



Gestion de l'azote pour les céréales : Recommandations générales



Fiche technique produite par l'équipe de prise en charge du programme d'atténuation des gaz à effet de serre (GES)

Pourquoi une bonne gestion de l'azote?

Une gestion rationnelle de l'azote dans les cultures céréalières fait du sens économiquement. Une fertilisation azotée optimale est essentielle pour assurer un bon rendement et une bonne qualité des céréales pour obtenir une rentabilité maximale. Une fertilisation excessive augmente le risque de verse et diminue le revenu net.

Une gestion rationnelle de l'azote est aussi louable au plan environnemental. Une fertilisation azotée excessive augmente les pertes d'azote dans l'environnement, notamment par le lessivage des nitrates dans l'eau souterraine et par les émissions d'oxyde nitreux, un gaz à effet de serre.

Gestion optimale de l'azote pour les céréales

La gestion optimale de l'azote pour les céréales vise à faire correspondre l'apport en azote avec la demande en azote de la culture. La quantité d'azote nécessaire pour une culture est fonction du niveau de croissance des plants; plus la croissance est importante, plus la demande en azote sera élevée. La croissance de la culture est fonction des pratiques de gestion telles que le choix de la céréale cultivée, le choix de la variété, la date de semis ainsi que des conditions du sol et de la météo.

L'apport en azote sur une culture de céréale se fait à partir de l'engrais, mais aussi du fumier et de la minéralisation. La minéralisation est la libération d'azote assimilable par la plante à partir de la matière organique du sol et des résidus de culture (débris végétaux) grâce à l'activité microbienne du sol. Le taux optimal d'engrais azoté varie d'un champ à l'autre et d'année en année à cause de la variation à la fois de la demande en azote par cette culture et de l'approvisionnement en azote par le sol.

Recommandations générales d'azote pour les céréales

Cette fiche technique fournit des recommandations générales d'engrais azoté pour la production des céréales. Ces recommandations exigent une analyse du sol pour vérifier sa

teneur en matière organique ainsi qu'une analyse du fumier ou du compost. Si aucune analyse de fumier ou de compost n'est disponible, des valeurs standard pour différents types de fumier ou de compost peuvent être utilisées.

Dans certains cas, une analyse de l'azote minéral du sol (NMS) permet d'améliorer la recommandation générale de l'engrais azoté pour les cultures céréalières.

Quel taux d'engrais azoté à appliquer?

La recommandation générale du taux d'engrais azoté (F_N) en kg N / ha est estimée selon la formule :

$$F_N = B - M_{AMM} - M_{ORG} - C - S$$

où B représente les besoins en azote de la culture selon la céréale cultivée, M_{AMM} est la quantité d'azote disponible à partir de l'ammonium du fumier ou du compost, M_{ORG} est la quantité d'azote disponible à partir de l'azote organique du fumier ou du compost, C est la quantité d'azote issue de la culture précédente et S est la quantité d'azote issue de la minéralisation de la matière organique du sol.

La présente fiche technique offre une série de six étapes de calcul de la recommandation d'engrais azoté en se servant du formulaire de calcul de la recommandation générale d'engrais azoté (page 1 de l'encart). Pour commencer, complétez le Tableau 3 pour connaître les données qu'il vous faut à partir de votre analyse de fumier ou de compost. La feuille de travail tient compte du fumier appliqué au printemps avant le semis et du fumier appliqué à l'automne précédent. Veuillez compléter les étapes 2 et 3 pour chaque épandage de fumier ou de compost.

Étape 1 : Calculez les besoins en azote de la culture (B)

Choisir la valeur de base pour calculer les besoins en azote de la culture. Le tableau 1 présente les valeurs de base générales qui permettraient d'obtenir un revenu net maximal dans le contexte du Nouveau-Brunswick. Il s'agit de valeurs moyennes pour le rendement de la céréale, l'assimilation d'azote, la valeur de la culture et le coût des engrais.

