 2008-2020

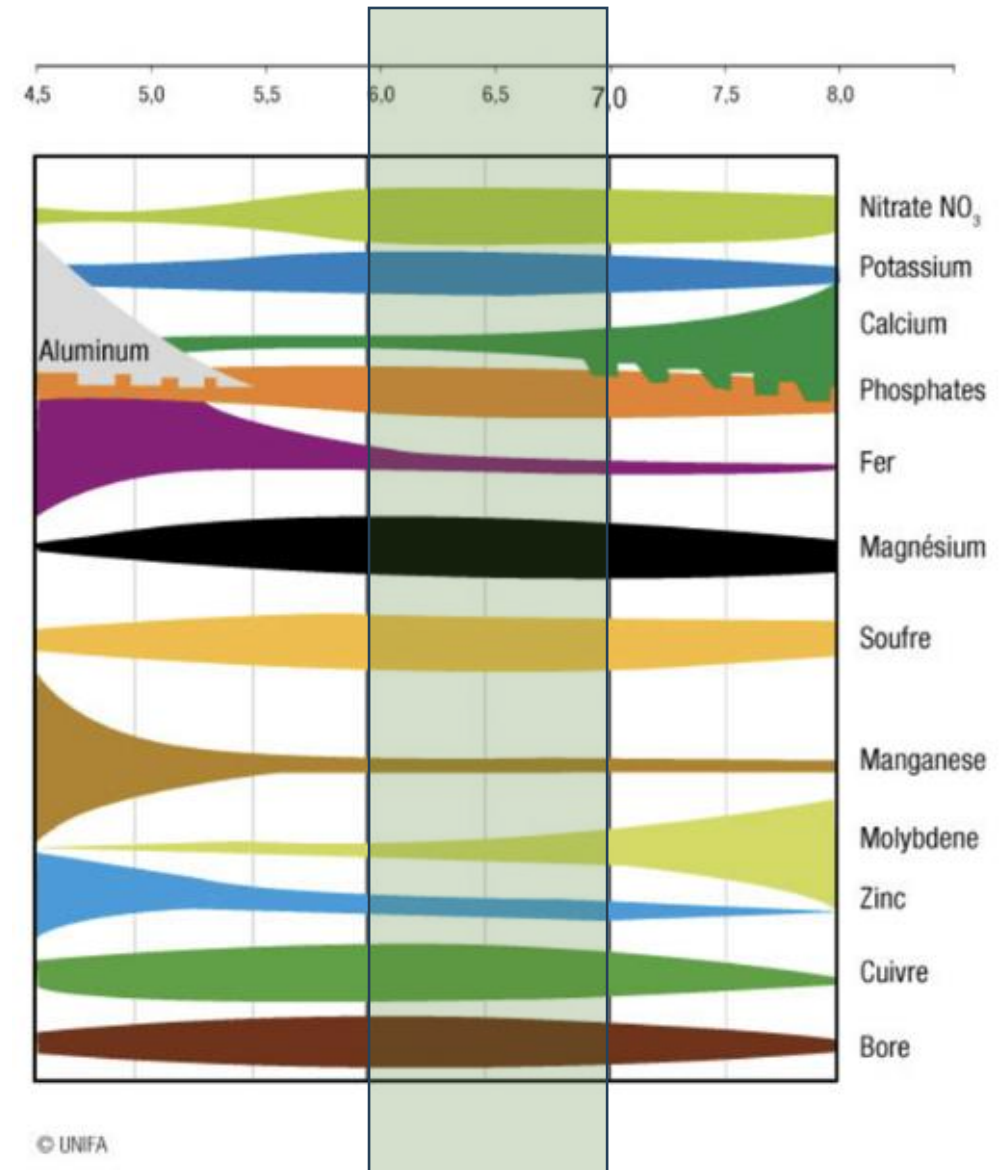
<https://statistique.quebec.ca/fr/document/profil-sectoriel-de-lindustrie-bioalimentaire-au-quebec>

Introduction

- Les éléments majeurs : N, P, K
- Les éléments « secondaires » : S, Mg et Ca
- Les éléments mineurs (oligo-éléments) : B, Mn, Z, Cu, Mo et Se
- La fertilisation dépend :
 - % légumineuses et graminées
 - Analyses de sol : IPS (P) et K_{M-3}
 - Groupe de texture des sols
 - G1, G2 et G3
 - Nouvelles grilles:
 - Définition de 3 zones en fonction des degrés-jours base 0

Introduction

- Améliorer le drainage si nécessaire
- pH influence la disponibilité des éléments nutritifs
- Comment déterminer les carences?
 - Analyse de sol (grilles de fertilisation)
 - Analyse des plantes durant la saison de croissance ou à la récolte
 - Connaître les valeurs critiques des cultures



Teneurs critiques des différents éléments fertilisants

Partie de la plante à échantillonner, moment de l'échantillonnage et niveaux de suffisance pour l'analyse des tissus végétaux des cultures fourragères courantes.

Espèces	Luzerne	Trèfle rouge	Lotier	Graminées
Partie de la plante	Feuilles dans le 1/3 supérieur du plant	Feuilles dans le 1/3 supérieur du plant	Feuilles dans le 1/3 supérieur du plant	Feuilles pleinement développées
Stade	Bouton à 10% fleur	Bouton à 10% fleur	Bouton à 10% fleur	Avant l'épiaison
Éléments – Suffisance ¹				
Azote (%)	3,75 - 5,50	3,00 - 4,50	4,00 - 4,50	3,20 - 4,20
Phosphore (%)	0,25 - 0,70	0,28 - 0,60	0,28 - 0,36	0,23 - 0,35
Potassium (%)	2,00 - 3,50	1,80 - 3,00	1,60 – 2,60	2,60 – 3,50
Soufre (%)	0,25 – 0,50	0,26 – 0,30	-	0,20 – 0,25
Bore (ppm)	30 - 250	30 – 80	30 - 75	8 - 12

Un minimum de 10 sous-échantillons doivent être prélevés afin de constituer un échantillon complet à envoyer au laboratoire.

¹ Ces valeurs ne sont valides que pour l'espèces, les parties de plantes et le moment de l'échantillonnage indiqué

Source : Beegle, D. 2025

Teneurs critiques du P et K

- Analyses foliaires à la récolte permettent de déterminer si les apports sont suffisants
- Varie selon les espèces :

Espèces	Phosphore (%)		Potassium (%)	
	Déficiência ¹	Suffisance ²	Déficiência	Suffisance
Fléole	0,20	0,28	1,4	2,0
Brome inerme	0,25	0,30	2,0	2,7
Fétuque élevée	0,24	0,34	2,2	2,8
Luzerne	0,25	0,35	1,6	2,7
Trèfle rouge	0,24	0,44	1,8	2,4

Tiré de Ziadi et coll. 2022

¹Si valeurs < : rendements seront inférieurs à 80-90% du rendement potentiel

²Avec ces teneurs, les rendements seront de 90% ou plus du rendement potentiel. Si les teneurs > : consommation de luxe sans toutefois occasionner de toxicité

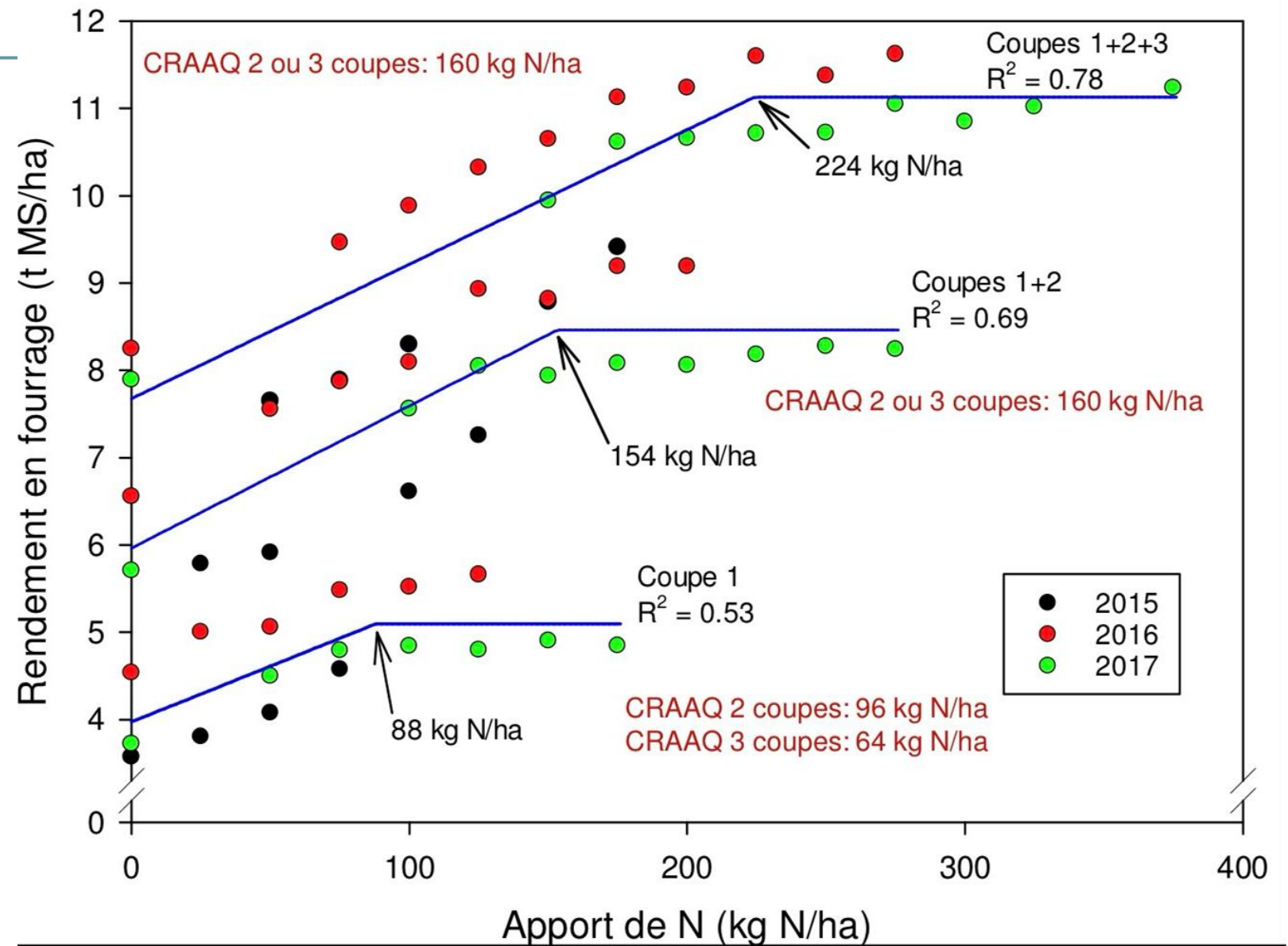
Fertilisation N

- Constituant essentiel des protéines et de la chlorophylle
- Essentiel aux graminées pour optimiser les rendements
- Les doses de 150 kg /ha et +
 - Fractionnement
 - Évite toxicité NO_3^- dans les fourrages
 - Meilleur synchronisme avec les besoins de la plante

