

JOURNÉE
GRANDES CULTURES
AGRI-VISION
— 2024 —

Mieux comprendre les engrais à libération lente

Bernard Gagnon, M. Sc.

professionnel de recherche

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec

27 novembre 2024

Mieux comprendre les engrais à libération lente

Plan de la conférence

- Pourquoi améliorer l'efficacité des engrais azotés?
- Quels sont les moyens pour en améliorer l'efficacité?
- Types d'engrais azotés améliorés
- Mode de fonctionnement
- Résultats d'essais agronomiques
- Bilan agro-environnemental
- Avantages et inconvénients des engrais améliorés

Problématique des engrais azotés en grandes cultures

- Récupération du N par la culture < 50%
- Augmentation du prix des engrais
- Excès d'application
 - coût de production supplémentaire (\$\$\$)
 - contamination des eaux de surface et souterraines
 - émissions de gaz à effet de serre (N_2O)
- Pertes ammoniacales par suite de mauvaises conditions à l'application

Facteurs affectant l'efficacité des engrais azotés

L'efficacité des engrais azotés dépend:

- source de fertilisants
- dose d'application
- type de culture
- conditions climatiques
- type de sol
- méthodes d'application
- temps d'application

Le choix des engrais minéraux azotés est actuellement basé sur leur coût et disponibilité sans prendre en considération l'efficacité de prélèvement de l'azote appliqué et les impacts environnementaux possibles

Avantages et inconvénients des principaux engrais azotés

- Urée (granulaire, 46-0-0)

- Faible coût par rapport aux autres sources (forte teneur en N)
- Facilité de manutention
- Pertes importantes par volatilisation si non incorporé ou en absence de pluie
- Dommages possibles si appliqué trop près des semences

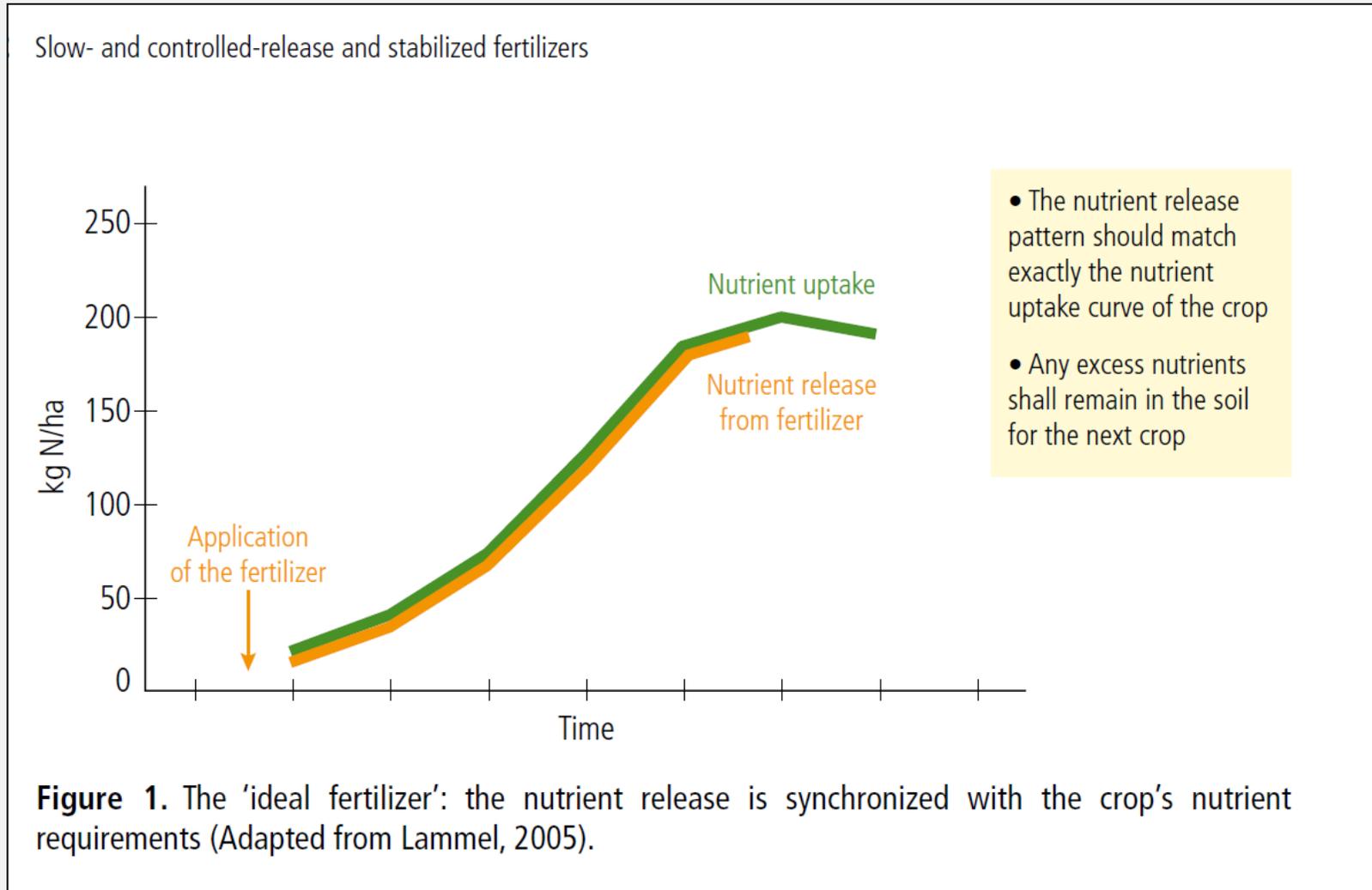
- Nitrate d'ammonium calcique (granulaire, 27-0-0)

- Source rapidement disponible de N
- Flexibilité d'utilisation et d'application
- Susceptible aux pertes par lessivage ou dénitrification

- Solution azotée (liquide, 28-0-0/32-0-0)

- Source rapidement disponible de N à faible coût
- Facilité de manutention et d'application
- Susceptible aux pertes par volatilisation, lessivage ou dénitrification

Assurer une meilleure synchronisation entre les besoins de la culture et la disponibilité de l'apport en N



Méthodes pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'azote par la culture

- injection ou placement de l'engrais en bandes
- application en post-levée (stade 4-8 feuilles du maïs)
- utilisation d'engrais ammoniacaux
- utilisation d'engrais à efficacité accrue

Types d'engrais azotés améliorés

- **Engrais stabilisés**

- * additifs ajoutés qui altèrent ou inhibent les processus enzymatiques et microbiens du sol

- inhibiteurs de nitrification

- DCD (dicyandiamide, Guardian)

- Nitrapyrine (2-chloro-6-(trichloromethyl-pyridine), Instinct, N-Serve)

- DMPP (3, 4-dimethylpyrazole phosphate, Entec)