Vous pouvez aussi calculer une valeur de base pour votre propre culture en consultant le tableau 2. Ce calcul permet d'évaluer l'assimilation d'azote par la culture à partir du rendement et de la concentration d'azote présente dans le grain et la paille. Le calcul indique aussi la quantité d'azote provenant du sol. Une valeur moyenne pour la quantité d'azote du sol après la production d'une culture non légumineuse est de 70 kg N/ha. Le calcul présume qu'en moyenne, la culture céréalière prélève jusqu'à 65% de l'engrais azoté appliqué.

Prenez note que la valeur de base est choisie en vue de maximiser le revenu net, et non pour maximiser le rendement de la céréale. Ainsi, on obtient généralement le revenu net maximal pour l'orge de provende, quand le rendement atteint est de 90 à 95% du rendement maximum, ceci en utilisant 40% moins



Tableau 1. Valeurs de base générales pour maximiser le rendement net des cultures céréalières au Nouveau-Brunswick.

Culture	Valeur de base en kg N/ha (lb N/ac)
Orge de provende de printemps	70 (60)
Orge de brasserie de printemps	50 (45)
Blé de provende de printemps	80 (70)
Blé de minoterie de printemps	135 (120)
Avoine	50 (45)
Céréales de printemps sous-ensemencées	50 (45)
Blé de provende d'hiver	90 (80)*
Blé de minoterie d'hiver	135 (120)*
Seigle d'hiver	50 (45)*

* Sans inclure l'engrais azoté appliqué à l'automne avant le semis. On applique 20 kg N/ha au semis à l'automne à la suite de cultures qui ont normalement un faible taux de nitrate résiduel dans le sol (p.ex. le canola), et aucun engrais azoté n'est appliqué à la suite de cultures qui ont normalement un taux moyen à élevé de nitrate résiduel dans le sol (p.ex. les pommes de terre).

d'engrais azoté qu'il serait nécessaire pour atteindre le rendement maximal.

Une plus courte période de croissance correspond à un besoin réduit d'azote pour la culture. Diminuer la valeur de base pour les céréales de printemps semées tardivement.

Étape 2 : Azote issue de l'ammonium du fumier (M_{AMM})

Le fumier et le compost contiennent de l'azote sous forme d'ammonium (NH_4) et sous forme organique. Le compost peut renfermer de l'azote sous forme de nitrate (NO_3), mais aucun crédit ne lui est accordé.

L'azote sous forme d'ammonium est facilement assimilable par la culture céréalière. La quantité d'azote sous forme d'ammonium dans le fumier varie selon l'espèce animale, l'alimentation et les conditions d'entreposage du fumier ; donc, une analyse du fumier est recommandée. La perte d'azote par volatilisation sous forme d'ammoniac peut survenir très rapidement après l'épandage du fumier au champ. La perte d'ammoniac se produit le plus rapidement quand le fumier est épandu sous des conditions sèches et chaudes et qu'il n'est pas incorporé. Les pertes en azote ammoniacal sont réduites lorsque l'épandage est suivi de pluies ou de conditions

Tableau 3. Calcul des résultats d'analyses du fumier ou du compost

Entrer les résultats d'analyse du fumier ou du compost frais (non séché au labo) :

NH₄-N (ppm) = _____ (101)

Azote (%) = _____ (102)

Carbone (%) = _____ (103)

Faites les calculs suivants:

Azote organique N (ppm) =

[(ligne 102) x 10,000] - (ligne 101) = _____ (104)

Rapport C : N = (ligne 103) ÷ (ligne 102) = _____ (105)

Tableau 2. Calcul pour déterminer la valeur de base concernant l'assimilation d'azote par la culture

Inscrire des valeurs pour déterminer la valeur de base à la place des valeurs générales du tableau 1 (**exemple pour l'orge de printemps en supposant une quantité d'azote du sol de 70 kg N/ha**) :

Rendement de la céréale (tonnes/ha) = _____ (101) **_3,5_ (101)**

Concentration d'azote dans la céréale (%) = _____ (102) **_1,6_ (102)**

Rendement de la paille (tonnes/ha) = _____ (103) **_6,0_ (103)**

Concentration d'azote dans la paille (%) = _____ (104) **_1,0_ (104)**

Faire le calcul suivant :

Assimilation d'azote par la culture = 10 x [(ligne 101) x (ligne 102)

+ (ligne 103) x (ligne 104)] = _____ (105) **_116_ (105)**

Valeur de base = [(ligne 105) - (quantité d'azote

dans le sol)] / 0,65 = _____ (106) **_71_ (106)**

atmosphériques fraîches et humides. La disponibilité de l'ammonium dans le fumier ou dans le compost est estimée à partir du Tableau 4 et est basée sur la méthode d'épandage et le délai avant incorporation. Ces valeurs sont des moyennes et sont variables selon les conditions climatiques.