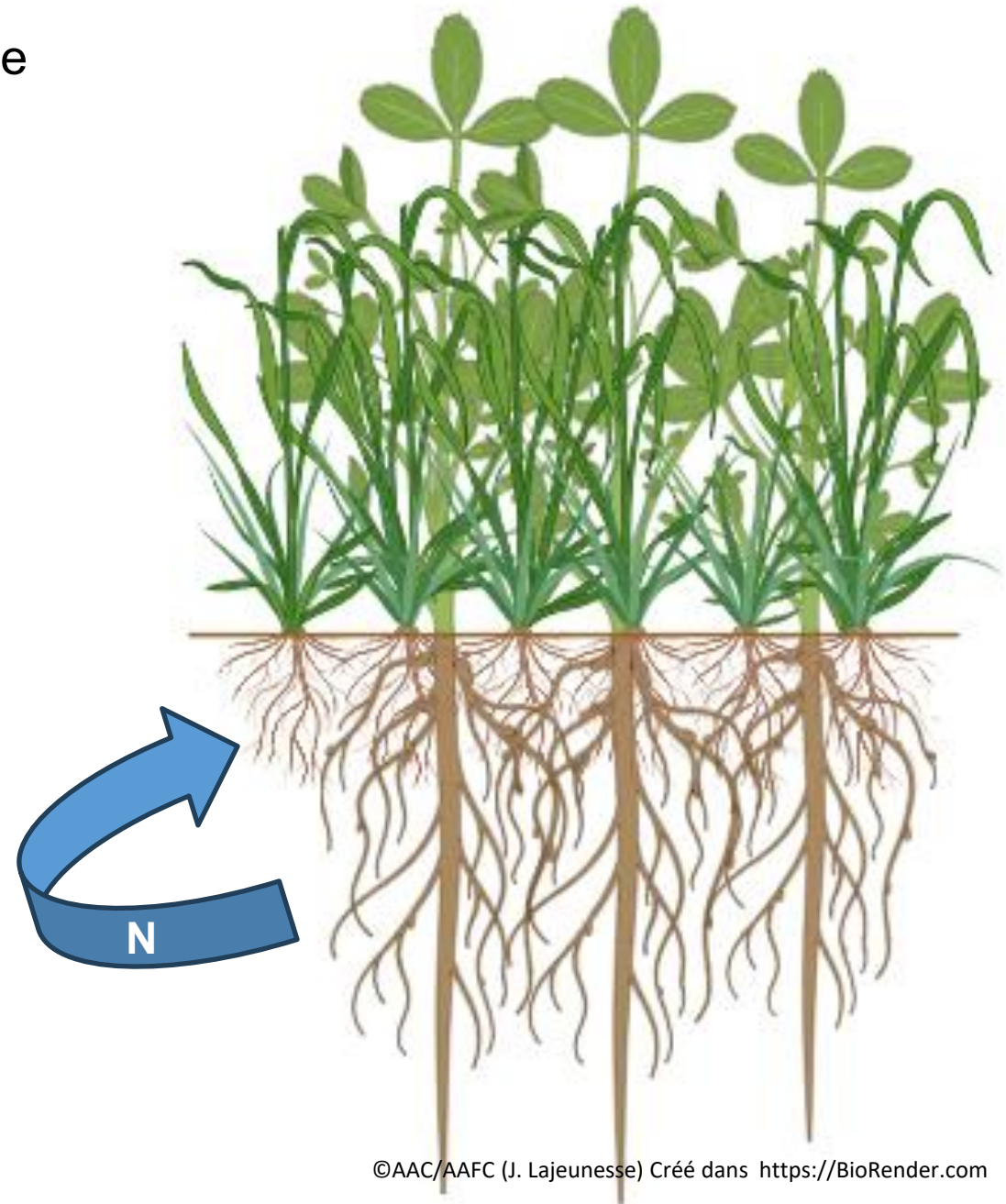


Fertilisation N

- Nouvelles grilles de fertilisation pour les graminées pures :
- 2 coupes (180 kg N/ha):
 - 108 kg N/ha
 - 72 kg N/ha
- 3 coupes (220 kg N/ha)
 - 88 kg N/ha
 - 66 kg N/ha
 - 66 kg N/ha



- La fertilisation en N est déterminée en fonction du % de légumineuses dans les mélanges
- Légumineuses :
 - Apport N par fixation de l'azote atmosphérique
 - Transfert quantité de N fixée par les légumineuses vers les graminées
 - Si 50%-70% de légumineuses dans le mélange :
Mélange avec 50 kg N/ha =
Monoculture de graminées avec 450 kg N/ha
(Nyfeler et coll. 2009)



Fertilisation N

Bloc aléatoire complet en 3 répétitions



Fertilisation

Témoin aucun fertilisant

60 kg N/ha

60 kg N/ha (printemps) + 60 kg N/ha (2^e
paissance)



Mélanges d'espèces

Luzerne :

1. Fléole, fétuque des prés, alpeste roseau, pâturin des prés
2. Fétuque élevée, brome des prés, alpeste roseau, pâturin des prés

Lotier :

1. Fléole, fétuque des prés, alpeste roseau, pâturin des prés
2. Fétuque élevée, brome des prés, alpeste roseau, pâturin des prés

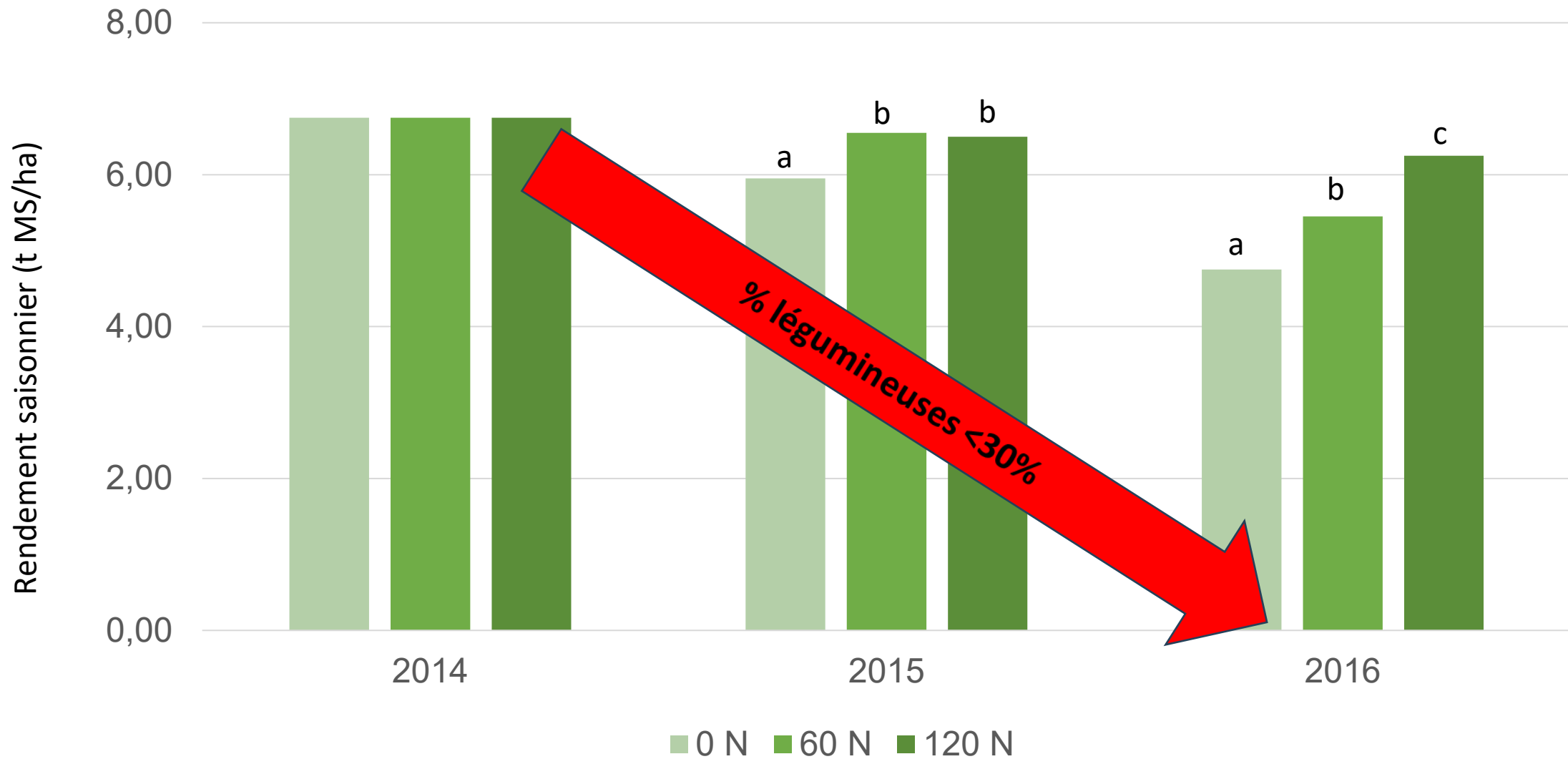


Sites

Nappan, NS

New Liskeard, On

Saint-Edmond-les-Plaines, Qc



Rendement saisonnier des mélanges en fonction de la dose d'azote appliquée (moyenne de 2 sites) – 2014 à 2016 (Pour une même année, les moyennes avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à $P < 0.05$)