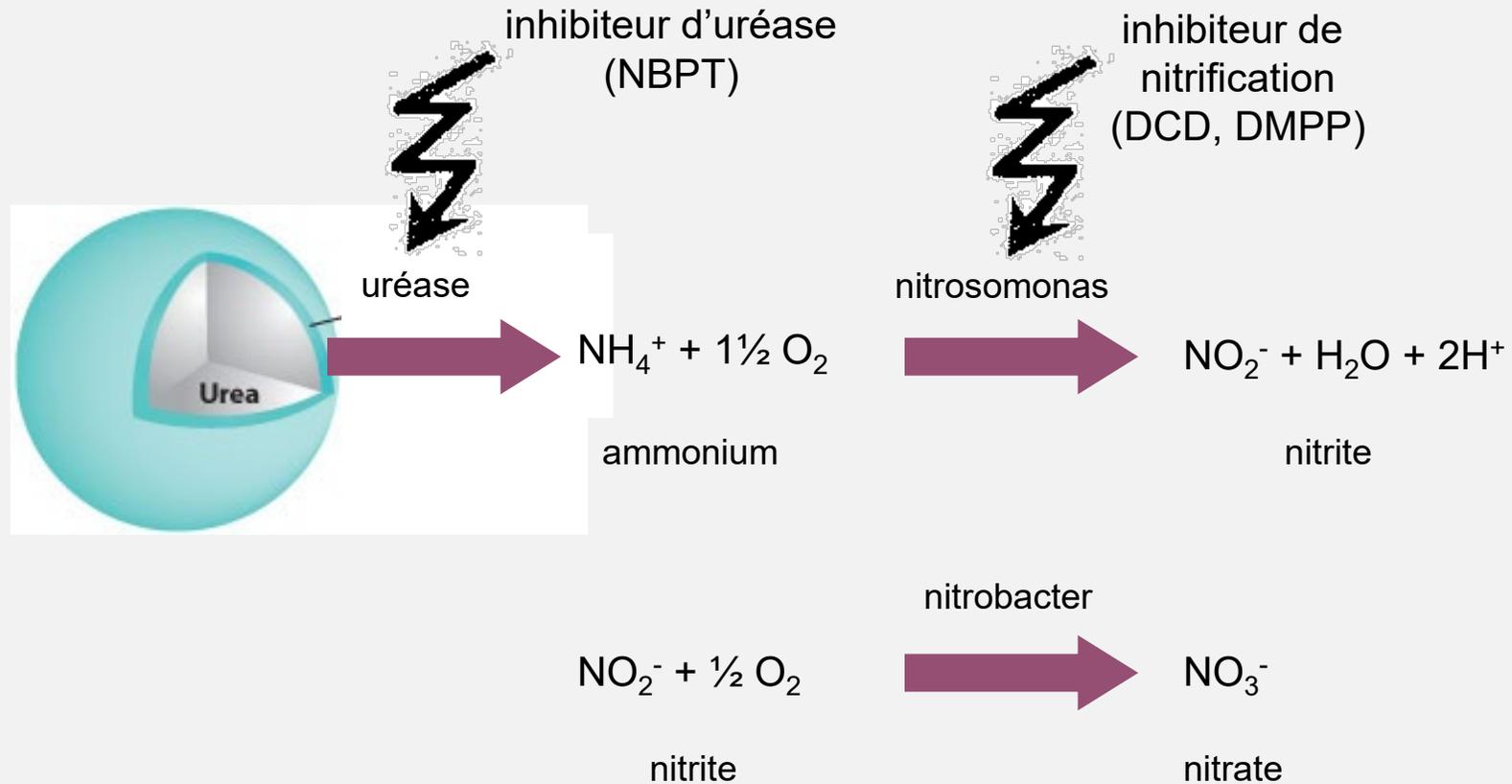
- inhibiteurs d'uréase

- NBPT (N-(n-butyl)thiophosphoric triamide, Agrotain)

- doubles inhibiteurs

- NBPT + DCD (Agrotain Plus, SuperU)

Fonctionnement des inhibiteurs



Adapté de Zerulla et coll. 2001

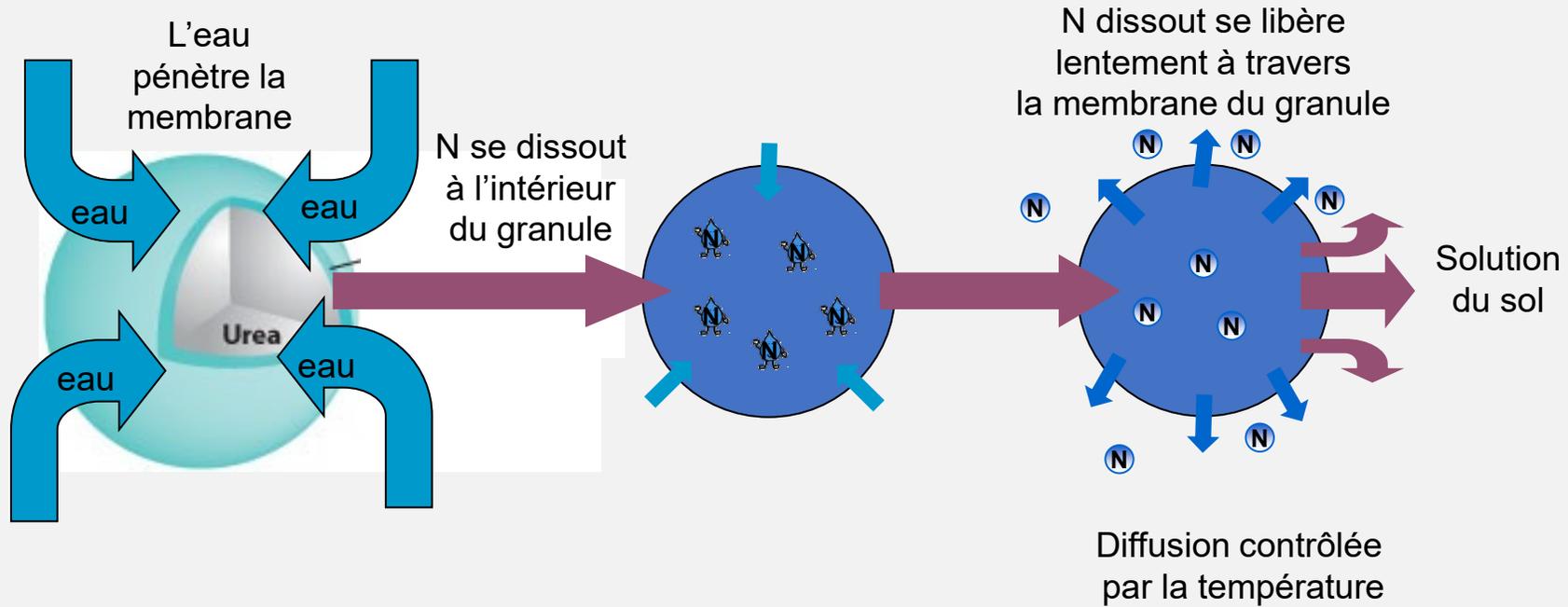
Types d'engrais azotés améliorés

Engrais à libération lente protégés

*modifie le patron de relâchement des nutriments

- produits de condensation d'urée et d'aldéhydes
- **engrais enrobés** de soufre ou **d'un polymère**