Étape 3 - Azote issue de l'azote organique du fumier (M_{ORG})

L'azote organique du fumier ou du compost n'est pas directement disponible à une culture de céréale. Une partie de l'azote organique est convertie en des formes d'azote assimilables par la plante grâce à la minéralisation. La quantité d'azote organique qui devient assimilable par la plante dépend du type d'animal ainsi que de la quantité et du type de litière. La disponibilité de l'azote organique dans le fumier ou dans le compost est estimé à partir du Tableau 5 et est basée sur la période d'épandage et sur le rapport carbone : azote (C : N) du fumier ou du compost.

Étape 4 - Azote fournie par la culture précédente (C)

La culture de la saison précédente peut affecter la disponibilité de l'azote à la culture de céréale de la saison courante. Les légumineuses ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique grâce à leur système racinaire. L'azote assimilable par une céréale est relâché dans le sol par décomposition des résidus de culture. La quantité d'azote libérée dépend de la proportion et des espèces de légumineuses en présence ainsi que la maturité lors du labour. Aucun crédit n'est accordé pour les cultures non légumineuses comme les pommes de terre, le maïs et les cultures céréalières. L'incorporation du raygrass annuel peut réduire le relâchement dans le sol de l'azote assimilable.

Étape 5 - Azote fournie par la matière organique du sol (S)

La contribution en azote de la matière organique peut être substantielle. Elle dépendra des conditions du sol et du climat, des apports antérieurs de fumier ou de compost ainsi que des rotations culturales précédentes. À l'heure actuelle, la quantité de minéralisation d'azote du sol durant la saison de croissance ne peut toujours pas être estimée avec précision. Les sols ayant une teneur élevée en matière organique ont généralement une minéralisation plus élevée que ceux ayant une faible teneur en matière organique.

Tableau 4. Coefficients de disponibilité de l'azote ammoniacal du fumier ou du compost

Méthode épandage	Fumier liquide /semi-solide		Fumier solide ou compost	
	Printemps / Été	Automne	Printemps / Été	Automne
Injecté	1,00	0,80	1,00	0,90
Incorporé 1 jour	0,75	0,60	0,85	0,77
Incorporé 2 jours	0,70	0,56	0,75	0,68
Incorporé 3 jours	0,65	0,52	0,65	0,59
Incorporé 4 jours	0,60	0,48	0,60	0,54
Incorporé 5 jours	0,55	0,44	0,55	0,50
Pas incorporé - sols nu	0,34	0,27	0,50	0,45
Pas incorporé - sols labouré	0,70	0,56	0,70	0,63
Pas incorporé - résidus de culture	0,50	0,40	0,70	0,63
Pas incorporé - cultures sur pied	0,70	0,56	0,60	0,54
Pas incorporé - tard en automne	---	0,60	---	0,68

Étape 6 - Calcul de la recommandation générale de fertilisation azotée (F_N)

La recommandation de fertilisation azotée est exprimée en kg N/ha; elle correspond à la quantité totale d'engrais azoté exigée par la culture céréalière, sans toutefois inclure l'engrais azoté qui est appliqué lors du semis automnal pour les céréales d'hiver. Dans certains champs, on peut bonifier cette fertilisation azotée recommandée en réalisant une analyse de l'azote minéral dans le sol.

En quoi consiste l'analyse de l'azote minéral du sol?