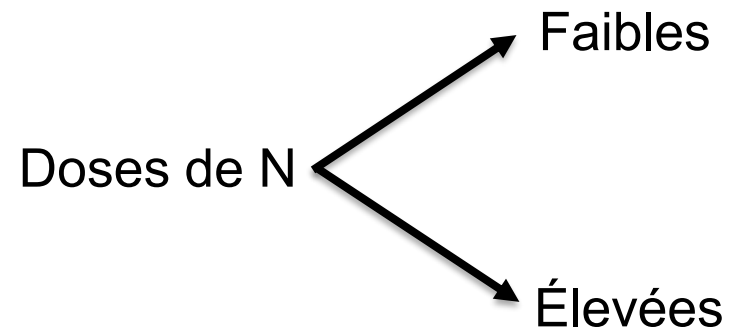
Fertilisation N

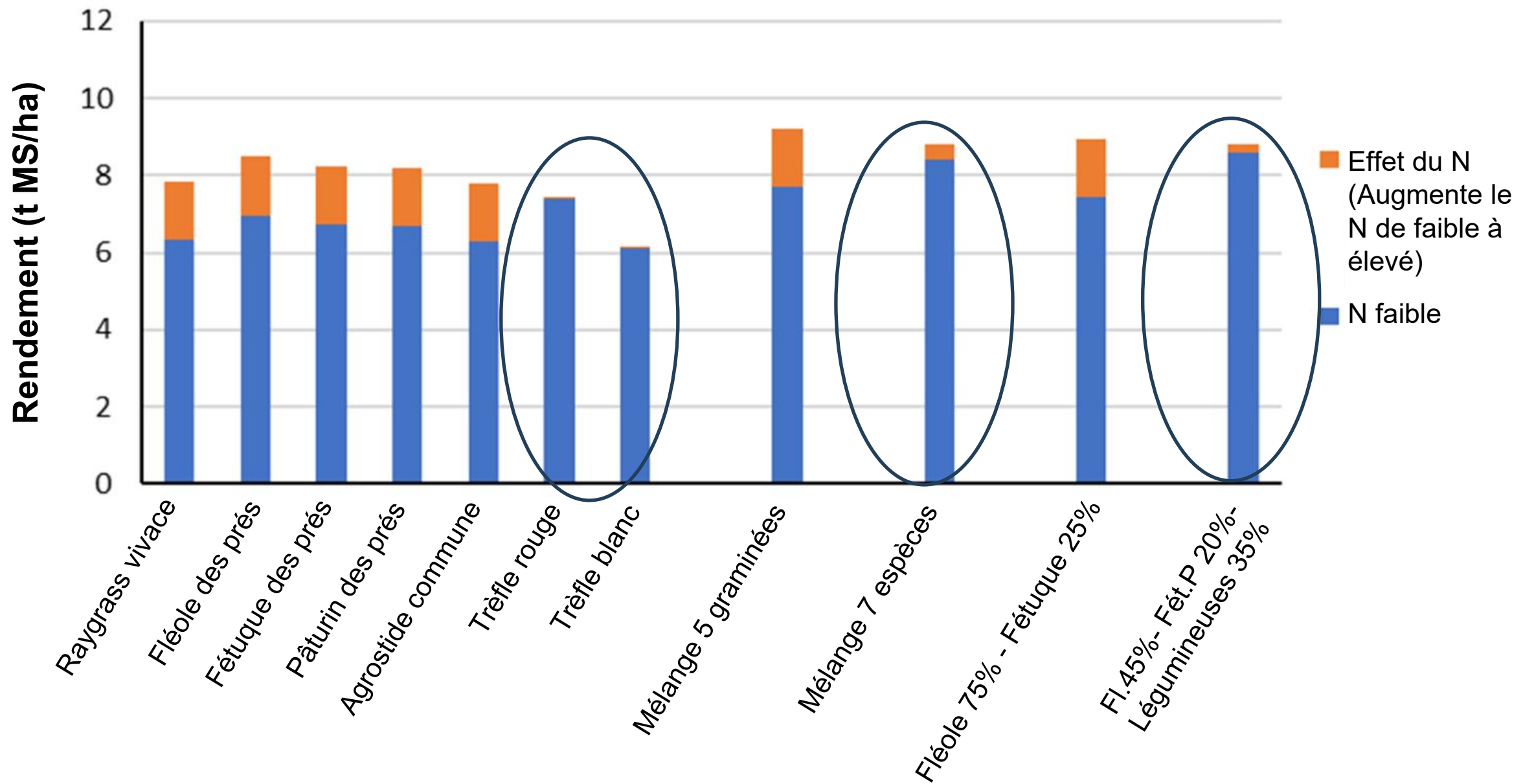
- Essais multi-sites (Hu et coll, 2025 ; Jørgensen et coll, 2023) :



Monocultures

Mélanges graminées - légumineuses





Rendement moyen en tonne de MS par hectares en fonction de la dose de N appliquée (moyenne de 3 sites pour la 3^e année de production)

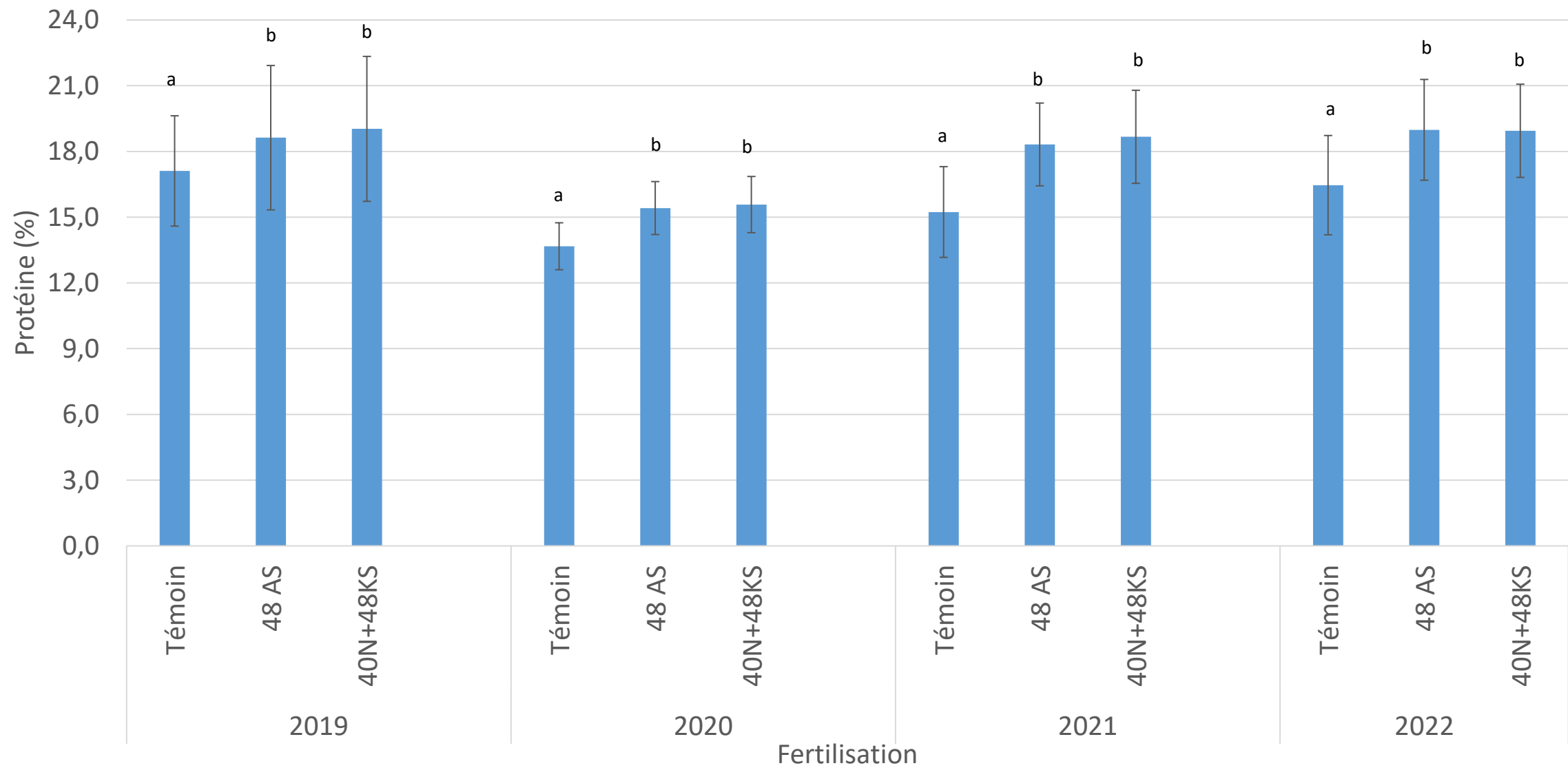


Figure 8. Teneur moyenne en protéines pour chacun des traitements de fertilisation à Normandin de 2019 à 2022

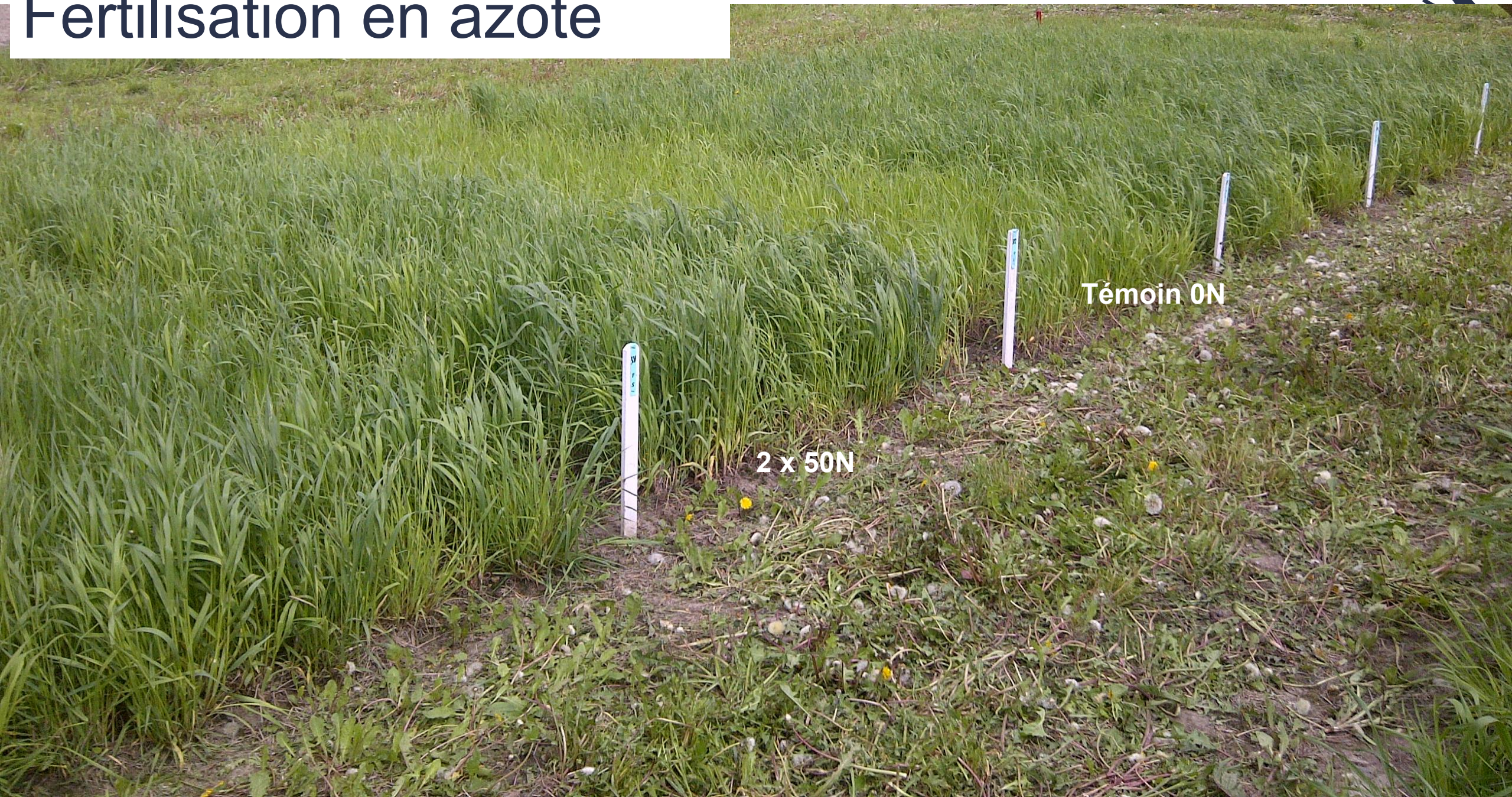
(* Pour une même année, les barres avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à $P < 0.05$)



• Fertilisation

- Impact significatif sur le rendement
- Nouvelles grilles de fertilisation
 - Dose agronomique optimale
 - Est-ce rentable?