Fonctionnement du ESN (Environmentally Smart Nitrogen)



Adapté de Agrium 2008

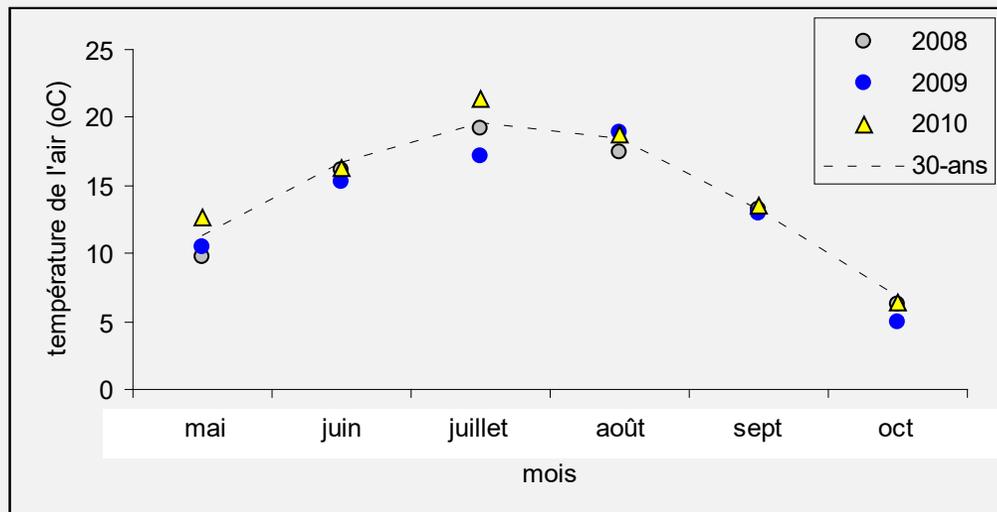
Mieux comprendre les engrais à libération lente

Expérience 1 (maïs grain)

- Traitements (8):
 - Témoin (0) sans N minéral
 - Doses de 50, 100 et 150 kg N ha⁻¹ tout au printemps
 - ESN
 - urée
 - Dose de 150 kg N ha⁻¹
 - ENTEC (100% au printemps)
 - Solution-32 (fractionné 20% printemps 80% post-levée)
- Engrais appliqué à la volée et enfoui pour le granulaire
- Engrais appliqué en bande incorporée pour la solution-32
- Essai sur sol argileux conduit pendant 3 ans

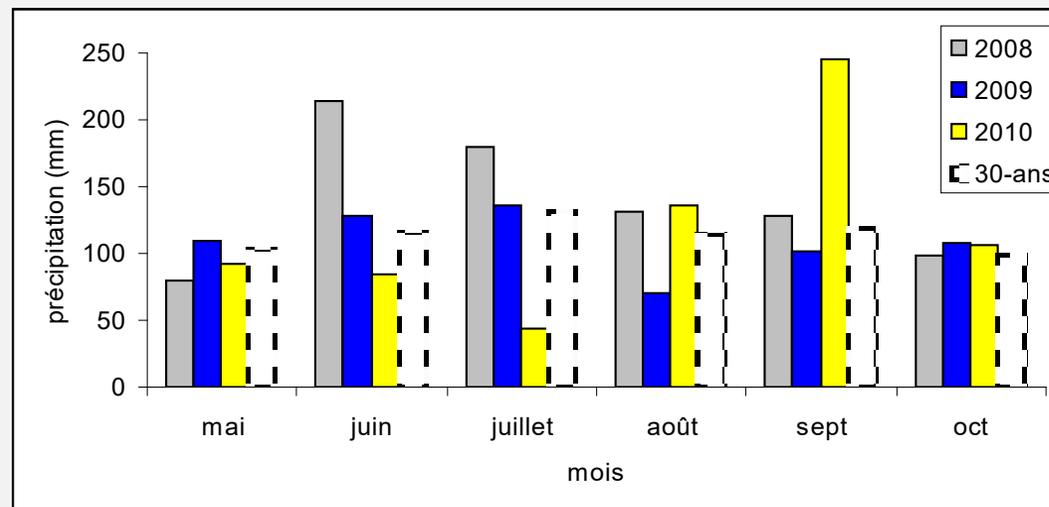
Mieux comprendre les engrais à libération lente