L'analyse de l'azote minéral du sol (NMS) permet de faire des recommandations plus précises de la fertilisation azotée, en accordant un crédit pour la quantité réelle d'azote assimilable par la plante qui est déjà dans le sol au début de la saison de croissance. Les recommandations sur la fertilisation azotée peuvent être réduites quand le crédit pour l'azote assimilable indiqué par l'analyse de l'NMS est supérieur au crédit estimatif d'azote accordé pour la culture précédente en plus du fumier, en utilisant la feuille de calcul générale sur la fertilisation azotée.

Voici la formule à utiliser pour estimer la fertilisation recommandée par l'azote minérale dans le sol (F_{NMS}):

$$F_{NMS} = B - NMS_{AMM} - NMS_{NIT} - S$$

où B représente les besoins en azote de la culture selon la céréale cultivée, NMS_{AMM} est la teneur d'ammonium dans le sol, NMS_{NIT} est la valeur des nitrates dans le sol, tandis que S est la valeur de la teneur en matières organiques dans le sol.

Quand dois-je recourir à l'analyse NMS?

L'analyse NMS accorde un crédit pour la rémanence de l'azote assimilable par la plante qui découle de la précédente saison de croissance. Par conséquent, cette analyse est plus efficace quand elle s'applique à une situation où la rémanence est probable.

La rémanence est plus probable quand la culture produite l'année précédente devait normalement produire une quantité moyenne à élevée de nitrate résiduel dans le sol (comme le maïs ou la pomme de terre); elle peut aussi se manifester quand la culture de l'année précédente était une légumineuse (comme le trèfle rouge ou la luzerne). On pourrait par ailleurs observer une

rémanence quand le fumier est utilisé dans la rotation culturale et que les précipitations à l'automne ou au printemps sont inférieures à la moyenne.

La rémanence sera probablement réduite quand la culture de l'année précédente devait normalement produire une faible quantité de nitrate résiduel dans le sol (comme une culture céréalière ou le canola) ou quand les précipitations à l'automne ou au printemps étaient supérieures à la moyenne. Dans ce cas, la rémanence serait probablement minime, et le recours à l'analyse de l'azote minéral du sol n'est pas recommandé.

Comment faudrait-il réaliser l'analyse NMS?

- ◆ Confirmez d'abord s'il y a lieu de réaliser une analyse NMS dans votre champ, comme il est expliqué ci-dessus.
- ◆ Prélevez des échantillons de sol jusqu'à une profondeur de 30 cm (1 pi) au début du printemps et avant tout épandage d'engrais. Le prélèvement d'échantillons de sol peut survenir dès qu'il est possible de marcher dans le champ.
- ◆ Prélevez plus de dix carottes de sol par champ de 5 hectares, de manière à obtenir des échantillons représentatifs du sol.
- ◆ Conservez les échantillons au frais jusqu'à leur livraison au laboratoire; une glacière de pique-nique convient parfaitement. Vous pouvez également congeler les échantillons. Si vous entreposez les échantillons dans un

Tableau 5. Coefficients de disponibilité de l'azote organique du fumier ou du compost

Type de fumier	Épandu au printemps	Épandu à l'automne
Volaille :	0,30	0,30
Autres animaux ou compost :		
C : N < 15	0,20	0,30
C : N 15 à 25 (riche en litière)	0,10	0,10
C : N > 25 (très riche en litière)	-0,20	0,10

endroit chaud, la concentration de nitrates augmentera et produira une recommandation de fertilisation azotée qui sera plus faible que celle voulue.

- ♦ Faites analyser les concentrations de nitrates et d'ammonium de l'azote, exprimées en ppm.

À partir des résultats de l'analyse NMS, comment calculer la recommandation de fertilisation azotée?

Le calcul de la recommandation de fertilisation azotée se fait à l'aide de la feuille de calcul de l'analyse NMS, qui se trouve à la page 2 du dépliant. Il comprend les étapes suivantes.

Étape 7 - Utiliser le besoin en N établi à l'étape 1.

Étape 8 - Créditez l'apport d'ammonium obtenu par l'analyse NMS

Cet apport concerne l'ammonium présent dans le sol au début de la saison de croissance. Il n'y a aucun apport si la concentration d'ammonium dans le sol est de 9 ppm ou moins. Il y a apport si 65% de l'ammonium présent dans le sol a une concentration supérieure à 9 ppm.