Fertilisation en azote



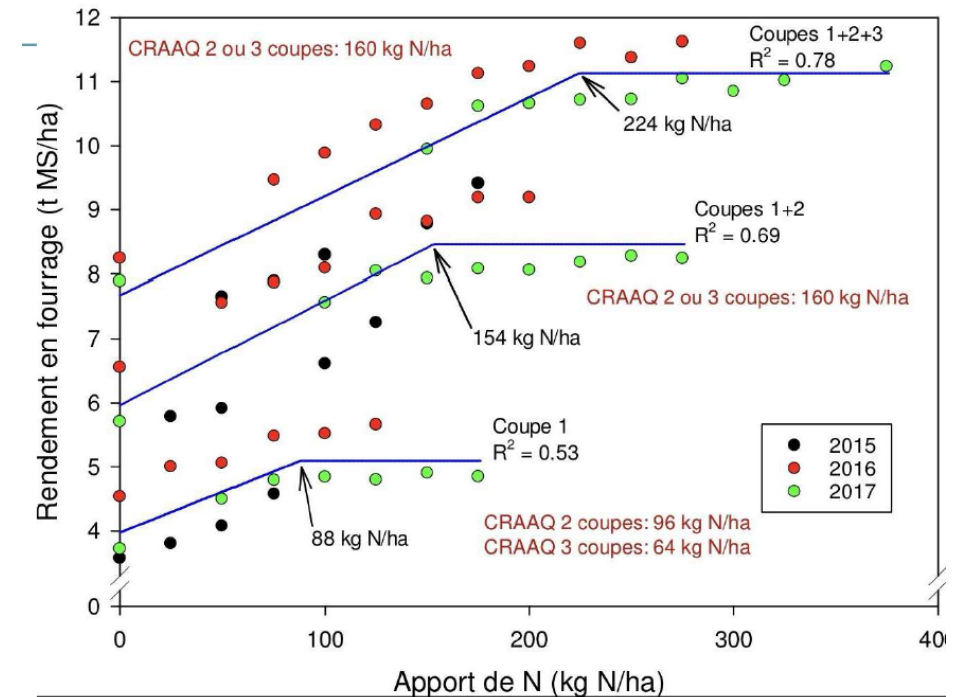
AZOTE

Proportion des légumineuses (%)	Période d'application	Fractionnement ⁽¹⁾ (% de la dose totale)	Dose totale (kg N/ha)		
			Zone périphérique DJ ₀ < 2450 ⁽²⁾	Zone intermédiaire DJ ₀ 2450-2850 ⁽²⁾	Zone centrale-sud DJ ₀ > 2850 ⁽²⁾
Graminées (≤ 30 % de légumineuses)					
0 – 10	Au printemps et après les coupes	2 apports : 60-40 %	180 ⁽³⁾	210 ⁽³⁾	220 ⁽³⁾
11 – 30		3 apports : 40-30-30 %	140	190 ⁽³⁾	210 ⁽³⁾

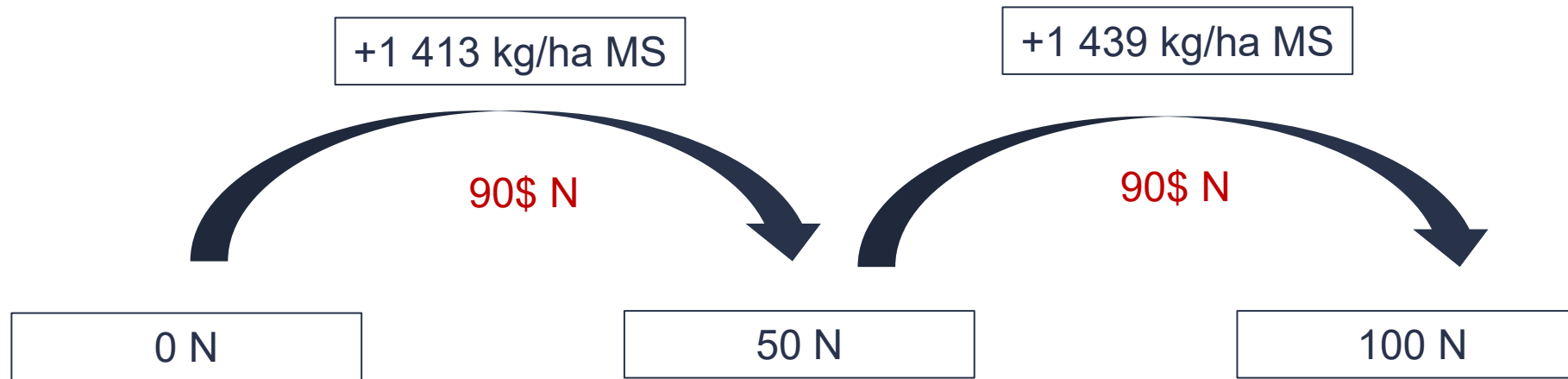
Fertilisation des graminées

- Champ 100% graminées: fléole, brome, fétuque
Centre-du-Québec – 2 coupes
 - 126 N au printemps, 84 N après 1^{re} coupe ≈ 375\$/ha
 - 2 t MS/ha ≈ 600\$/ha

Gain de 225\$/ha
Augmentation de la protéine
Diminution des coûts de production



Tiré de : Parent, G., I. Breune et S. Durand. 2018. Est-ce que nos prairies de graminées s
sous fertilisées au Québec? https://www.agrireseau.net/documents/Document_97125.pdf



Fertilisation P

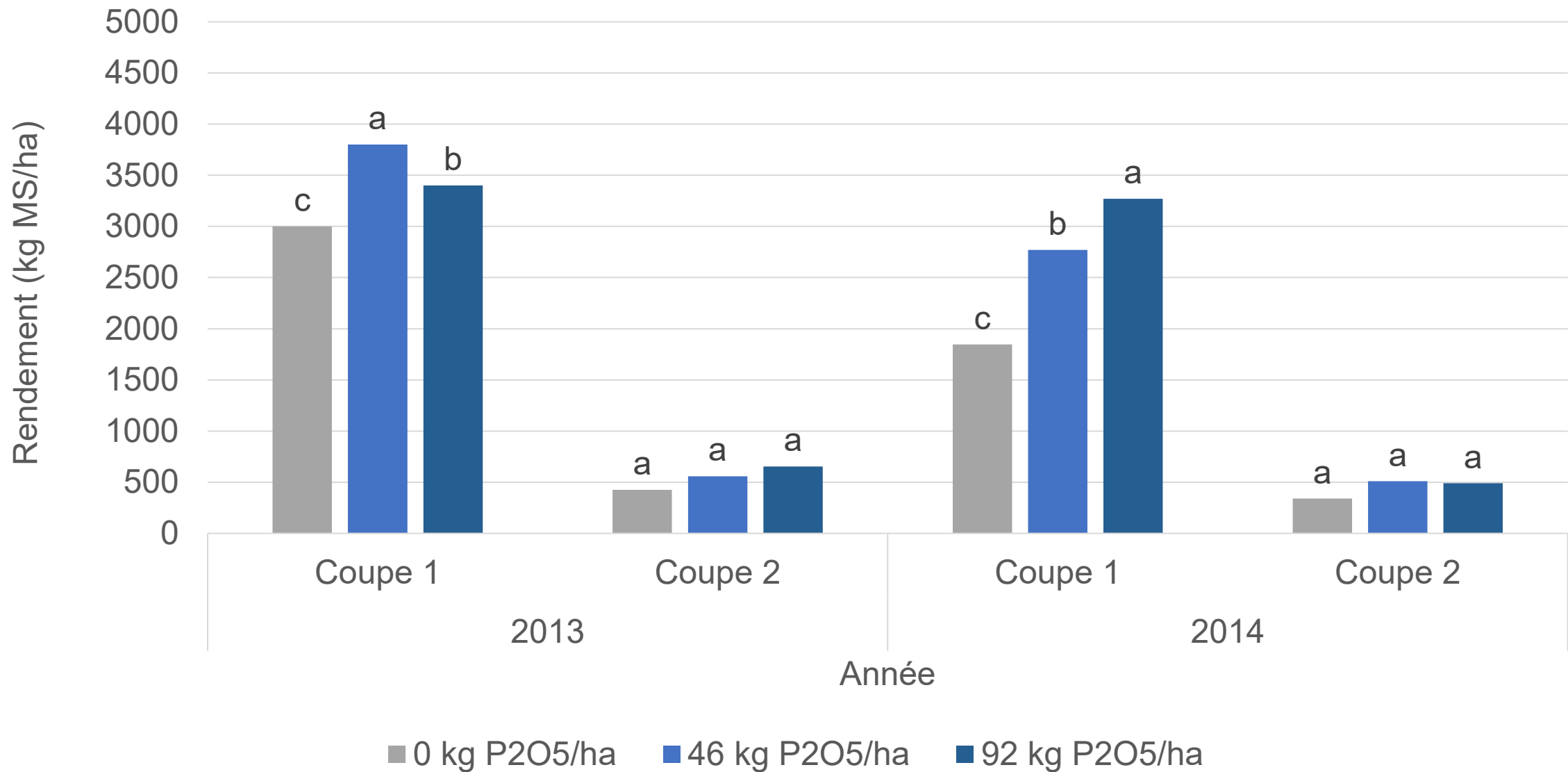
- Développement racinaire
 - Permet aux racines de couvrir un volume de sol plus grand
- Production d'énergie (ATP) et fonction physiologique
- Croissance et reproduction
- Disponible dans la solution du sol



Symptômes de Carence en P

Fertilisation P (2010-2014)

- Essai dans une culture de fléole à 5 sites
- Normandin
- Sol : Loam argileux
- ISP : 2.2% ($\text{ISP} \leq 4,8\%$; texture de sol G1 : recommandations 70 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$)
- Doses de P_2O_5 : 0 , 46 et 92 kg/ha
- Fertilisation appliquée tôt au printemps avec N et K_2O selon recommandations



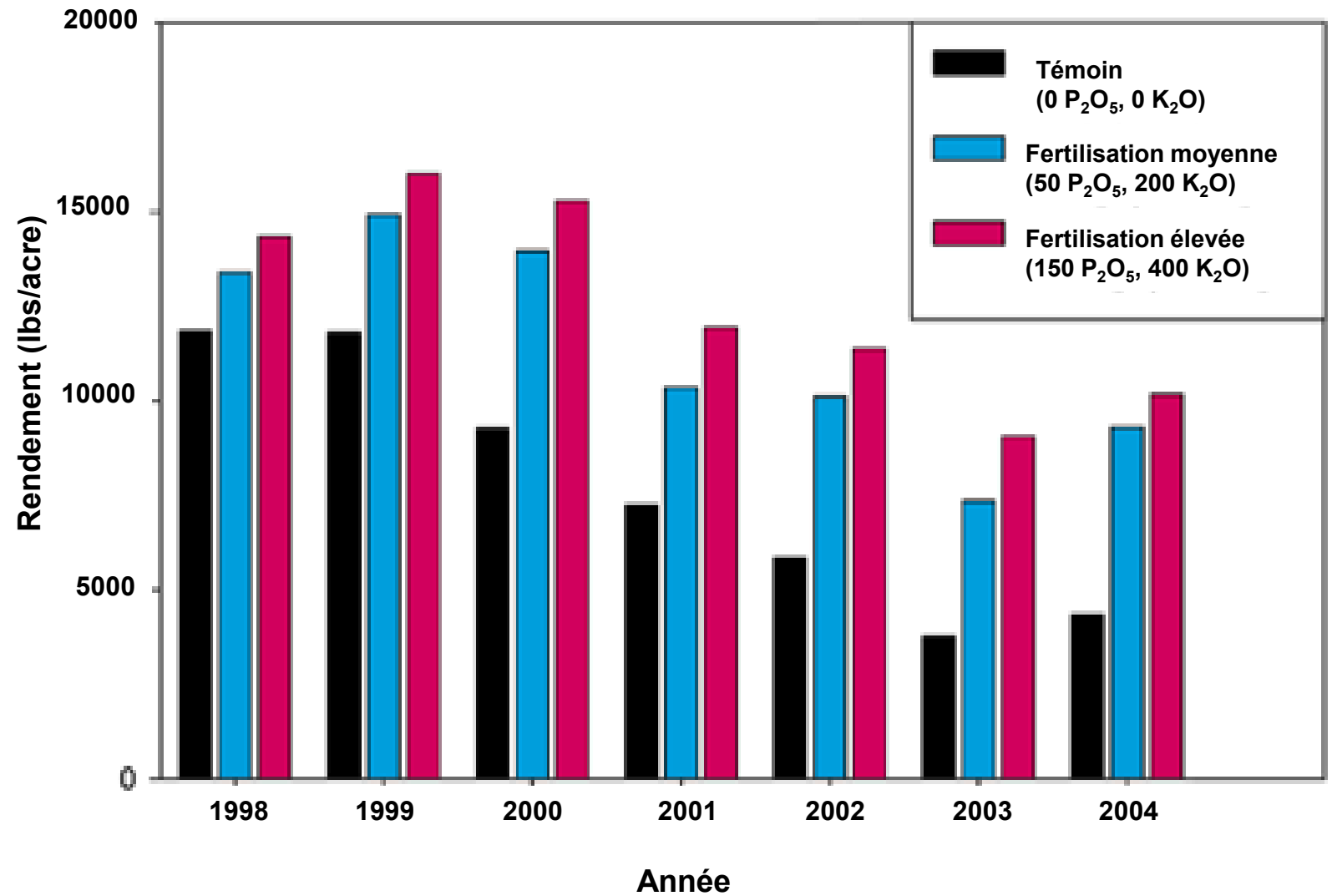
Adapté de : Shi, Y et coll., 2016

Rendement de la fléole des prés en fonction de la fertilisation phosphatée – Normandin 2013 et 2014

Fertilisation Potassium (K)

- Catalyseur de certaines enzymes dont celles permettant la synthèse de l'amidon et des protéines dans la plante (Ziadi et coll., 2022; Li et coll., 1997)
- Formation, transport et entreposage des sucres dans la plante :
 - Entreposage des sucres et amidon au niveau du collet et des racines de la luzerne :
 - meilleure survie à l'hiver
 - meilleure reprise au printemps et après une coupe
- Important pour une meilleure nodulation et la fixation symbiotique du N atmosphérique (Duke et coll., 1980)
- Augmente la résistance à la sécheresse en régularisant l'utilisation de l'eau et en réduisant la transpiration

- Essai sur 7 ans
- Luzerne pure
- Sol faible en P et K
- 0, 100, 200, 400 lbs K_2O /acre
- 0, 50, 100, 150 lbs P_2O_5 /acre



Fertilisation K



Essai de fertilisation en P et K (lbs/acre)

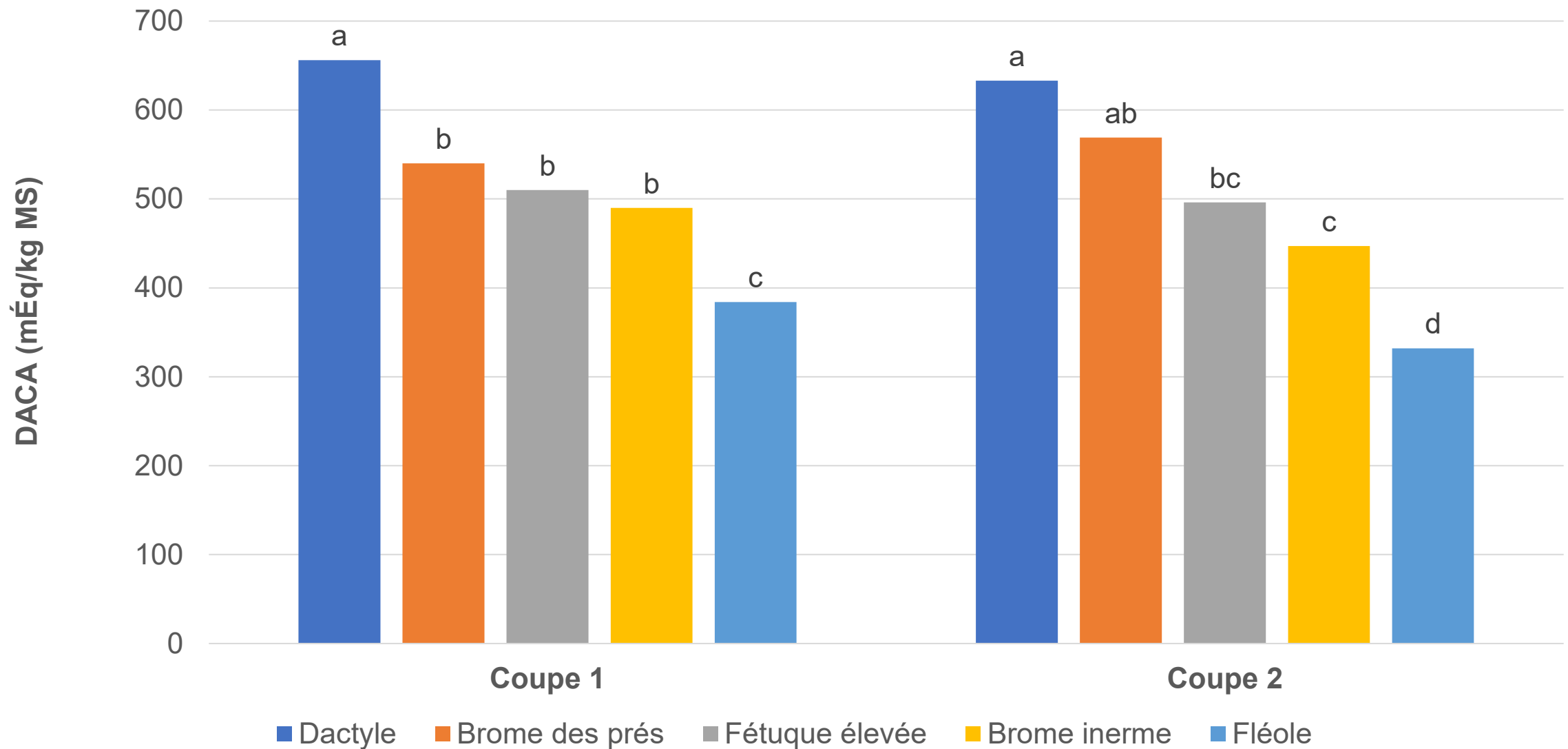
A = 0 K₂O + 50 P₂O₅
B = 300 K₂O + 100 P₂O₅
C = 0 K₂O + 100 P₂O₅
D = 100 K₂O + 150 P₂O₅
E = 300 K₂O + 50 P₂O₅



Source photo : <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ay/ay-331-w.pdf>

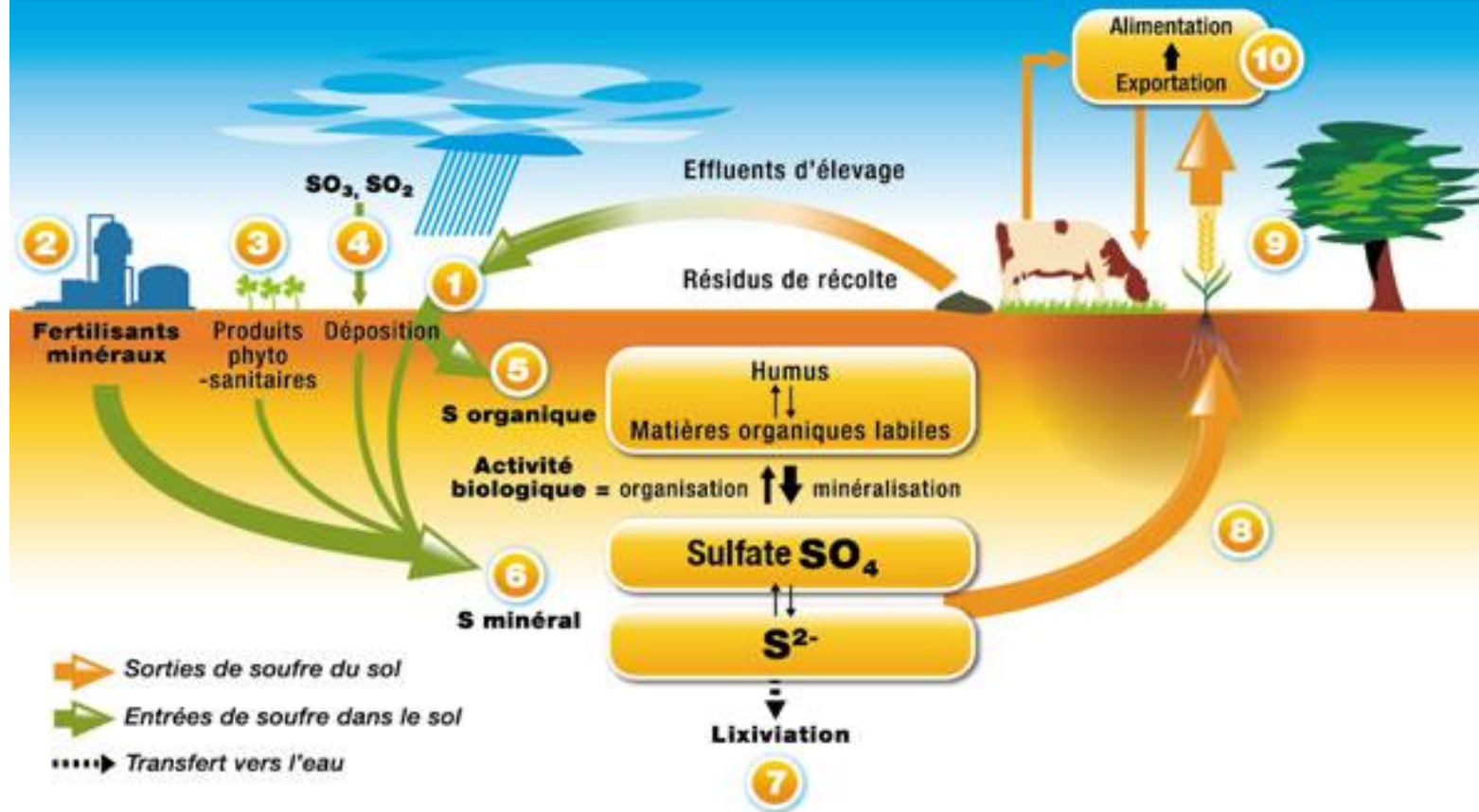
Fertilisation Potassium (K)

- Les nouvelles grilles de fertilisation (Landry et coll, 2023) :
 - La fertilisation en K dans une culture de **graminées pures** établit pour diminuer les risques de la fièvre de lait :
 - Teneur K = 2,3%
 - $DACA \leq 250 \text{ mEq/kg MS } [(Na^+ + K^+) - (Cl^- + S^{-2})]$
- La fertilisation en K pas le seul facteur à considérer pour la DACA :
 - Choisir des sols pauvres en K (50-150 kg K/ha)
 - Choisir des espèces de graminées qui absorbent moins de K que d'autres



DACA de 5 espèces de graminées fourragères (moyenne 2 années de production à 3 sites au Québec)

Fertilisation S



© UNIFA

Tiré de : <http://fertilisation-edu.fr/cycles-bio-geo-chimiques/le-cycle-du-soufre-s.html>

Cycle du soufre et son rôle

- Indispensable à la synthèse de 3 acides aminés essentiels :
 - Taurine, méthionine and cystéine
- Indispensable à la formation de la chlorophylle
- Co-enzyme nécessaire fixation de N atmosphérique (Khan et coll., 2008)
- L'application combinée de N et S permettrait (Malhi et coll., 2010):
 - d'optimiser les rendements des plantes fourragères.
 - d'augmenter la séquestration du C et du N dans le sol (masse racinaire).
 - de minimiser l'accumulation et le lessivage des nitrates dans le sol

Fertilisation S

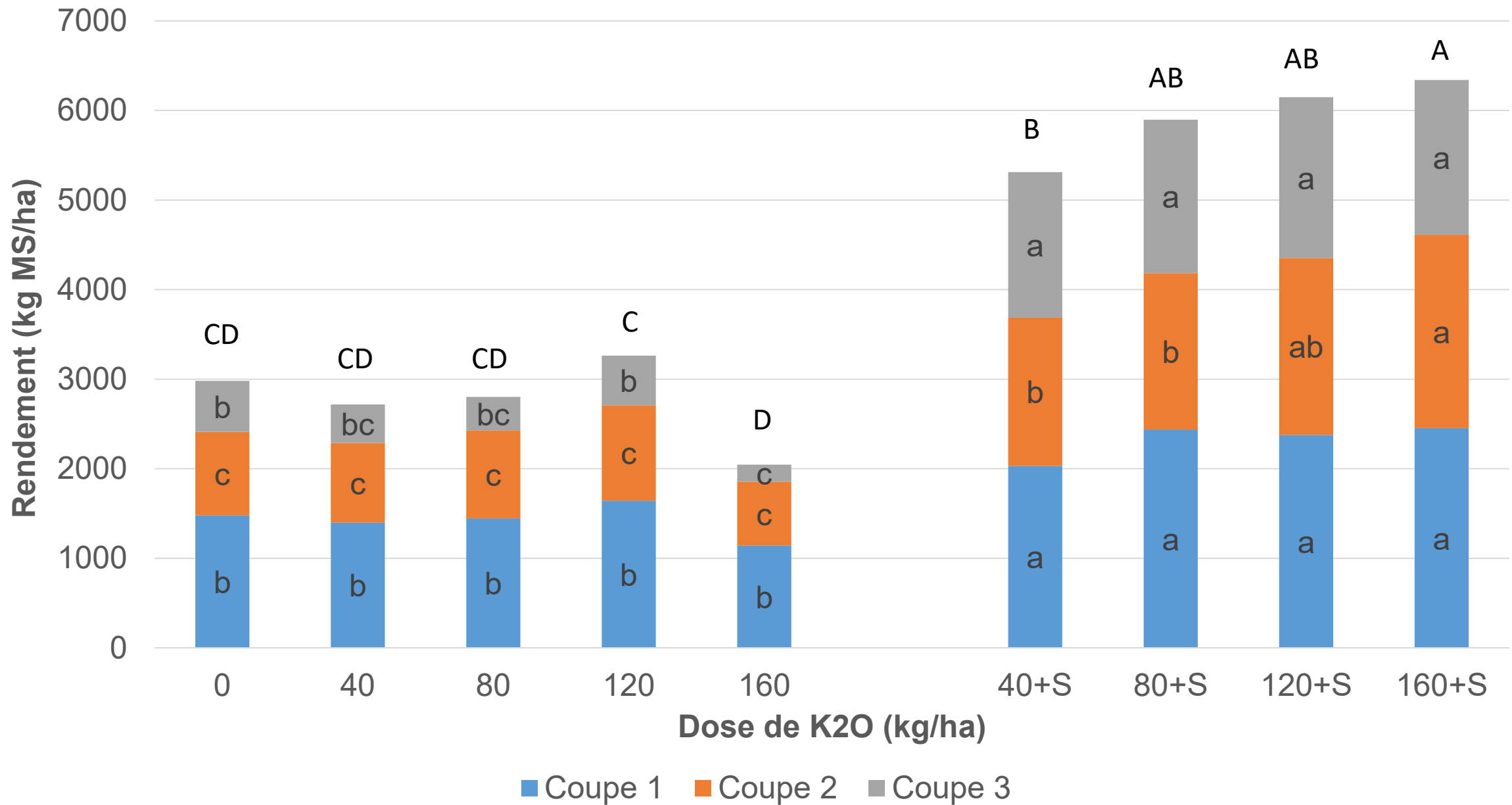
2016-2018

Objectif : Déterminer l'effet de la fertilisation en soufre, ajoutée sous forme de sulfate de potassium, sur la productivité de la luzerne

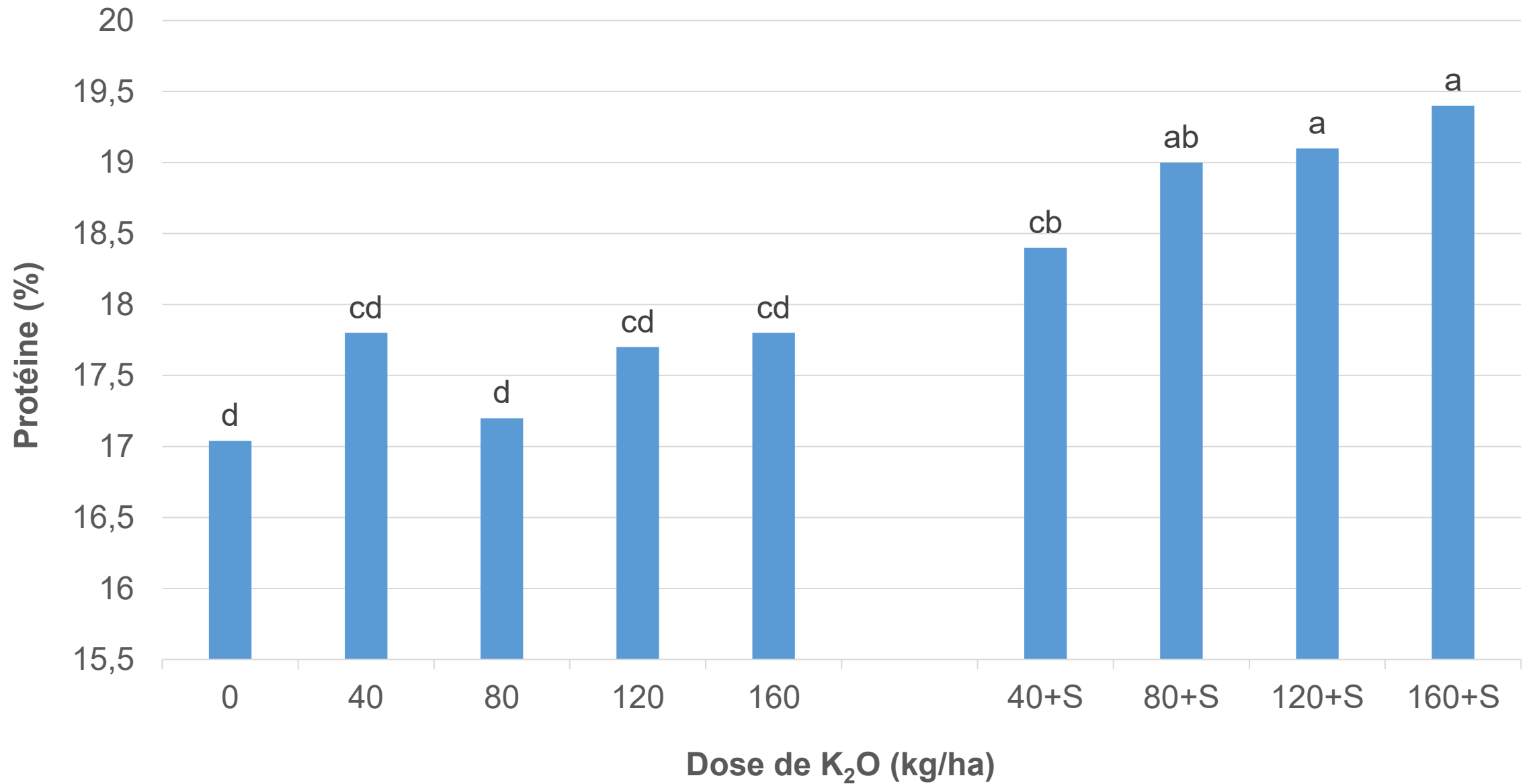
Essai

Bloc aléatoire complet 4 répétitions

- un traitement témoin (aucune fertilisation)
- 4 doses de K_2O (40, 80, 120 et 160 kg ha⁻¹)
 - muriate de potassium (0-0-60)
 - sulfate de potassium (0-0-50 + 17.5% S)



Rendement (kg MS/ha) d'une culture de luzerne à chacune des coupes en fonction de la fertilisation en K avec et sans soufre (moyenne de 3 ans) - Normandin



**Contenu en protéine (%) des plants de luzerne en fonction de la fertilisation en K avec et sans soufre
(moyenne de 3 ans et de 3 coupes) - Normandin**

Fertilisation en S et N dans des mélanges fourragers

2023-2028



3 Mélanges

1-Luzerne - Fléole

2- Luzerne –Fléole-Brome des prés – Fétuque élevée

3 - Luzerne –Fléole-Brome des prés – Fétuque élevée -Lotier



Fertilisation

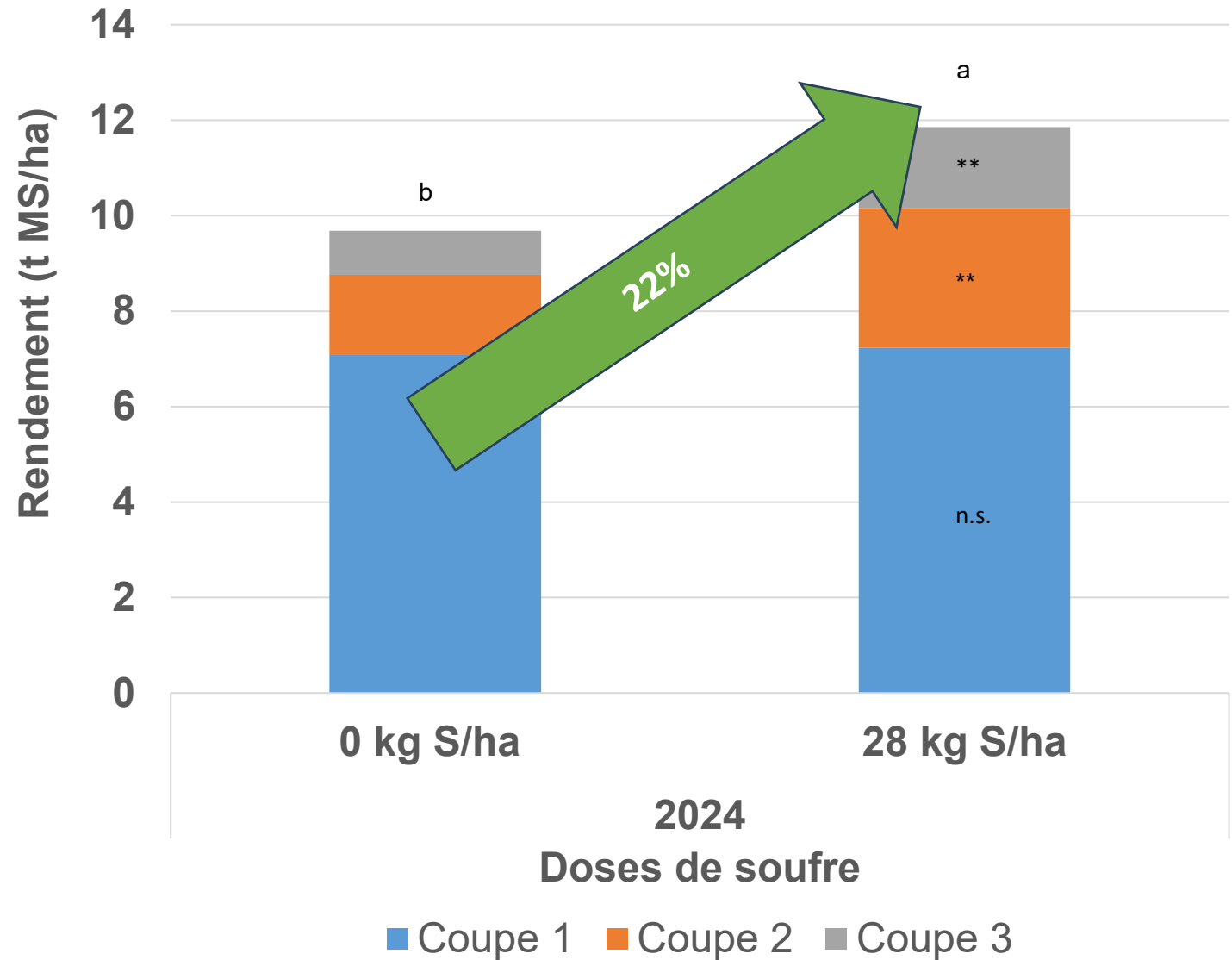
Azote (0, 20, 40 et 80 kg/ha)

Soufre (0 et 28 kg/ha)

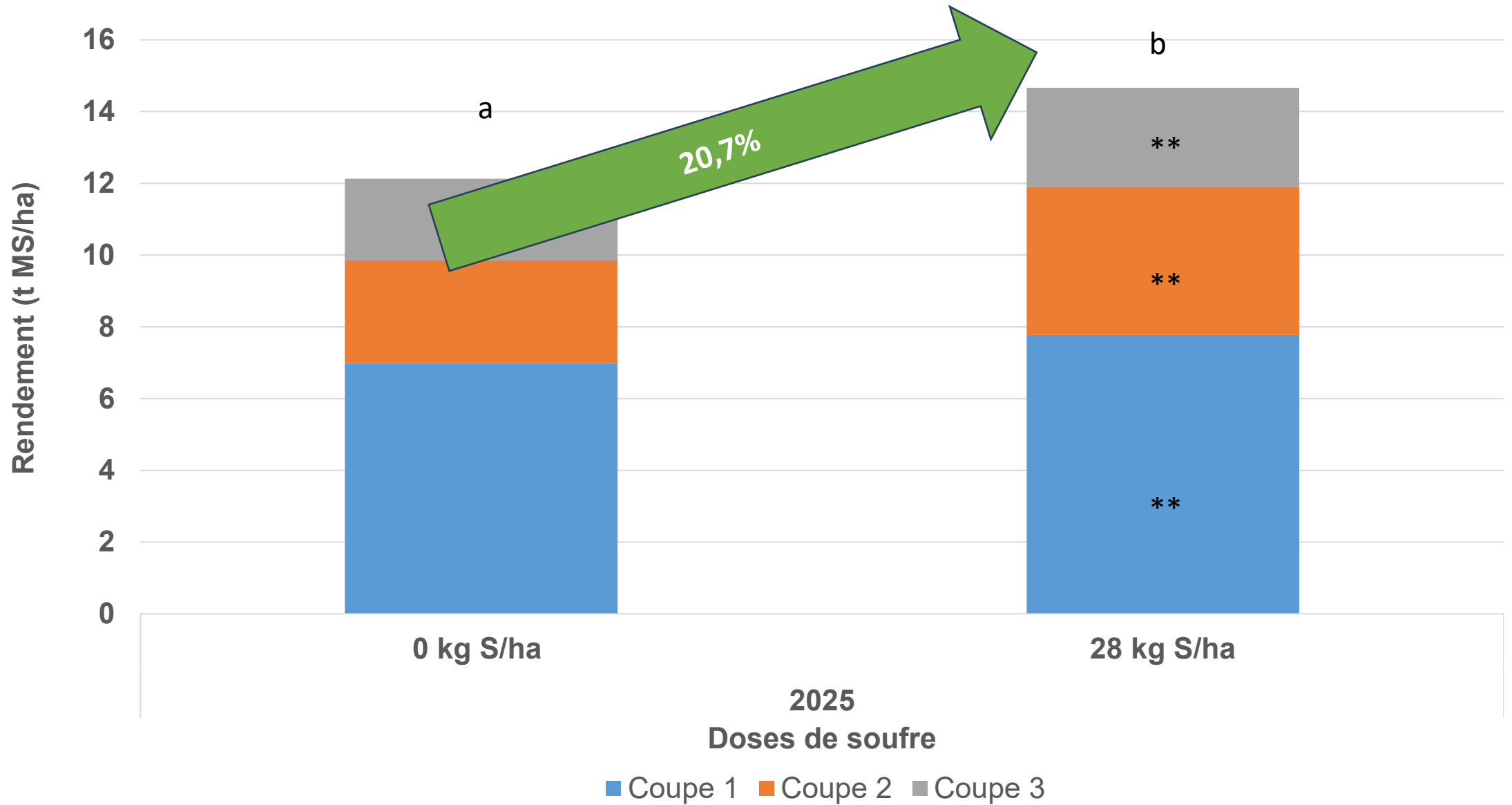
Bloc aléatoire complet en 3 répétitions

Résultats 2024

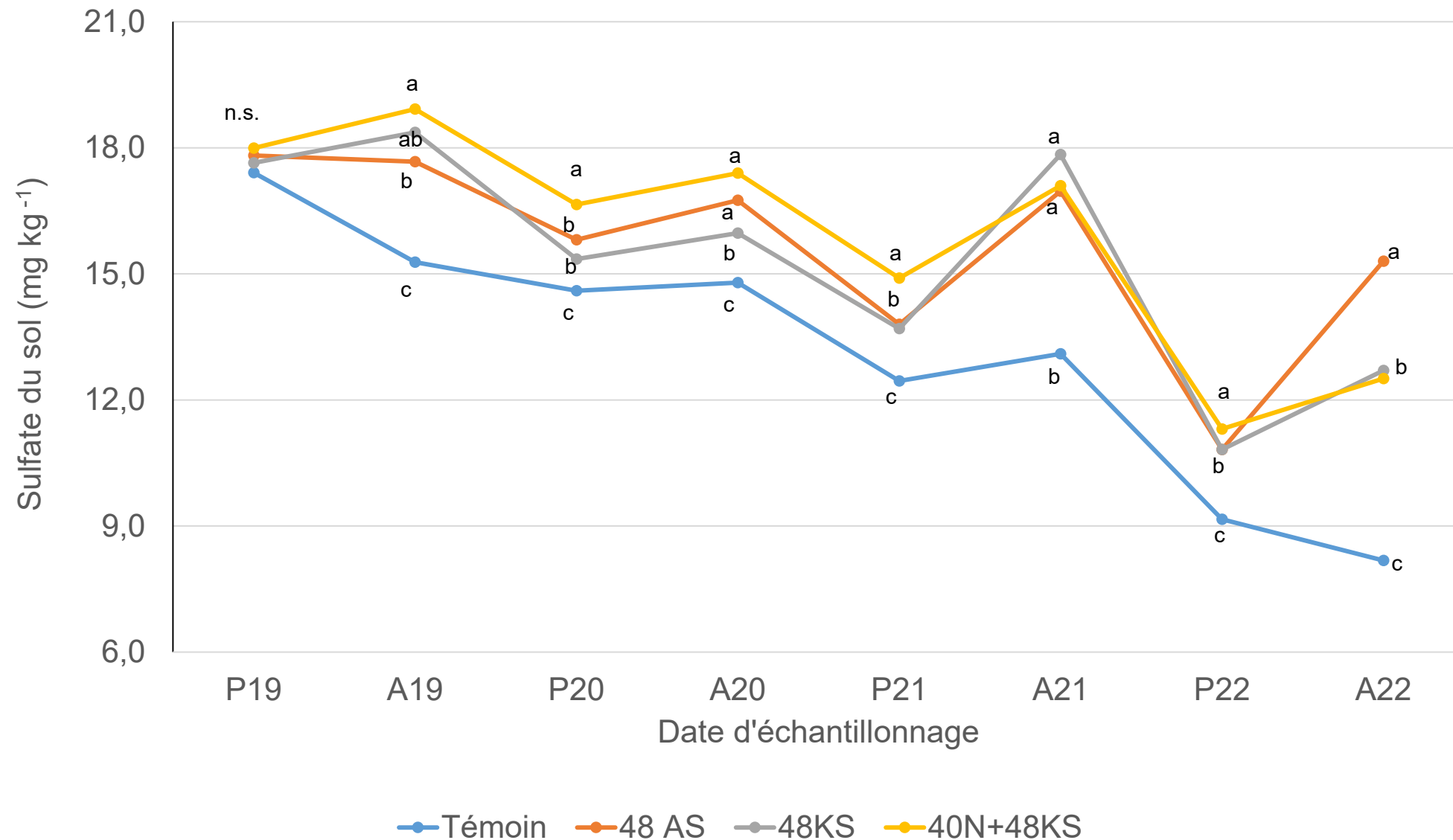
- Aucune interaction N x S
- Aucun effet de la fertilisation en N sur les rendements et contenu en protéines brutes à la coupe 1 et 2



Rendement en fonction de la fertilisation en S - 2024



Rendement en fonction de la fertilisation en S - 2025



Sulfate du sol pour chacun des traitements de fertilisation à différentes dates d'échantillonnage de 2019 à 2022 à Normandin

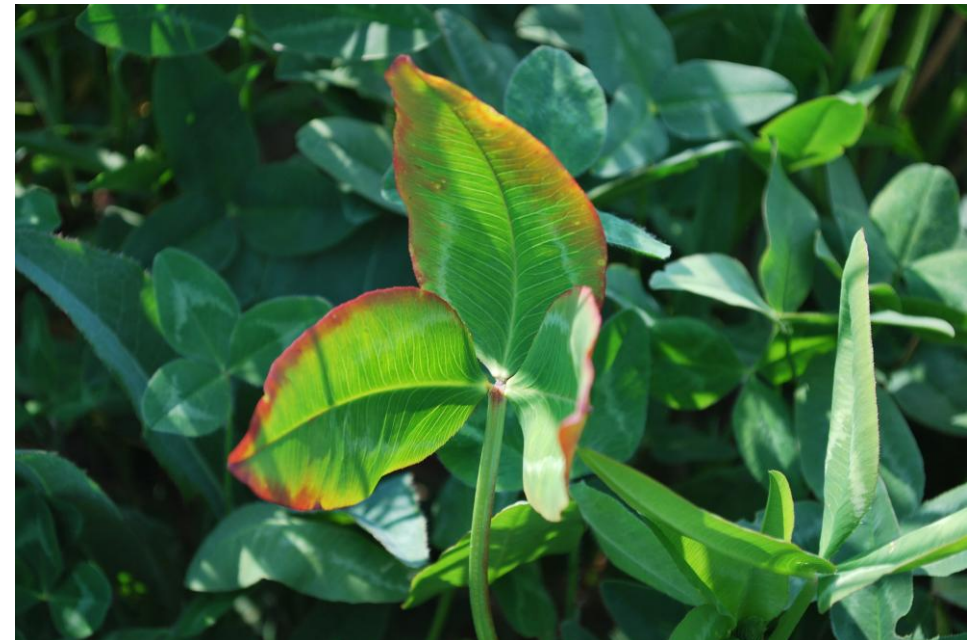


80N + 0S

80N + 28S

Fertilisation B

- Les légumineuses ont des besoins plus grands que les graminées fourragères pérennes
- Symptômes de carence :
 - Plus communs dans les sols sableux et à pH élevé ou dans des régions où les sols sont connus pour leur faible teneur en B (ex : Saguenay-Lac-Saint-Jean)
- Perte de rendement : bore ≤ 20 ppm dans la plante de la luzerne.
- Dès que les symptômes apparaissent, prélevez des échantillons de tissus végétaux en coupant la plante à une hauteur de 10 cm au stade de bourgeon avancé.
- Recommandation 1 à 2 kg/ha
- Le bore est un élément soluble :
 - Symptômes de carence visibles lorsque le sol est sec



Loam moyennement riche: ISP 5,5% - K :185 kg/ha

30% graminées



Jerry H. Cherney, Post-colloque plantes fourragères 2015

AZOTE					
Proportion des légumineuses (%)	Période d'application	Fractionnement ⁽¹⁾ (% de la dose totale)	Dose totale (kg N/ha)		
			Zone périphérique DJ ₀ < 2450 ⁽²⁾	Zone intermédiaire DJ ₀ 2450-2850 ⁽²⁾	Zone centrale-sud DJ ₀ > 2850 ⁽²⁾
Légumineuses (≥ 70 % de légumineuses)					
70 – 89	Au printemps	1 apport : 100 %	0-20 ⁽⁴⁾	0-20 ⁽⁴⁾	0-50 ⁽⁴⁾
90 – 100			0 ⁽⁴⁾	0 ⁽⁴⁾	0 ⁽⁴⁾

PHOSPHORE				
Type de prairies (≥ 70 % de légumineuses)	Groupe de texture ⁽¹⁾	Classe de fertilité ISP ₁ (%) ⁽²⁾	Période d'application	Dose totale (kg P ₂ O ₅ /ha)
	G2-G3	≤ 5,3	À la volée au printemps	100
		5,4 – 10,5		50
		10,6 – 13,1		25
		> 13,1		0 ⁽³⁾

POTASSIUM					
Type de prairies	Groupes de textures du sol ⁽¹⁾	Classe de fertilité K Mehlich-3 (ppm)	Période d'application ⁽²⁾	Fractionnement (kg K ₂ O/ha) ⁽²⁾	Dose totale (kg K ₂ O/ha)
Légumineuses (≥ 70 % de légumineuses)	G1, G2, G3	43 – 84	Au printemps	100	200
			Après la 1 ^{re} coupe	100	
		84 – 168	Au printemps	-	110
		168 – 335			0-50
		> 335			0 ⁽³⁾

maizex[™]

- Prairie de légumineuses 70% - 3 coupes
 - Analyse de sol loam moyennement riche: ISP 5,5% - K :185 kg /ha
 - 20N 50P 200K 25S 2B
 - DAP, AMS, Muriate de potasse, bore granulaire
 - Printemps 41 – 50 – 70 25S 1B : 335 kg/ha
 - Après 1^{re} coupe 0 – 0 – 70 1B : 125kg/ha
 - Après 2^e coupe 0 – 0 – 60 : 100 kg/ha
- Total : 560 kg/ha ~530\$



- Lisier bovin laitier

À forfait 30m³/ha

• Brassage et chargement	1,32 \$/m ³
• Épandage	5,31 \$/m ³
Total	6,63\$ x 30 m ³ /ha = 200\$/ha

- Apport de 43 – 36 – 92

- Besoin d'une application de potasse, soufre et bore supplémentaire ~170\$

- Total 370\$/ha



Rentable de suivre les grilles?

- Impact
 - Rendement
 - Qualité
 - Survie

- Coût fertilisation 530\$/ha
 - Fourrage à 300\$ t MS
- 
- 1,75 t/ha de fourrage

Conclusion

- 1. La fertilisation a un impact important sur le rendement et la qualité des plantes fourragères**
- 2. Une bonne fertilisation est un outil pour améliorer la rentabilité de la ferme**
- 3. Avant de tout changer les façons de faire il faut vérifier si la base est solide**
 - pH
 - Fertilisation
 - Drainage et égouttement



Merci !

Questions ?

Références

Beegle, D. 2025. *Soil Fertility Management for Forage Crops: Maintenance*. PennState Extension. <https://extension.psu.edu/soil-fertility-management-for-forage-crops-maintenance>

Berg, W. K., S. M. Cunningham, S. M. Brouder, B. C. Joern, K. D. Johnson, J. Santini, and J.J. Volenec. 2005. *Influence of phosphorus and potassium on alfalfa yield and yield components*. Crop Sci. 45: 297-304.

Berg, W. K., S. M. Cunningham, S. M. Brouder, B. C. Joern, K. D. Johnson, J. Santini, and J.J. Volenec. 2007. *The long-term impact of phosphorus and potassium fertilization on alfalfa yield and yield components*. Crop Sci. 47: 2198-2209.

Institut de la statistique du Québec et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. *Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec. Tableau 3.3 Statistiques sur les plantes fourragères, Québec, 2008-2020*
<https://statistique.quebec.ca/fr/document/profil-sectoriel-de-lindustrie-bioalimentaire-au-quebec>

Landry, C., J. Forest-D., C.-A. Joseph, M. M. Jacques, J. P. Laroche. 2023. Fertilisation des plantes fourragères pérennes : production. Mandat IRDA de révision des valeurs scientifiques de référence en fertilisation du Québec (2020-2023). Fascicule 10. Version préliminaire. IRDA. 109 pages

Nyfelner, D., Huguenin-Elie, O., Suter, M., Frossard, E., Connolly, J. and Lüscher, A. (2009), *Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding*. Journal of Applied Ecology, 46: 683-691. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01653.x>

Nyiraneza, J., Thompson, B., He, J., Stiles, K., Geng, X., Jiang, Y., & Fillmore, S. (2019). *Long-Term Changes in Mehlich-3-Extractable Sulfur and Magnesium under Intensive Agriculture in Eastern Canada. Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(20), 2505–2520. <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1667375>

Parent, G., I. Breune et S. Durand. 2018. *Est-ce que nos prairies de graminées sont sous fertilisées au Québec?* https://www.agrireseau.net/documents/Document_97125.pdf

Shi, Y., Ziadi, N., Hamel, C., Lajeunesse, J. and Lafond, J. (2016), *Phosphorus Fertilization Effect on Timothy Root Growth, and Associated Arbuscular Mycorrhizal Development*. Agron. J., 108: 930-938. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0459>

Tremblay, G.F., Bélanger, G., Lajeunesse, J., Chouinard, P.Y. and Charbonneau, É. (2015), *Timothy Response to Increasing Rates of Selenium Fertilizer in Eastern Canada*. Agronomy Journal, 107: 211-220. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0397>

Tremblay, G. F., H. Brassard, G. Bélanger, P. Seguin, R. Drapeau, A. Brégard, R. Michaud et G. Allard. 2006. Dietary cation anion difference (DCAD) of five cool-season grasses. Agron. J. 98: 339-348. . <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0161>

Tremblay, G.F., Bélanger, G., Pelletier, S., Lajeunesse, J. and Pageau, D. (2013), *Dietary Cation–Anion Difference of Forage Species after Chloride Fertilization*. Agronomy Journal, 105: 455-462. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0355>

Ziadi, N, M. Chantigny, G. Bélanger. 2022. *Fertilisation*. Chapitre 4, pages 102-132, dans : Guide de production – plantes fourragères 2^e Éd. Vol. 1 Bélanger G., A. Claessens, M.-N. Thivierge et G. Tremblay (Éd. sc.), Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). ISBN 978-2-7643-0636-1