Données météorologiques



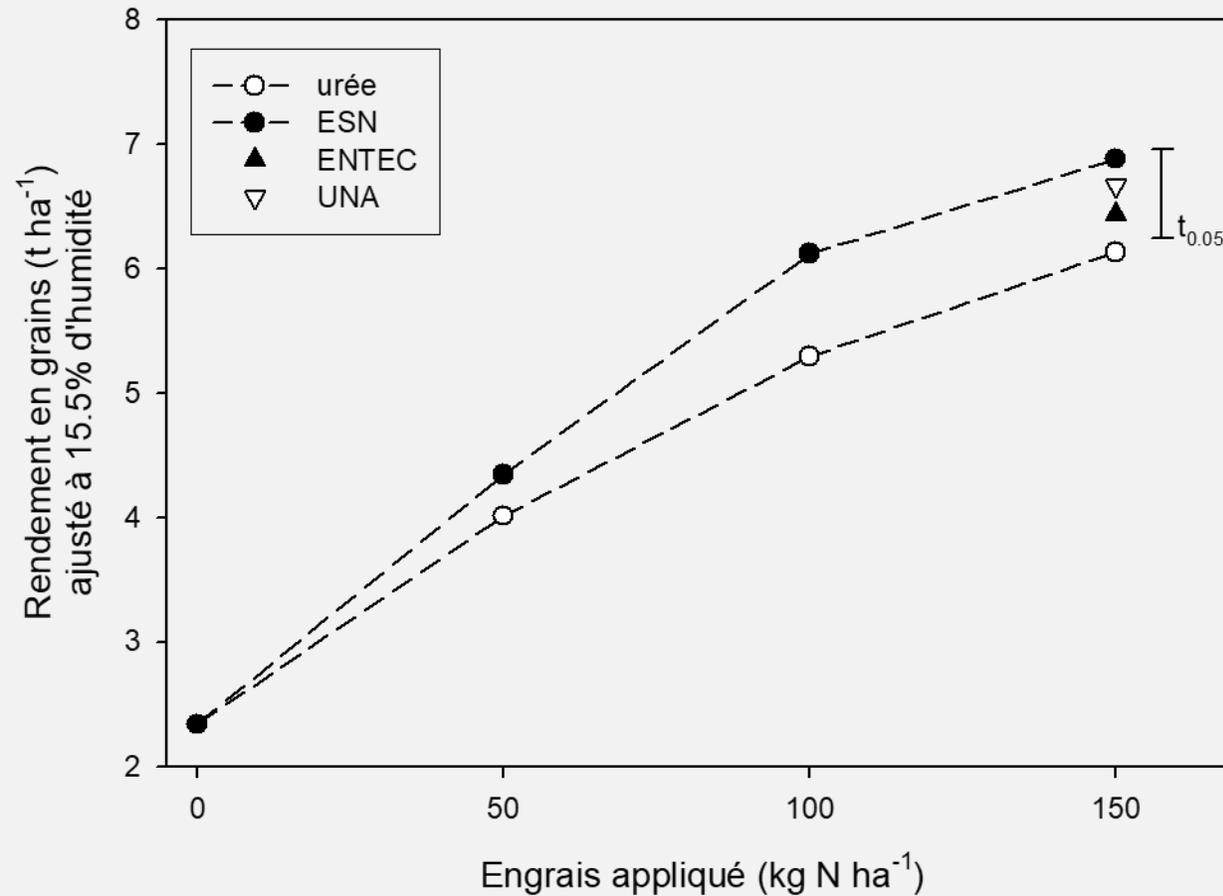
Caractéristiques climatiques

2008: été pluvieux, températures normales
2009: été frais, précipitations normales
2010: été chaud et sec



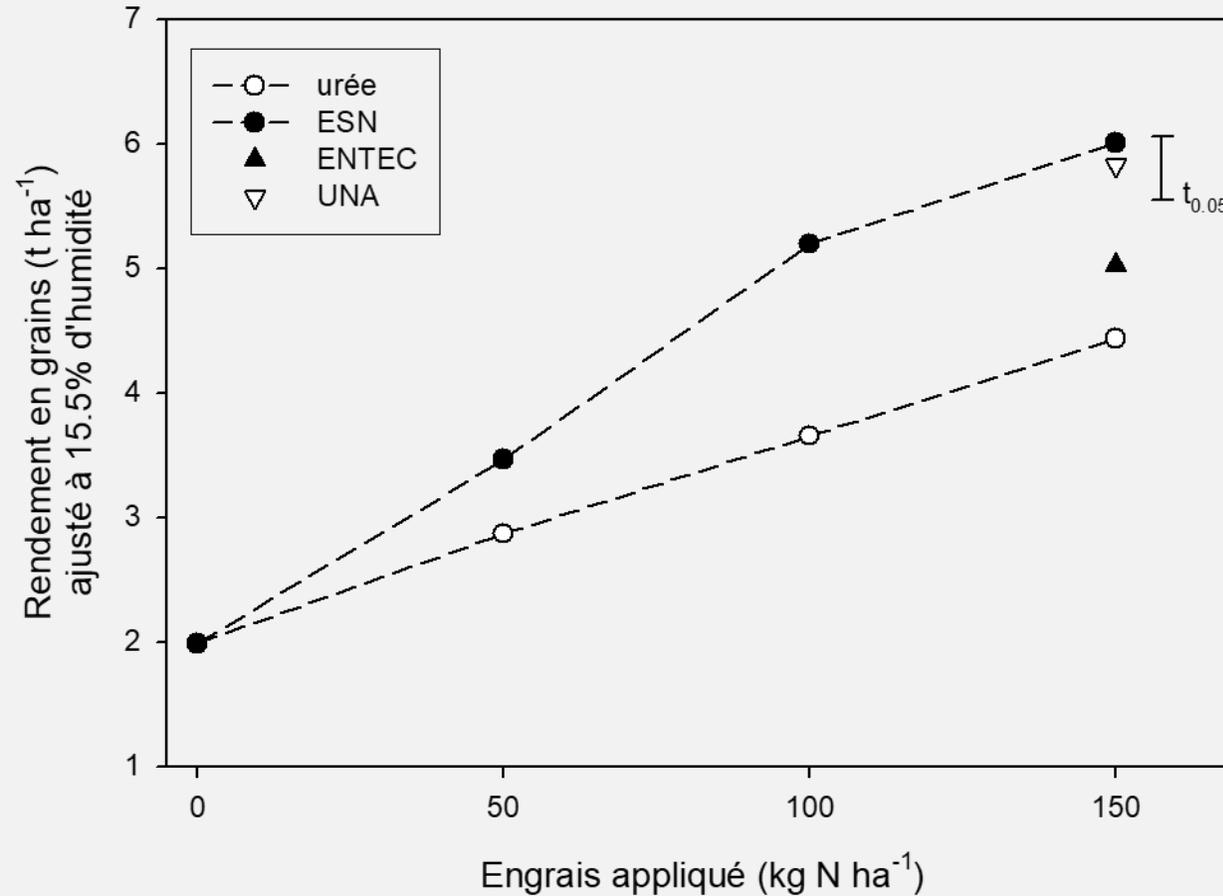
Mieux comprendre les engrais à libération lente

été pluvieux, températures normales (2008)



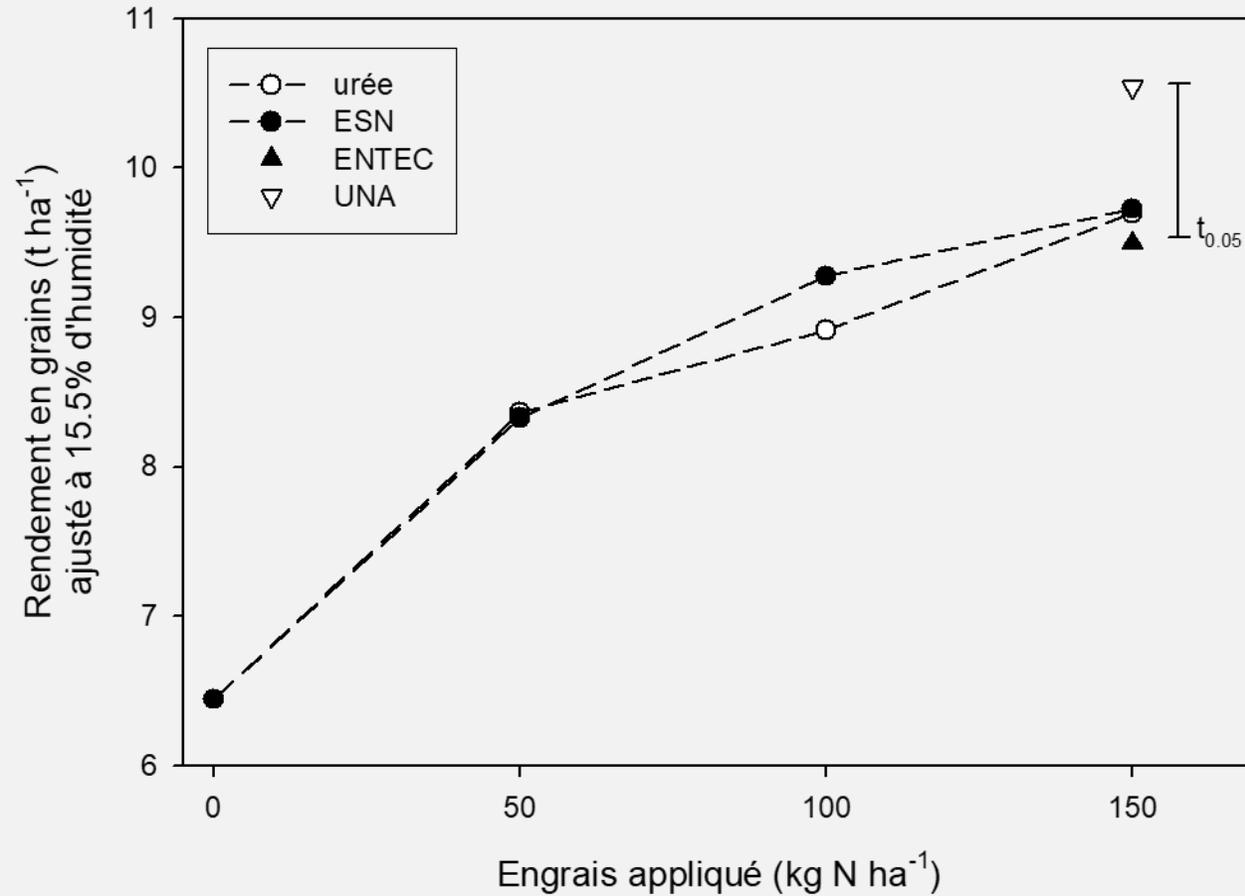
Mieux comprendre les engrais à libération lente

été frais, précipitations normales (2009)



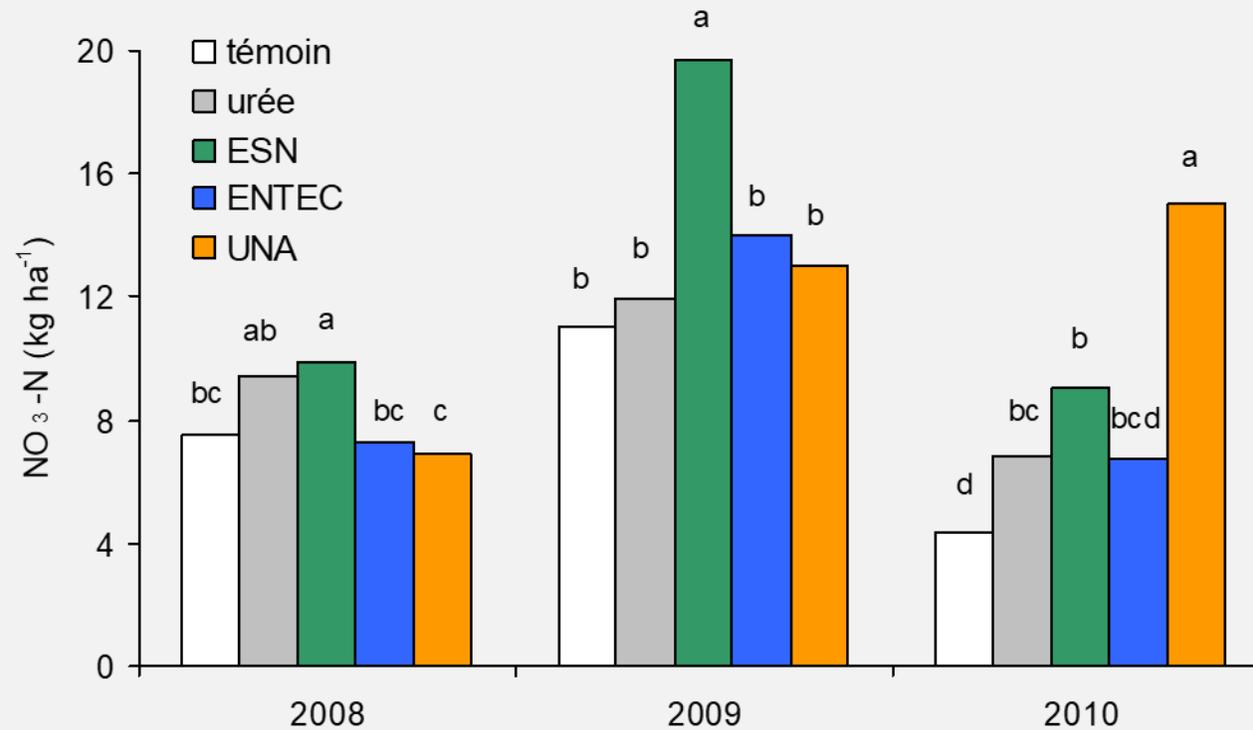
Mieux comprendre les engrais à libération lente

été chaud et sec (2010)



Mieux comprendre les engrais à libération lente

Teneur en nitrates du sol à la récolte du maïs



Paramètres pour l'étude économique

Prix du maïs : \$250 t.m.⁻¹

Coûts des engrais:

Urée: \$1.74 /kg N (\$800 t.m.⁻¹)

Solution-32: \$2.17 /kg N (\$695 t.m.⁻¹)

ESN: \$2.57 /kg N (\$1170 t.m.⁻¹)

ENTEC: pas encore commercialisé en Amérique du Nord, prix estimé à \$2.16 /kg N (\$950 t.m.⁻¹) sur le marché européen

Coût supplémentaire pour l'épandage de la solution-32: \$18 ha⁻¹

Frais variables liés au rendement (transport, séchage, entreposage et commercialisation): \$55 t.m.⁻¹

Frais variables liés aux opérations culturales (semis, entretien du champ): \$800 ha⁻¹

Mieux comprendre les engrais à libération lente

Marge sur coûts variables à l'hectare (\$)

Traitement	2008	2009	2010
Témoin (0 N)	-338	-407	463
Urée	136	-195	833
ESN	158	-11	714
ENTEC	132	-143	731
Solution-32	159	-5	916

*n'inclut pas les frais fixes d'opération.

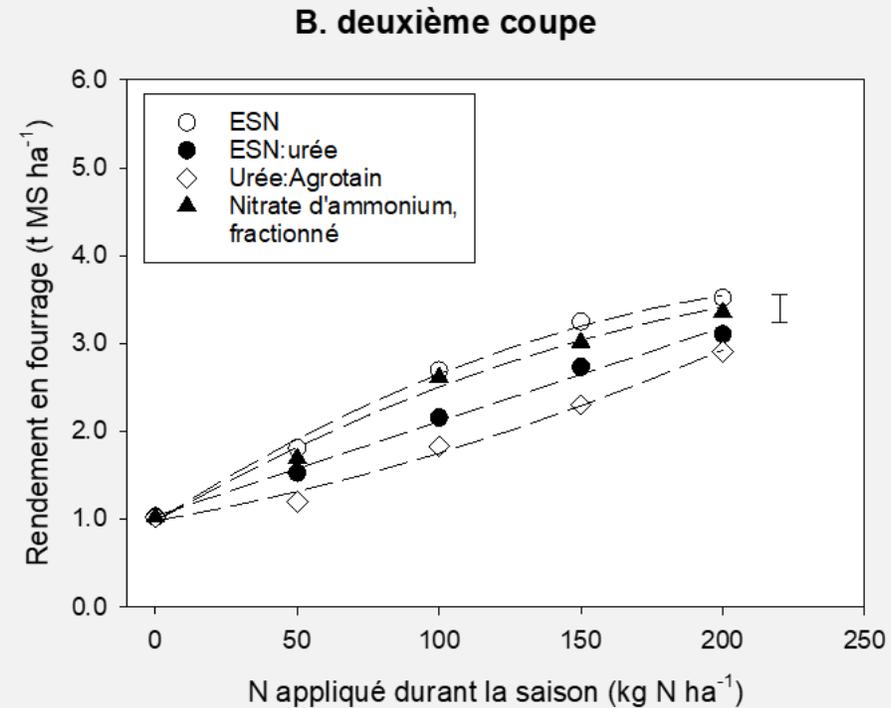
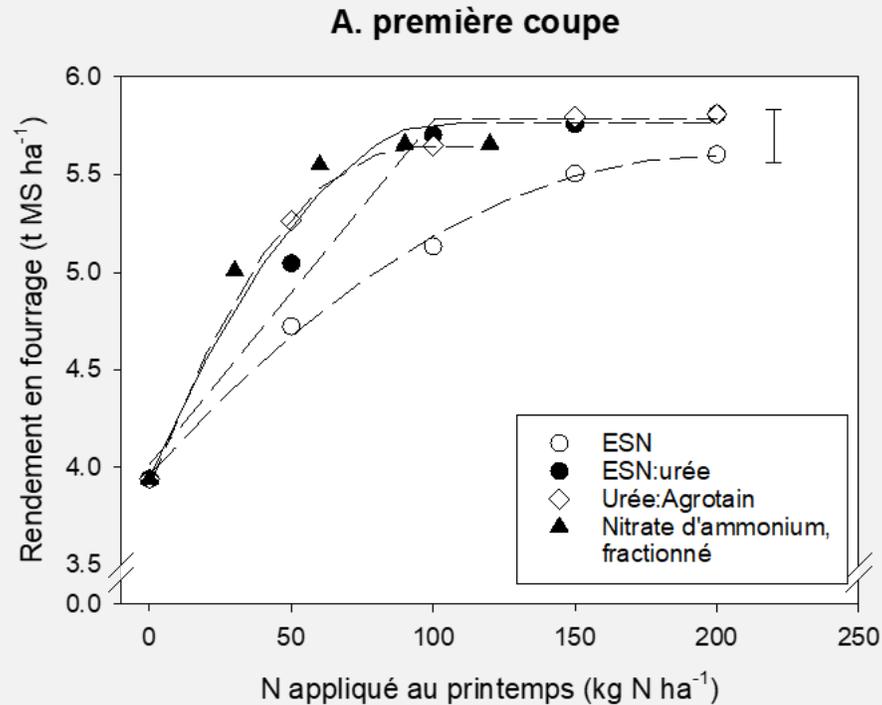
Mieux comprendre les engrais à libération lente

Expérience 2 (fléole des prés)

- Traitements (17):
 - Témoin (0) sans N minéral
 - Doses de 50, 100, 150 et 200 kg N ha⁻¹ an⁻¹ au printemps
 - ESN
 - ESN + urée (50-50)
 - Urée + agrotain
 - Nitrate d'ammonium calcique à 50, 100, 150 et 200 kg N ha⁻¹ 60% au printemps 40% après la première coupe
- Engrais appliqués à la volée
- Essai conduit pendant 3 ans sur sol argileux et sol loameux

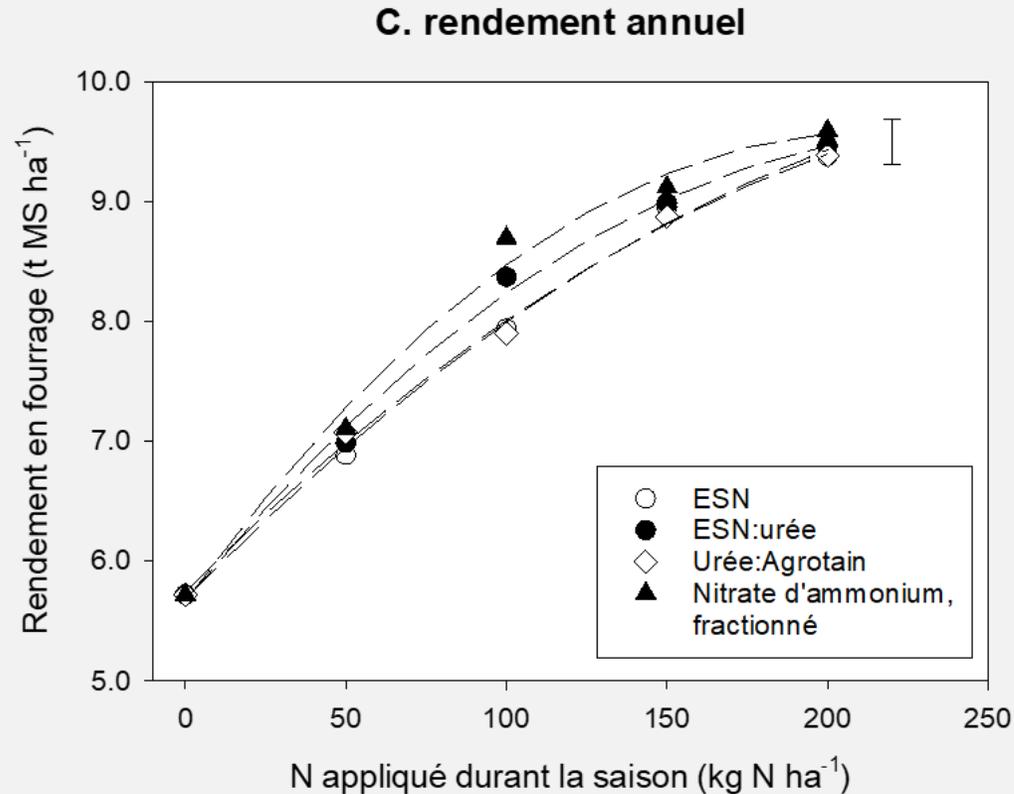
Mieux comprendre les engrais à libération lente

Rendement en fourrage sur le site argileux effet combiné des années



Mieux comprendre les engrais à libération lente

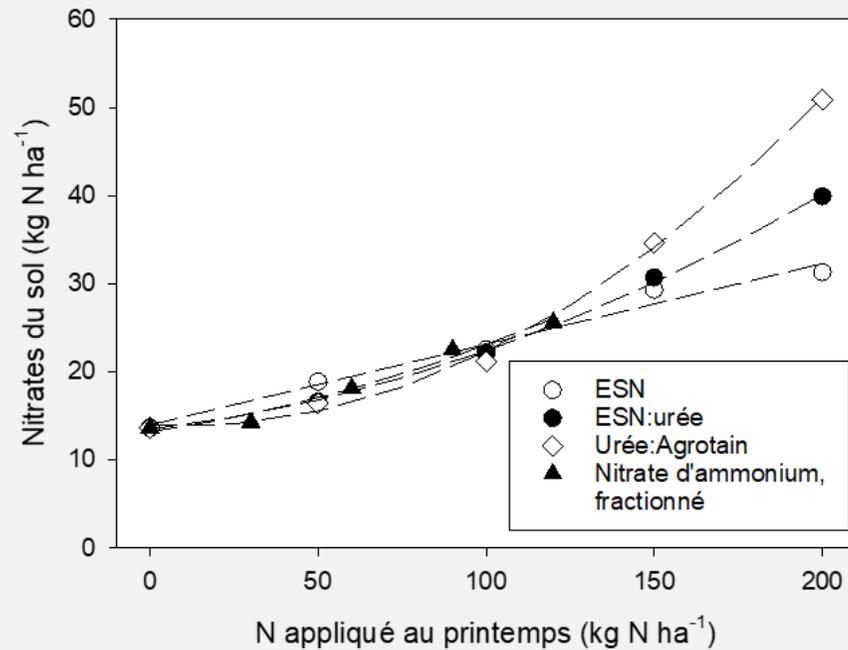
Rendement en fourrage sur le site argileux effet combiné des années



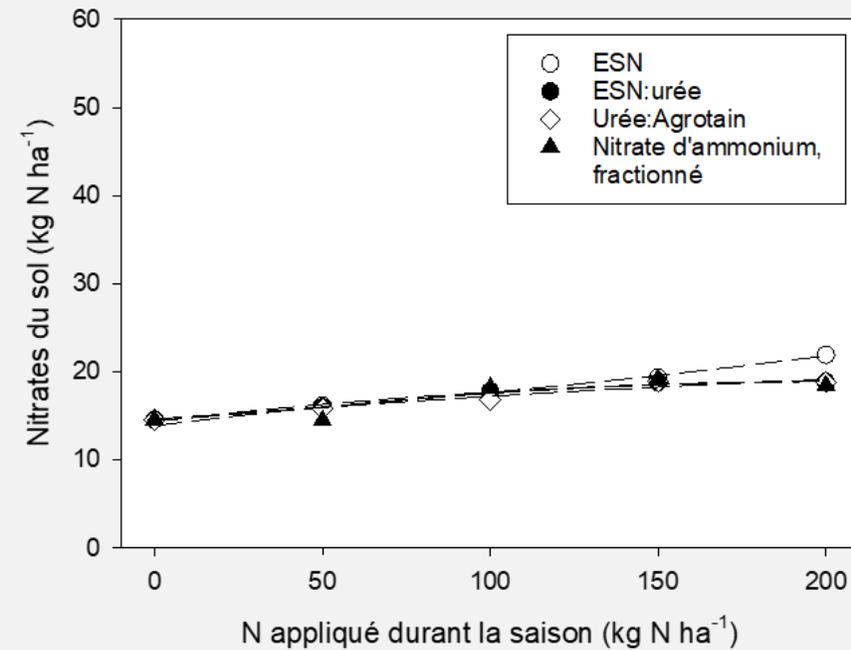
Mieux comprendre les engrais à libération lente

Teneur en nitrates du sol argileux (0-15 cm)

A. après la première coupe



B. à l'automne



Coût des technologies évaluées

- Coûts des engrais:
 - Nitrate d'ammonium calcique: \$2.98 kg⁻¹ N (805 t.m.⁻¹)
 - Urée: \$1.74 kg⁻¹ N (\$800 t.m.⁻¹)
 - ESN: \$2.57 kg⁻¹ N (\$1170 t.m.⁻¹)
 - Agrotain: \$0.30 kg⁻¹ N
- Coût pour l'épandage à la volée: \$5.00 ha⁻¹

Mieux comprendre les engrais à libération lente

Marge brute à l'hectare (\$) sur le site argileux

prix uniforme du foin à \$100 t.m.⁻¹ sec

Source de N	0 N	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	200 kg N ha ⁻¹
100% ESN	572	555	532	505	419
50% ESN + 50% urée	572	586	617	570	510
Urée + Agrotain	572	600	581	576	525
CAN (60%:40%)	572	551	562	455	353

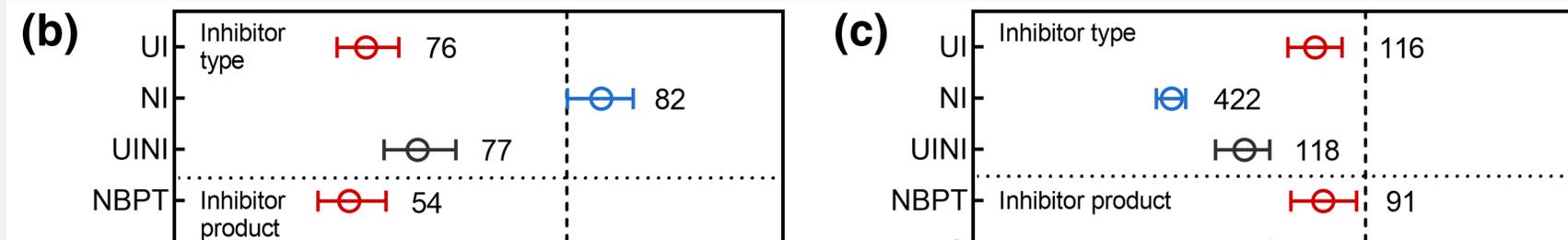
prix du foin à \$150 t.m.⁻¹ (100 kg N ha⁻¹ et +)

Source de N	0 N	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	200 kg N ha ⁻¹
100% ESN	572	555	929	952	888
50% ESN + 50% urée	572	586	1035	1020	983
Urée + Agrotain	572	600	976	1020	995
CAN (60%:40%)	572	551	997	911	832

*n'inclut pas les frais fixes d'opération

Mieux comprendre les engrais à libération lente

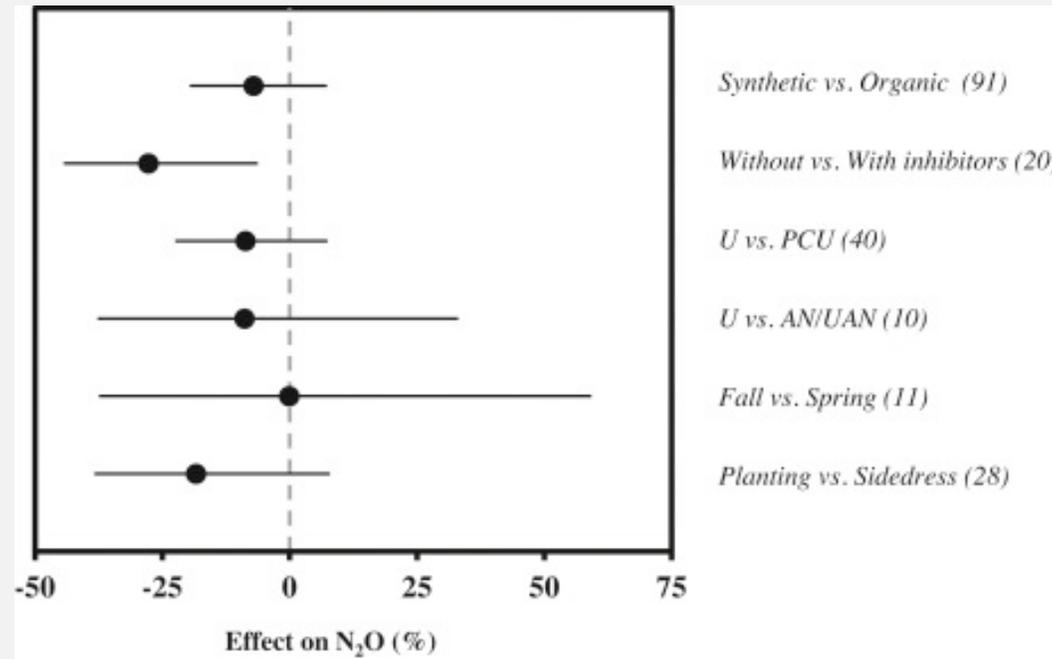
Émissions de $\text{NH}_3/\text{N}_2\text{O}$ pour les inhibiteurs d'azote



- Réduction de 51% pour inhibiteur d'uréase et 38% pour double inhibiteur et augmentation de 9% pour inhibiteur de nitrification pour la volatilisation de NH_3
- Réduction de 13% pour inhibiteur d'uréase, 49% pour inhibiteur de nitrification et 31% pour double inhibiteur pour l'émission de N_2O

Mieux comprendre les engrais à libération lente

Émissions de N₂O en fonction des pratiques culturales



Seul le double inhibiteur permet de réduire de 28% (6.5 – 44%) l'émission de N₂O
(Étude par méta-analyse, essais nord-américains)

Mieux comprendre les engrais à libération lente

Émissions de NH_3 des engrais azotés en fonction du système cultural (% N apporté)

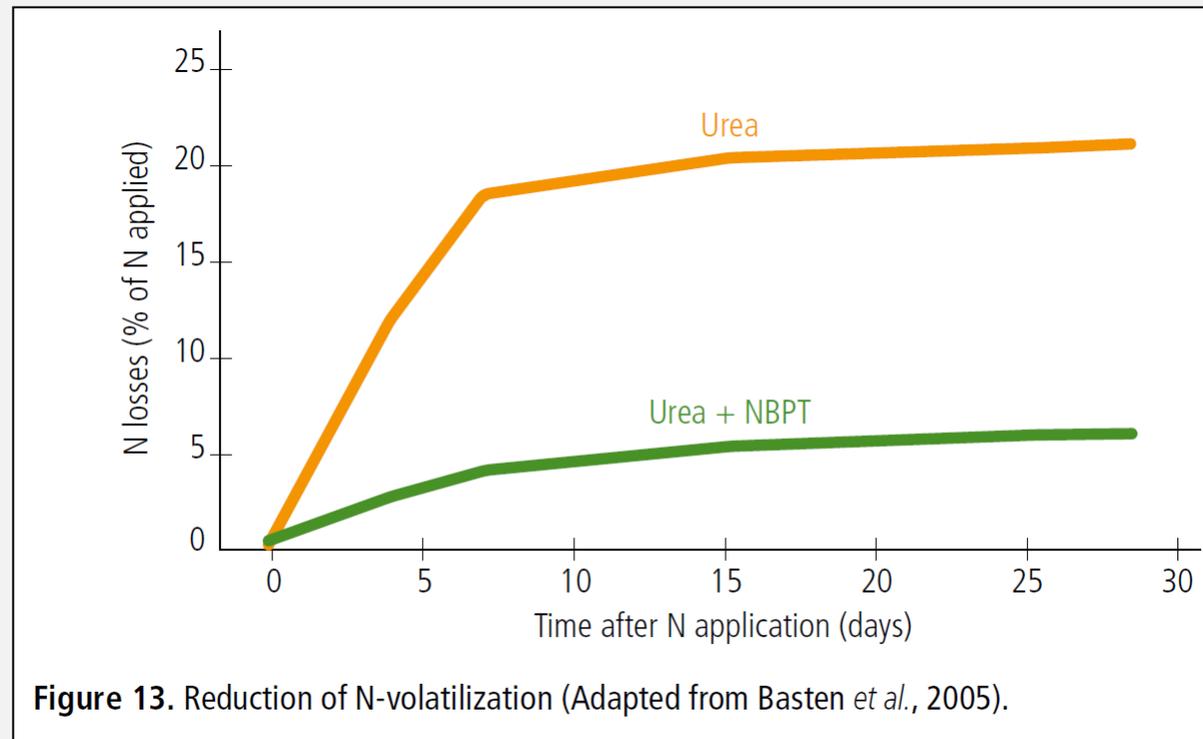
Type d'engrais	Grandes cultures	Prairie
Nitrate d'ammonium	0.6	1.6
Solution urée-nitrate d'ammonium	6	12
Urée	11.5	23

*tirées de données européennes.

Wesolowska et coll. 2021. Int. Agrophys. 35: 11-24.

Mieux comprendre les engrais à libération lente

Perte par NH_3 à la suite de l'ajout d'un inhibiteur d'uréase



Conclusions

Aspects positifs:

- Bénéfices marqués des engrais azotés améliorés par rapport à l'application uniquement d'urée
- Bénéfices marqués lors des saisons normales à pluvieuses (engrais à libération lente protégée)
- Rentabilité démontrée malgré le coût plus élevé des produits
- Plus grande flexibilité d'application
 - Peut se substituer aux applications en post-levée
 - Réduction des coûts (un seul passage)
 - Facilité d'application au champ
 - Évite les périodes d'humidité excessive
- Taux plus élevé de récupération du N apporté
- Diminution des émissions de gaz à effet de serre (marquée avec les inhibiteurs de minéralisation d'azote)

Conclusions

Aspects négatifs:

- Pour l'ESN, adapter la stratégie d'application en fonction de la culture:
 - disponibilité du N décalée dans le temps
 - présence de nitrates résiduels dans le sol à l'automne
 - peu d'effet sur le rendement dans les années sèches
 - effet mitigé sur la réduction des gaz à effet de serre
 - utiliser en mélange avec de l'urée
 - source immédiate de N pour la culture
 - diminution des coûts de fertilisation
- Pour les inhibiteurs de minéralisation:
 - fonction des conditions de croissance
 - présence de teneurs élevées de nitrates dans le sol
 - à utiliser de préférence avec l'urée (mélange économique)

Mieux comprendre les engrais à libération lente

Merci !

Pour de l'information, veuillez contacter :
bernard.gagnon@agr.gc.ca