Étape 9 - Apport en nitrates obtenu par l'analyse NMS

Cet apport concerne les nitrates contenus dans le sol au début de la saison de croissance. Il n'y a aucun apport si la concentration de nitrates dans le sol est égale ou inférieure à 4 ppm. Il y a apport de 100% de l'ammonium présent dans le sol à une concentration supérieure à 4 ppm.

Étape 10 - Créditez l'apport en matières organiques dans le sol (S) établi à l'étape 5.

Étape 11 - Calcul de la recommandation de fertilisation azotée à l'aide de l'analyse NMS.

La recommandation de fertilisation azotée est exprimée en kg N/ha.

Étape 12 - Comparaison de la recommandation générale de fertilisation azotée et de la recommandation en azote obtenue par l'analyse NMS.

Comparez la recommandation générale de fertilisation azotée et la recommandation de fertilisation azotée obtenue à l'aide de l'analyse NMS; il faut retenir la plus faible des deux.

Quand appliquer l'engrais azoté?

En général, l'application d'engrais azoté avant ou au semis

augmente surtout le rendement de la céréale, et l'application d'engrais azoté après le tallage augmente le taux protéique du grain. Un retard dans l'application d'engrais peut diminuer le potentiel de rendement certaines années.

Dans le cas des céréales de provendes, appliquer tout l'engrais azoté avant ou au semis pour les céréales de printemps ou au début du printemps pour les céréales d'hiver.

Dans le cas du blé de minoterie (panifiable), appliquer 75% de l'engrais azoté au semis pour le blé de printemps ou au début du printemps pour le blé d'hiver, et appliquer le reste de l'engrais azoté (25%) après le tallage (stade de croissance 30 de Zadok) et avant que la dernière feuille soit complètement sortie (stade de croissance 37 de Zadok).

Dans le cas des céréales d'hiver, appliquer une quantité additionnelle de 20 kg N/ha au semis à l'automne quand les cultures précédentes ont normalement laissé une faible quantité de nitrate résiduel dans le sol (comme le canola). Aucun engrais azoté additionnel à l'automne n'est requis quand on ensemence une céréale d'hiver après une culture qui a laissé une concentration moyenne à élevée de nitrate résiduel dans le sol, après une culture de pommes de terre par exemple.

Bonnes pratiques agronomiques pour les céréales

De bonnes pratiques agronomiques comptent beaucoup dans la bonne gestion de l'azote. On vous recommande de procéder régulièrement à l'analyse du sol pour connaître les taux de phosphore et de potassium. Pour les cultures céréalières, le pH du sol optimal se situe entre 6 et 6,5. Il importe d'avoir des pratiques qui maintiennent et augmentent la teneur du sol en matière organique afin d'assurer les meilleures propriétés physiques du sol. Toute lacune dans ces propriétés, comme une faible capacité de rétention en eau du sol, peut réduire les possibilités de rendement de la culture.

Personnes à contacter :

Pour obtenir d'autres précisions sur ces recommandations générales de fertilisation azotée ou sur l'analyse NMS, communiquez avec l'agent de développement des productions végétales (1-888-NBAGRIC ou 1-888-622-4742), ou le spécialiste de la gestion des éléments nutritifs (1-506-453-2109), au ministère de l'Agriculture et de l'Aquaculture du Nouveau-Brunswick, ou communiquer avec un autre agronome, conseiller en cultures végétales ou coordonnateur du club agroenvironnemental.

Bernie Zearth (Agriculture et Agroalimentaire Canada) et Charles Karemangingo, Peter Scott, Daniel Savoie et Walter Brown (ministère de l'Agriculture et de l'Aquaculture du Nouveau-Brunswick) ont préparé cette fiche d'information en septembre 2007 (imprimée en 2009).

Greenhouse Gas Mitigation Program for Canadian Agriculture Programme d'atténuation des gaz à effet de serre pour l'agriculture canadienne



Dairy Farmers
of Canada



Les Producteurs laitiers
du Canada



The Soil Conservation
Council of Canada



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada