

TEST DE NITRATE SUR SOL HUMIDE DANS LA CULTURE DU MAÏS GRAIN (NITRATE QUICK TEST)

GUIDE D'ACCOMPAGNEMENT

Test de nitrate sur sol humide dans la culture du maïs-grain

Guide d'accompagnement

Avril 2026

Auteurs

Radka Voyvodova-Valeva, agronome, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ)

Sarah Brousseau-Trudel, agronome, MAPAQ

Révision scientifique

Gérald Villeneuve, agronome, AGEO-CLUB



Révision des contenus techniques

Jolyane Breton, MAPAQ

Ce projet est une initiative de la Table sectorielle en grandes cultures du MAPAQ.

Dépôt légal – 2026

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN 978-2-555-03348-1 (version électronique)

© Gouvernement du Québec

La reproduction totale ou partielle du présent document est autorisée à la condition que la source soit mentionnée.

Table des matières

| | |
|---|----|
| Table des matières | 2 |
| Mise en contexte | 3 |
| Méthodes et matériel nécessaire..... | 4 |
| Préparation du matériel en présaison ou avant d'aller au champ..... | 4 |
| Vérifier et calibrer le matériel de mesure | 4 |
| Solution d'extraction des nitrates | 4 |
| Matériel nécessaire pour les solutions d'extraction | 5 |
| Comment préparer la solution d'extraction..... | 5 |
| Préparation du matériel pour aller au champ..... | 6 |
| Matériel requis pour échantillonner le sol d'un champ | 6 |
| Planification et échantillonnage au champ | 7 |
| Patron et technique d'échantillonnage..... | 9 |
| Conservation des échantillons..... | 10 |
| La mesure des teneurs en nitrate sur l'échantillon de sol | 11 |
| Matériel nécessaire | 11 |
| Homogénéisation de l'échantillon..... | 12 |
| Test de nitrate sur le sol homogénéisé | 12 |
| Le calcul de la teneur en azote-nitrique (N-NO ₃) de l'échantillon de sol | 14 |
| Interprétation des résultats | 16 |
| Seuil d'intervention pour la période de post-levée du maïs-grain..... | 16 |
| Facteurs à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats | 16 |
| Le type d'engrais de ferme et le précédent cultural | 17 |
| Les conditions météorologiques | 17 |
| La texture et la structure du sol, le travail du sol et la présence de résidus de culture | 17 |
| Type d'engrais et technologies..... | 18 |
| Annexe 1 : Fichier de saisie de données pour test de sol humide | 19 |
| Références..... | 20 |

Mise en contexte

Le maïs exige une fertilisation azotée adéquate pour donner de bons rendements. De nombreux coefficients servent à estimer la contribution de l'azote issu des cultures précédentes et des engrais de ferme. Cependant, ces estimations présentent une marge d'erreur importante. Cette fluctuation peut être liée aux variations climatiques d'une saison à l'autre, aux types d'engrais minéraux utilisés, à la synchronisation des apports avec les besoins des cultures, aux méthodes culturales et aux spécificités régionales. Les tests de nitrate servent à documenter et à ajuster les apports d'azote dans les cultures qui en exigent beaucoup telles que le maïs ou les céréales à paille. Cela permet non seulement de réduire l'empreinte environnementale de l'agriculture, mais aussi de préserver et d'augmenter la rentabilité des exploitations agricoles.

Le maïs prélève l'azote principalement sous forme de nitrate. Le test de nitrate du sol peut être réalisé en préapplication du fractionnement en post-levée d'engrais azoté qui est connu sous l'acronyme anglo-saxon PSNT : *Pre-sidedress nitrate-N test*. Il s'agit du test le plus utilisé pour la culture du maïs. Toutefois, il n'est pas le seul élément à prendre en considération pour déterminer la quantité d'azote nécessaire pour les cultures. En effet, de nombreux facteurs comme la nature et la santé du sol, les cultures en rotation et les conditions météorologiques influent sur la vitesse de minéralisation de l'azote dans le sol.

Ce test, développé au Vermont, a été mis de l'avant au Québec en raison des conditions climatiques similaires des deux régions. Le recours à une analyse semi-quantitative des nitrates du sol pour ce test est également présenté dans le *Guide de référence en fertilisation, 2^e édition* du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ).

Le test de mesure semi-quantitative de nitrate sur sol humide aussi nommé *Nitrate Quick Test* est adapté pour les sols minéraux. Toutefois, il n'est pas adapté pour les sols organiques. Cette approche combine des éléments d'analyse qualitative et quantitative.

Méthodes et matériel nécessaire

Préparation du matériel en présaison ou avant d'aller au champ

Vérifier et calibrer le matériel de mesure

Le test de nitrate réalisé à l'aide du réflectomètre Nitrachek, seul appareil adapté à la méthodologie applicable sur le terrain, repose sur l'intensité de la coloration rouge des bandelettes qui réagissent selon la concentration en nitrate. La mesure est semi-quantitative. Pour obtenir des résultats fiables, il faut vérifier la calibration des bandelettes¹ en fonction de l'appareil Nitrachek utilisé².

Matériel nécessaire à la calibration

- Appareil Nitrachek 404
- Bandelettes de tests de nitrate compatibles (0-500 ppm NO₃)
- Solution étalon contenant des nitrates ou de l'azote nitrique
- Pipette et petit récipient
- Ruban à masquer et marqueur

Note


Référez-vous à l'aide-mémoire :
« Calibration de l'appareil Nitrachek et mesures d'échantillons ».

Solution d'extraction des nitrates

Les nitrates du sol peuvent s'extraire en utilisant de l'eau exempte de nitrate. Cependant, la meilleure méthode est d'utiliser une solution d'extraction qui contient un agent de floculation. Elle permet d'obtenir un liquide clair et transparent dans lequel les nitrates sont en solutions, séparés des particules de sol, ce qui facilite l'utilisation de bandelettes pour les tests.

Toutefois, pour les échantillons de sol argileux, ajouter du sel de chlorure à la solution d'extraction accélère le déplacement des nitrates. Bien que ce type de sel ne soit pas nécessaire pour les sols sableux, sa présence ne pose aucun problème. Il est donc possible d'utiliser un seul type de solution extractive pour ces deux types de sol.

D'autres types de sel de chlorure peuvent être utilisés³.

 La méthode Quick Test n'est pas adaptée aux sols organiques.

¹ Normalement, la calibration sera identique si les bandelettes utilisées sont issues du même lot. Il est toutefois recommandé de faire une calibration par contenant de bandelettes même s'il s'agit du même lot pour détecter les problèmes de fabrication. Le numéro de lot est indiqué sur le flacon de bandelettes, devant la date de péremption.

² Si vous avez plusieurs appareils, calibrez-les par lot de bandelettes.

³ Certains protocoles proposent l'utilisation de chlorure de calcium hexahydrate dans cette solution d'extraction où vous retrouverez du calcium au lieu de l'aluminium. La présence d'aluminium (+3) dans la solution d'extraction peut être plus efficace que le calcium (+2) pour favoriser la coagulation des particules d'argile.

Matériel nécessaire pour les solutions d'extraction

- Contenant d'au moins un litre pour entreposer la solution d'extraction
- Sachets de poudre d'extraction du commerce ou, si vous préparez vous-même votre poudre d'extraction :
 - Sulfate d'aluminium⁴
 - Gros sel ou chlorure de sodium⁵
 - Balance précise de 0,1 g
- Cylindre gradué d'un litre ou de 500 ml minimum
- Eau distillée ou exempte de nitrate⁶
- Bouteille de type comprimable (bouteille de rinçage ou flacon laveur) - facultatif

Comment préparer la solution d'extraction

Il existe deux méthodes pour préparer la solution d'extraction. Il est nécessaire de valider sa compatibilité avec les types de sols mesurés en fonction de la composition de la poudre d'extraction utilisée. Il est à noter que la recette de poudre d'extraction faite maison est compatible avec tous les types de sols minéraux.

| Solution d'extraction du commerce | Solution d'extraction maison |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Eau distillée ou exempte de nitrate• Poudre d'extraction commerciale, selon les indications du fabricant | <ul style="list-style-type: none">• 1 litre d'eau distillée ou exempte de nitrate <p>Avec une balance de précision, pesez :</p> <ul style="list-style-type: none">• 16,6 g de sulfate d'aluminium ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$)• 2,9 g de chlorure de sodium (NaCl) <p>Dissoudre complètement les poudres dans la solution en agitant avant son utilisation.</p> |

Conseil : Comme ces solutions se conservent à température ambiante, préparez-en plusieurs litres en prévision d'une période d'activité intense.

⁴ La plupart des pépinières et des quincailleries offrent du sulfate d'aluminium octa-déca hydrate de qualité suffisante. Il est vendu pour les plantes acidophiles telles que les hydrangées et les bleuets afin d'acidifier le sol.

⁵ Le gros sel de type marinade est adéquat. Évitez les sels de mer et le sel fin ou de table qui contiennent de l'iode.

⁶ L'eau distillée est une valeur sûre. L'eau en bouteille peut également être adéquate. Utilisez le réflectomètre Nitrachek pour vérifier la présence de nitrate (lecture LO). L'eau du robinet peut elle aussi être utilisée, mais elle ne doit pas contenir de chlore ou d'ozone résultant du traitement à l'usine de filtration. Les concentrations en nitrate dans l'eau potable peuvent varier en fonction de la saison, il est donc important de revalider le contenu en nitrate régulièrement si vous utilisez de l'eau du robinet ou embouteillée.

Préparation du matériel pour aller au champ

Matériel requis pour échantillonner le sol d'un champ

L'échantillonnage de sol pour les tests de nitrate doit être fait à une profondeur de 30 cm.

- Plan du champ
- Sonde pour échantillonner le sol de préférence munie d'une auge de 2 cm de diamètre par 30 cm de longueur ou une tarière avec un indicateur de profondeur
- Outils pour retirer la carotte de sol de la sonde (ex. : bâton ou tige de métal, couteau ou tournevis)
- Chaudière en plastique de 10 à 20 litres
- Sac de plastique refermable
- Marqueur pour identifier les échantillons
- Glacière et bloc réfrigérant pour les échantillons de sol si vous devez passer plusieurs heures aux champs

Nombre d'échantillons à prélever

Le nombre de sous-échantillons varie en fonction de la superficie. Vous pouvez vous référer à des protocoles d'échantillonnage de sol, disponibles sur le site du CRAAQ, qui se résument ainsi :

| Superficie du champ | Stratégie d'échantillonnage |
|--------------------------------|---|
| Moins de 10 hectares | 1 sous-échantillon (carotte) par hectare pour un minimum de 7 à 10 carottes par section de champ. |
| Entre 10 et 25 hectares | 10 sous-échantillons + 1 sous-échantillon par hectare supplémentaire. Vous pouvez aussi faire deux échantillons indépendants, par exemple, un échantillon pour la partie droite et un échantillon pour la partie gauche du champ. Le nombre de sous-échantillons par échantillon dépendra de la superficie de ces sous-sections de champs. |
| Supérieur à 25 hectares | 25 sous-échantillons + 1 sous-échantillon par 5 hectares supplémentaires. Vous pouvez également faire trois échantillons indépendants ou plus et déterminer le nombre de sous-échantillons selon la superficie de ces sous-sections de champ. |

Ajustez votre plan d'échantillonnage en fonction des différents facteurs de variations de la parcelle. Voici quelques informations importantes à savoir :

- Prélevez des échantillons dans l'ensemble du champ.
- Évitez les pourtours de champs, les zones de recroisement ou d'accumulation d'eau qui ne représentent pas l'ensemble de la superficie à échantillonner.
- Tenez compte des différentes zones d'une même parcelle et assurez-vous que la régie de la superficie échantillonnée soit identique. La culture de couverture, l'application de fumier, la fertilisation minérale ou la texture de sol impactent l'apport d'azote.

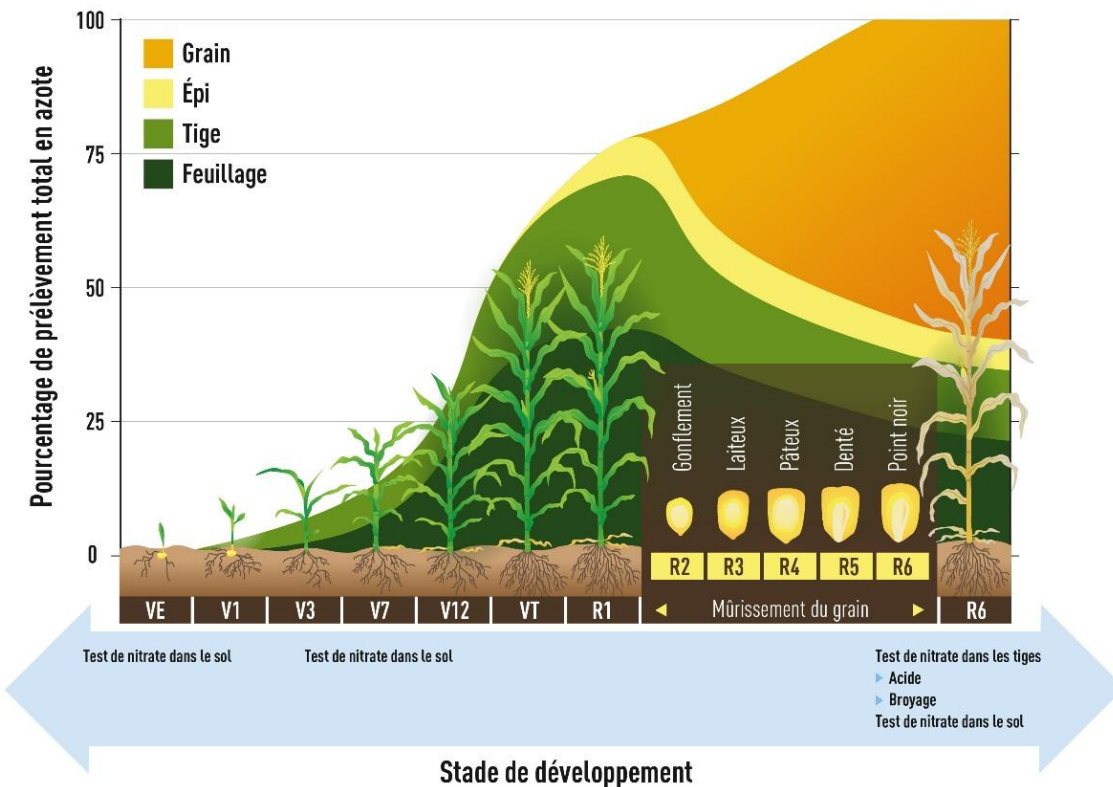
Prélever plus d'échantillons ou créer plus de zones d'échantillonnage par parcelle augmente la représentativité de l'échantillon pour l'analyse. Il importe donc de conserver une distribution uniforme du nombre de sous-échantillon et du patron d'échantillonnage sur le terrain.

Planification et échantillonnage au champ

Période d'échantillonnage

Pour le maïs-grain, les tests de sols peuvent se faire à plusieurs périodes en fonction des apports de fertilisant prévus ou réalisés. La figure 1 présente les périodes possibles en fonction du stade de développement du maïs.

Figure 1: Stade d'échantillonnage pour le test de nitrate dans le maïs



Graphique adapté d'images provenant de l'University of Illinois (courbe de prélèvement) et de l'Iowa State University Extension and Outreach (stade de développement)

Période d'échantillonnage de sol fréquente

En prévision des applications post-levée

Note : Ce test n'est pas adapté aux sols contenant plus de 30 % de matière organique. Veuillez ne pas prélever d'échantillons de sol si ce type de sol est présent dans les champs échantillonnés. Si vous êtes en présence de sols organiques, envoyez vos échantillons au laboratoire.

On mesure le nitrate le plus près possible de la période d'application des engrais minéraux, soit environ au stade cinq à six feuilles pour le maïs-grain selon la méthode du collet visible ou lorsque le maïs atteint de 15 à 30 cm de hauteur. Au Québec, cette période s'étale de la mi-juin à la fin juin. Prenez des échantillons quelques jours avant l'application d'engrais au stade du fractionnement en post-levée, cela vous permettra de valider ou d'adapter les recommandations pour les engrais azotés en post-levée selon les réels besoins de la plante.

Automne

Ce test peut être combiné avec un test de nitrate dans les tiges, qui doit également être réalisé à la maturité physiologique, soit deux à trois semaines environ après l'apparition du point noir ou le plus près possible avant la récolte. Le test de sol vous permet de faire un bilan de la saison et d'observer l'azote résiduel inutilisé à l'automne.

Autres périodes d'échantillonnages

Au-delà des échantillonnages réguliers, il est possible de réaliser des tests de sol pour mieux documenter certaines situations dans les champs :

- **Tard à l'automne précédant la saison de culture visée**, avant le gel du sol, lorsque des engrais organiques en post-récolte ont été appliqués et qu'on souhaite vérifier s'ils minéralisent trop tôt à l'automne.
- **Au printemps**, lorsque des engrais organiques en post-récolte ont été appliqués et qu'on veut vérifier quand ces derniers minéralisent pour la culture à venir. Ce test est en complémentarité au test de l'automne précédent. Il permet d'observer les pertes hivernales.
- **À intervalles réguliers en pleine saison**, par exemple à chaque semaine, si on veut déterminer quand les engrais organiques ou minéraux commenceront leur minéralisation dans la situation propre au champ étudié.

Choix des champs

Un test de nitrate sert, entre autres, à valider la contribution en azote organique d'un engrais de ferme ou d'un précédent cultural. On priorisera les champs qui ont reçu des engrais de ferme au printemps ou à l'automne précédent ou des champs dans lesquels les cultures antérieures ont pu générer de l'azote, comme des prairies ou des cultures de couverture.

Il est pertinent de les comparer avec un champ sous une régie similaire et qui n'a reçu aucun engrais ou que des fertilisants minéraux afin d'observer l'influence du traitement telle que la présence ou non de culture de couverture.

Patron et technique d'échantillonnage

Patron

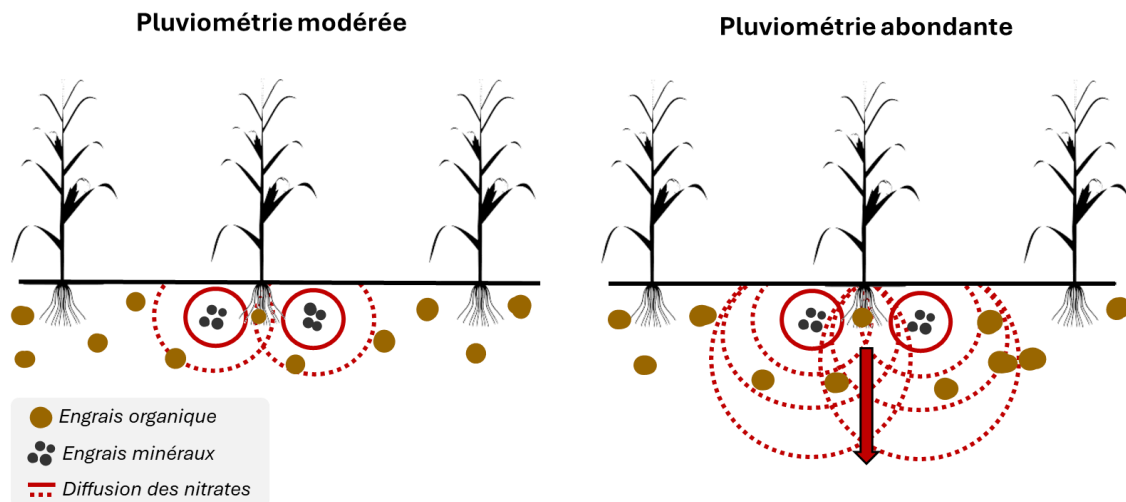
Utilisez un patron en zigzag ou en W. Évitez d'échantillonner dans les cuvettes, les dépressions ou les bouts de champs tout en couvrant au maximum la totalité du champ.

Emplacement

Échantillonner dans l'entre-rang peut influencer la mesure de la teneur en nitrate. Comme illustré dans la figure 2, s'il y a eu peu de précipitations après le semis, échantillonnez au centre de l'entre-rang de manière à éviter la bande d'engrais de démarrage. S'il y a abondance de pluie, celle-ci diffuse plus ou moins les nitrates dans l'entre-rang. Il est alors préférable d'échantillonner au hasard. La meilleure approche est de prendre les échantillons dans une portion de champ où seulement de l'engrais de démarrage a été appliqué. Il faut également garder en perspective ce qui a été appliqué comme apport de fertilisant azoté qui pourrait influencer les résultats de mesure.



Figure 2 : Représentation graphique de la diffusion du démarreur en fonction des précipitations aux champs



Adaptée de la formation de M. Gérald Villeneuve, agr., AGÉO-CLUB

Profondeur

La profondeur d'échantillonnage recommandée est de 30 cm, ce qui correspond à la zone où se situe environ 80 % du système racinaire du maïs, soit la portion où les nitrates sont principalement absorbés. Lorsque des contraintes physiques du sol ne permettent pas d'atteindre 30 cm, il est recommandé d'échantillonner jusqu'à la profondeur réelle d'exploration des racines et de noter cette valeur. La présence d'une semelle de labour est considérée comme une contrainte difficilement franchissable par les racines. Dans ce cas, la profondeur de la semelle de labour serait

une profondeur d'échantillonnage approprié. Les cailloux dans le sol ne sont pas considérés comme de la résistance pour le passage des racines.

La profondeur d'échantillonnage utilisée est prise en compte dans la conversion des concentrations en N-NO₃ (ppm) en quantité de N-NO₃ exprimées en kg/ha.

Cas des argiles : On observe souvent la formation d'un bouchon de sol compact dans l'auge de la sonde quand on pousse pour atteindre 30 cm de profondeur. Si vous sentez la formation d'un bouchon de compaction, videz l'auge et poursuivez par tranche de profondeur dans le même trou jusqu'à atteindre 30 cm de profondeur. De cette façon, votre carotte de sol sera représentative.

Résidus en surface : Évitez de ramasser des résidus de culture, des cailloux ou de la matière organique grossière avec votre échantillon. Une bonne pratique est de retirer une mince couche de sol avec votre botte ou une truelle pour retirer ces résidus de surface avant d'échantillonner.

Lors de l'échantillonnage, notez :

- La localisation des échantillons (ex. : nom du producteur, champ, subdivision du champ, etc.)
- La date
- Le stade de la culture
- La profondeur, si l'échantillonnage diffère du 30 cm recommandé
- D'autres observations telles que la présence de zone de résistance anormale avec votre sonde ainsi que la profondeur observée.

Une fois prélevés, placez les sous-échantillons (carottes de sol) dans des sacs identifiés et conservez-les dans une glacière avec bloc réfrigérant pour le transport.

Conservation des échantillons

Comme le processus de minéralisation de l'azote s'accélère quand la température augmente, conservez vos échantillons au frais au réfrigérateur. Le froid ralentit l'activité microbienne de l'échantillon responsable de la minéralisation et la dénitrification de l'azote.

Si vous ne prévoyez pas réaliser les tests de nitrate tout de suite, gardez les échantillons au réfrigérateur à 4 °C dans un sac en plastique fermé. Dans ces conditions, les échantillons se conservent quelques jours sans que la teneur en nitrate varie de manière significative. Idéalement, réalisez les tests la journée même de l'échantillonnage.

La mesure des teneurs en nitrate sur l'échantillon de sol

La méthode décrite ici est basée sur le test rapide sur sol humide Quick Test selon une méthode volumétrique développée à l'Université de Californie.

Matériel nécessaire

- Appareil Nitrachek 404 calibré
- Bandelettes de tests Nitrate MQuant 10020 calibrées
- Solution d'extraction
- Gants de nitrile sans poudre
- Papier absorbant
- Pots de plastique gradués de 125 ml (ex. : pots médicaux pour échantillons d'urine)
- Ruban à masquer
- Marqueur pour identifier les échantillons
- Bac de plastique
- Cuillère de métal ou spatule rigide
- Feuille de saisie de données (voir Annexe 1) ou le fichier Excel Outils de calculs du sol



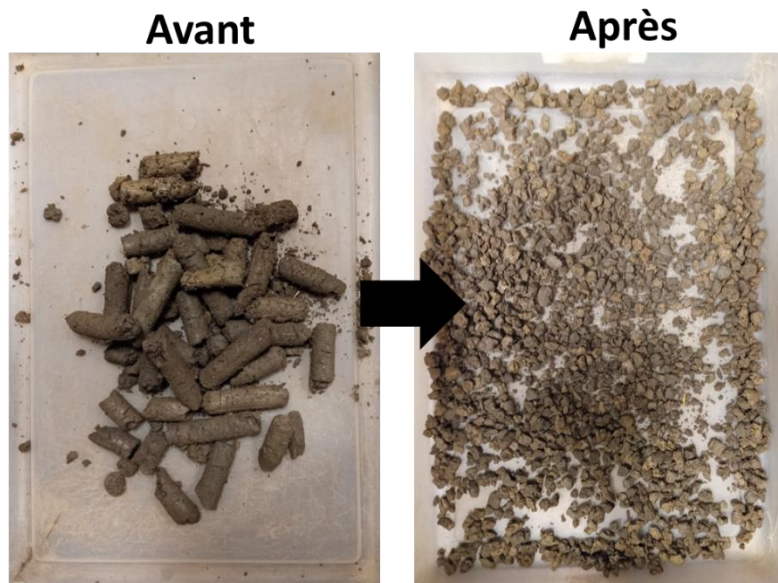
Crédit : MAPAQ

Homogénéisation de l'échantillon

Homogénéiser les échantillons est une étape très importante⁷. Elle réduit le coefficient de variabilité de 25 % à 5 %. Portez une attention particulière au sol argileux pour cette étape. Pour homogénéiser votre échantillon :

1. Portez des gants de nitrile pour manipuler le sol.
2. Versez le contenu de votre sac dans un bac en plastique d'environ 60 cm par 40 cm pour défaire les mottes et étaler le contenu.
3. Brisez les carottes de sol pour éliminer le plus de mottes possibles en les répartissant dans le fond du bac. Enlevez les cailloux et les résidus grossiers. Pour les argiles, émiettez à la main les carottes de sol pour obtenir des mottes d'au plus 10 mm de diamètre.

Figure 3 : Exemple de l'homogénéisation d'un échantillon de sol argileux



Crédit : Gérald Villeneuve, agr., AgeoClub

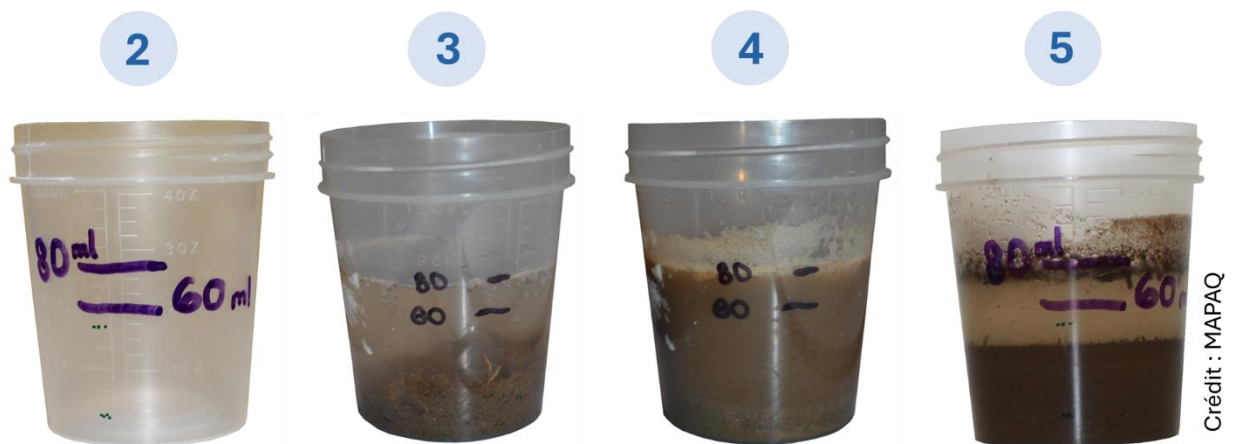
Test de nitrate sur le sol homogénéisé

1. Avant de commencer, assurez-vous que vos bandelettes sont calibrées. Référez-vous à l'aide-mémoire « [Calibration de l'appareil Nitrachek et mesures d'échantillons](#) » pour plus de détails.
2. Dans un pot gradué de 125 ml, mesurez 60 ml de solution d'extraction.

⁷ L'homogénéisation réduit la variabilité de l'échantillon puisqu'il faut considérer que les mesures sont réalisées sur un sous-échantillon de 40 g de sol. Cette portion de sol doit représenter une superficie de 10 ha qui peut contenir approximativement 40 000 tonnes métriques de sol.

3. Prélevez au hasard des pincées ou de petites mottes du sol homogénéisé dans le bac en plastique et ajoutez-le à la solution d'extraction jusqu'à ce que le volume total atteigne 80 ml. Évitez de mettre des petits cailloux ou de la matière organique non décomposée dans l'échantillon.
4. Pour les sables et les loams sableux, brassez avec la cuillère ou secouez le pot fermé pour extraire les nitrates. Pour les textures argileuses, utilisez la spatule rigide ou la cuillère pour briser toutes les petites mottes. Appuyez fermement sur les parois du pot pour libérer les nitrates des particules de sol dans la solution.⁸
5. Laissez le mélange reposer jusqu'à ce que le sol sédimente au fond. Un liquide plus clair doit se former en surface. Trempez ensuite votre bandelette lorsque la quantité de solution claire est suffisante.⁹ Les sables et les loam sableux demanderont quelques minutes, mais les argiles peuvent nécessiter une à deux heures. Si des résidus flottent à la surface du liquide, tassez-les avec le manche de votre cuillère pour tremper une bandelette.

Figure 4 : Étapes du test de nitrates sur sol humide



⁸ Les nitrates se libèrent dès la mise en contact des particules de sol avec la solution d'extraction. Seule la vitesse de sédimentation détermine le moment où vous pouvez prendre votre mesure. La trituration, qui consiste à pulvériser les petites mottes de sol, peut prendre environ 5 minutes.

⁹ Attention de ne pas souiller la bandelette avec le sol ou les résidus qui flottent. Une bandelette sale pourrait fausser la lecture de l'appareil, voire rendre votre lecteur inopérant par la saleté. Essayez l'endos et les rebords de la bandelette avec un papier absorbant, mais ne touchez pas à la section du buvard réactif.

Le calcul de la teneur en azote-nitrique (N-NO₃) de l'échantillon de sol

Le chercheur Timothy Hartz de l'Université de Californie a établi un rapport entre les résultats de NO₃⁻ par la méthode volumétrique du Quick Test et les résultats analytiques de N-NO₃. Ces travaux proposent un calcul de la teneur en azote nitrique dans les sols basé sur l'utilisation de facteurs de conversion en fonction de la texture et du degré d'humidité du sol échantillonné.

1. Confirmez la texture de sol où vous avez pris les échantillons de sol

Si vous ne connaissez pas la texture de sol, déterminez-la à l'aide du site [Info-Sols](#). Pour confirmer la texture, il est possible de l'estimer en utilisant la [méthode en 5 étapes](#) proposée par l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement.

2. Calcul pour convertir la teneur en nitrate (NO₃) sur base humide (b.h.) selon l'extraction du Nitrate Quick Test en azote nitrique (N-NO₃) dans le sol sur base sèche (b.s.)

Le lecteur Nitrachek donne une lecture des nitrates (NO₃⁻) en ppm sur base humide dans la solution d'extraction. Pour comparer avec les chartes d'interprétation, convertissez vos résultats en azote nitrique (N-NO₃) sur base sèche.

Les facteurs de conversion du tableau tiennent compte du rapport de dilution obtenu avec 60 ml de solution extractive et 20 ml de sol, ainsi que d'une teneur moyenne en matière sèche. Ils intègrent ces éléments pour convertir l'équivalence NO₃ sur base humide en N-NO₃ sur base sèche.

D'ordre général, le facteur de sol humide est utilisé pour des conditions de culture normale. Le sol humide ou sec s'interprète de la façon suivante :

- **Sol humide** : Le sol est foncé et malléable, les plantes sont turgescentes et ne montrent aucun stress hydrique et la pluie récente maintient le sol frais;
- **Sol sec** : Le sol est pâle et friable, les plantes montrent des signes de stress hydrique tel que la perte de turgescence, plusieurs jours chauds et sans pluie ont asséché le profil de sols. Dans certains types de sols, des crevasses apparaissent.

Tableau 1 : Facteur de conversion de ppm NO₃⁻ b.h. en ppm N-NO₃ b.s

| Texture | Facteur de conversion pour un sol humide | Facteur de conversion pour un sol sec |
|---------|--|---------------------------------------|
| Sable | 2,3 | 2,6 |
| Loam | 2,0 | 2,4 |
| Argile | 1,7 | 2,2 |

Le calcul à réaliser est :

$$\frac{\text{Lecture de la bandelette (ppm NO}_3^- \text{ b.h.)}}{\text{Facteur de conversion}} = \text{Teneur en azote nitrique (N-NO}_3\text{) ppm b.s.}$$

Exemple de calcul

Texture : argile et sol humide

Facteur de conversion : 1,7

Lecture Nitrachek : 22 ppm NO₃⁻ b.h.

$$22 \text{ ppm NO}_3^- \text{ b.h.} \div 1,7 = 13 \text{ ppm N-NO}_3 \text{ b.s.}$$

La teneur en N-NO₃ b.s. dans l'échantillon de sol est estimé à 13 ppm.

Conversion des ppm N-NO₃ en une estimation des Kg N-NO₃ / ha

La conversion des ppm N-NO₃ en kg N-NO₃/ha permet à l'agronome de vulgariser les résultats de ce test sur un système d'unités qui est familier et significatif pour les producteurs.

Deux paramètres sont requis pour convertir des ppm N-NO₃ en kg N-NO₃/ha : la masse volumique apparente du sol (MVA) et la profondeur de l'échantillonnage. Pour la masse volumique apparente, une valeur moyenne de 1,35 tm/m³ peut être utilisée pour des sols minéraux¹⁰. Pour des données plus fiables, la masse volumique apparente devrait être mesurée individuellement dans chaque champ. Consultez les protocoles et les étapes de mesure dans le document [Santé des sols : Creuser un peu, apprendre beaucoup](#) d'Action Semis Direct. Quant à la profondeur, elle doit être convertie de centimètre en mètre (diviser par 100).

Voici la formule pour déterminer la quantité d'azote nitrique (N-NO₃) à l'hectare :

$$\frac{\text{Volume de sol d'un hectare X MVA}}{1\ 000} \times \text{Résultat ppm N-NO}_3 \text{ b.s.} = \text{kg N-NO}_3 / \text{ha}$$

Exemple de calcul

Teneur en ppm N-NO₃ b.s. : 13

Superficie d'un hectare : 100 m X 100 m

Profondeur échantillonnée : 30 cm / 100 = 0,3 m

MVA : 1,35

$$\frac{(100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}) \times 1,35 \text{ tm/m}^3}{1\ 000} \times 13 \text{ ppm N-NO}_3 \text{ b.s.} = 53 \text{ kg } \frac{\text{N-NO}_3}{\text{ha}}$$

¹⁰ Pour un sol en bonne santé, les MVA varient de 1,1 à 1,6 tm/m³, tandis que les sols en mauvaise santé et compactés peuvent présenter des MVA entre 1,5 à 1,8 tm/m³. Pour des sols très sableux, la masse volumique apparente peut se situer à 1,5 TM/m³.

Interprétation des résultats

Seuil d'intervention pour la période de post-levée du maïs-grain

De nombreuses chartes existent pour interpréter et suggérer des recommandations en fonction des résultats obtenus en ppm N-NO₃ b.s. Le seuil d'intervention généralement admis pour le PSNT est de moins de 25 ppm N-NO₃. Cette quantité est une photo du contenu du sol sur 30 cm de profondeur à un moment donné, et ne tient pas compte des nitrates présents dans la couche plus profonde et éventuellement accessible aux racines du maïs. Elle ne tient également pas compte de la minéralisation de l'azote à venir durant la saison de croissance. L'agronome doit donc évaluer, en fonction du contexte du producteur, si la quantité d'azote est suffisante pour terminer la saison.

Également, la variabilité d'unité thermique maïs (UTM) par région et les pratiques des producteurs peuvent avoir un impact sur le seuil. Des essais à la ferme sur plusieurs années peuvent permettre d'établir le seuil propre à un producteur dans un secteur donné.

Pour déterminer s'il est nécessaire d'établir une recommandation d'application d'azote en post-levée en fonction du résultat en ppm N-NO₃ b.s. obtenu en pré post-levée (PSNT) au stade cinq à six feuilles du maïs, il est possible de se référer au tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Interprétation des résultats de test nitrate en temps réel en post-levée

| < 21 ppm | 21-25 ppm | > 25 ppm |
|---------------|--|-------------|
| N insuffisant | N limite Évaluez le contexte de l'entreprise et vérifiez si une recommandation est nécessaire | N Suffisant |

De plus, consultez les chartes existantes en [Ontario](#) ou au [Vermont](#) (anglais seulement) pour guider vos recommandations. Pour plus d'information, consultez la section « *Pre-sidedress nitrate-N test (PSNT) ou test de préapplication du deuxième passage d'engrais azoté* » des références.

Facteurs à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats

Tester le sol avant l'apport en azote en post-levée est un outil supplémentaire pour documenter les stratégies de fertilisation du producteur et appuyer des recommandations d'engrais azotés. Toutefois, de nombreux facteurs peuvent influencer la minéralisation des sources d'apports azotés au champ.

Causes possibles de résultats faibles en nitrate

- Apports d'azote insuffisants;
- Perte de nitrates provenant des engrais organiques ou des cultures précédentes;
- Immobilisation de l'azote pouvant être induit par des inhibiteurs ou des enrobages polymériques sur les engrais minéraux ainsi que sur les engrais organiques à rapport C/N très élevé;
- Sol mal structuré, peu résilient pour conserver les nitrates;
- Zones de compaction nuisant au drainage et à la résilience du sol;
- Manque d'activité biologique dans le sol;
- Manque d'oxygène au sol (compaction, pluie).

Causes possibles de résultats élevés en nitrate

- Apports d'azote excessifs;
- Contribution plus importante que prévu des engrais de ferme ou des cultures précédentes;
- Concentration locale élevée de nitrates, par exemple, un résiduel d'amas aux champs, un déversement accidentel d'engrais, etc.

Plusieurs pistes de réflexion en lien avec le contexte du producteur doivent être prises en compte pour interpréter les résultats obtenus.

Le type d'engrais de ferme et le précédent cultural

Le type d'engrais de ferme et sa date d'application peuvent influencer la disponibilité des nitrates dans le sol (ex. : lisier à faible C/N versus fumier à C/N élevé). De plus, quelques jours d'écart dans la réalisation de travaux au champ au printemps, par exemple le moment de l'épandage de l'engrais organique et la date de semis ou le travail du sol, peuvent modifier les résultats de test de nitrate. Ces différences peuvent se produire à l'intérieur d'un même champ ou entre des champs voisins.

Des légumineuses cultivées l'année précédente, telles que les pois, les haricots, le soja, la luzerne et les trèfles, peuvent fixer l'azote atmosphérique dans le sol en transformant l'azote gazeux (N_2) en azote utilisable par les plantes, comme l'ammonium (NH_4^+) et les nitrates (NO_3^-).

Les conditions météorologiques

Les conditions météorologiques peuvent aussi influencer les résultats. Entre autres, le manque d'eau, une température du sol basse entre le semis et le moment du test entraînent une activité microbienne plus lente et un potentiel de minéralisation partiel au moment du test. Choisir d'échantillonner en fonction du stade V6 du maïs plutôt qu'à une date prédéterminée pourrait être plus représentatif de l'état assez avancé de la minéralisation. À l'inverse, du temps chaud peut favoriser une minéralisation hâtive. Par ailleurs, les précipitations ont également leur part d'influence. S'il pleut beaucoup avant ou après le test, le sol peut perdre du nitrate par lessivage et même par dénitrification.

La texture et la structure du sol, le travail du sol et la présence de résidus de culture

Un sol peut se réchauffer plus ou moins vite selon sa texture, le type de travail du sol, la présence de résidus de culture, etc. Ces facteurs influencent la vitesse de minéralisation des sols, et par le fait même, la disponibilité des nitrates. Il faut tenir compte de ces facteurs pour déterminer si la minéralisation est à son plein potentiel au moment de l'échantillonnage pour interpréter correctement les résultats.

Au printemps, les résidus de culture de la saison précédente empêcheront le sol de se réchauffer rapidement s'ils sont en trop grande quantité et ne retiendront pas autant les nitrates qu'une culture vivante. Il en est de même pour les champs en semis-direct qui auront tendance à se réchauffer moins rapidement au printemps.

En cours de saison, pour les sols moins travaillés ou en semis-direct, l'eau a tendance à s'infiltrer grâce aux macropores et à s'y loger, ce qui cause moins de perte de nitrate par lessivage en

comparaison avec les sols travaillés. De plus, un couvert végétal vivant atténue davantage l'effet d'une pluie abondante en absorbant une bonne partie de l'eau, permettant ainsi une infiltration plus lente dans le sol et donc moins de perte de nitrates potentielle par lessivage.

Un sol en santé sera plus résilient tout au long de la saison pour fournir continuellement des nitrates à la culture qu'un sol dégradé.




Type d'engrais et technologies

Selon le délai entre le test de nitrate sur le sol et le moment d'application des engrais, il est possible d'observer, dans les mesures, les applications antérieures d'engrais ou la libération de ceux-ci dans le sol. Par exemple, les engrais à base de nitrate sont très rapidement disponibles tandis que ceux à base d'urée sont plus lents à se transformer en nitrate.

De nouvelles technologies apparaissent sur le marché, telles que les inhibiteurs de minéralisation, les bloqueurs d'uréase ou de nitrification. Elles agissent sur l'azote disponible dans le sol. Certaines technologies influencent également la libération de l'azote provenant de l'engrais ou le processus du sol pour libérer l'azote.

Le tableau ci-dessous résume différents facteurs qui influencent la vitesse de minéralisation. Il ne faut pas oublier que ces facteurs doivent être évalués dans leur globalité.

Tableau 3 : Synthèse de quelques facteurs qui peuvent influencer la vitesse de minéralisation

| Facteurs |  Lente |  |  Rapide |
|--------------------------------|--|---|--|
| Type d'engrais de ferme | <ul style="list-style-type: none"> • C/N élevé • Fumier de bovin pailleux | | <ul style="list-style-type: none"> • C/N faible • Lisier de porc |
| Précédent cultural | <ul style="list-style-type: none"> • Culture annuelle | | <ul style="list-style-type: none"> • Précédent de légumineuses • Prairie • Engrais vert |
| Conditions météorologiques | <ul style="list-style-type: none"> • Manque d'eau (sécheresse) • Température de sol trop basse • Pluviométrie (grande averse) | | <ul style="list-style-type: none"> • Temps chaud et humidité optimale des sols |
| Texture et structure de sol | <ul style="list-style-type: none"> • Sol mal structuré • Compaction (manque d'oxygène) • Sol argileux | | <ul style="list-style-type: none"> • Activité biologique • Sol en santé et bien structuré • Sol sableux |
| Travail de sol (début saison) | <ul style="list-style-type: none"> • Travail minimum | | <ul style="list-style-type: none"> • Travail conventionnel (sol nu) |
| Résidus de culture | <ul style="list-style-type: none"> • Beaucoup de résidus • Résidus à C/N élevé (pailles de céréales) | | <ul style="list-style-type: none"> • Peu de résidus • Résidus à C/N faible (légumineuses fraîches) |
| Type d'engrais et technologies | <ul style="list-style-type: none"> • Engrais à base d'urée • Technologies réduisant la vitesse de libération des engrais | | <ul style="list-style-type: none"> • Engrais à base de nitrate |

Annexe 1 : Fichier de saisie de données pour test de sol humide

Test de nitrate sur sol humide

Nom de la personne qui réalise les tests :

lot de bandelettes :

| # | Nom de l'échantillon | Test rapide - sol humide (Quick Test) | | | | Bandelette / commentaires |
|----|----------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|
| | | Date | Stade de croissance | Profondeur de l'échantillonnage (cm) | Lecture Nitrachek NO ₃ (ppm b.h.) | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 21 | | | | | | |
| 22 | | | | | | |
| 23 | | | | | | |
| 24 | | | | | | |
| 25 | | | | | | |

Références

Nitrate Quick Test

- HARTZ, T.k. *Using the Pre-Sidedressing Soil Nitrate 'Quick Test' to Guide N Fertilizer Management*, University of California Extension, 2010. En ligne : http://geisseler.ucdavis.edu/Guidelines/Hartz_2010_Nitrate_Quick_Test.pdf
- HARTZ, T. K. *Using the Pre-Sidedressing Soil Nitrate 'Quick Test' to Guide Vegetable Crop N Fertilizer Management*, University of California Extension, 2019. En ligne : [fertilization&soil Using the Pre-Sidedressing Soil Nitrate 'Quick Test' to Guide Vegetable Crop N Fertilizer Management.pdf](http://fertilization&soil.Using%20the%20Pre-Sidedressing%20Soil%20Nitrate%20'Quick%20Test'%20to%20Guide%20Vegetable%20Crop%20N%20Fertilizer%20Management.pdf)
- HARTZ, T. K. *A quick test procedure for soil nitrate-nitrogen*, Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25 (5&6) 511-515, 2008 En ligne : [A quick test procedure for soil nitrate-nitrogen: Communications in Soil Science and Plant Analysis: Vol 25 , No 5-6 - Get Access](http://www.ccsa.org/communications/communications_in_soil_science_and_plant_analysis/vol_25_no_5-6_get_access)
- HARTZ, T. K. et collaborateurs. *Efficient Nitrogen Management for Cool-Season Vegetables*, University of California, 2007, en ligne : <https://ucanr.edu/sites/default/files/2019-03/301160.pdf>
- NELSEN, Tayon et collaborateurs, *Instructions: Soil Nitrate Quick Test for the Estimation of Nitrate-Nitrogen in 0-12" of Soil*. University of California. 2019, En ligne : <https://smallgrains.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk13316/files/inline-files/325749.pdf>
- University of California. *Soil Nitrate Quick Test*. En ligne : https://smallgrains.ucdavis.edu/Nutrient_Management/snqt

Nitrachek et bandelettes

Manuel d'utilisation du Nitrachek 404

- Reflectoquant, Nitrate test, Supelco, 2021. En ligne : <https://www.sigmaaldrich.com/deepweb/assets/sigmaaldrich/product/documents/209/643/116995ug-ms.pdf>
- SARL Agro Ressources *Comment utiliser son Nitrachek?*, 2022. En ligne : <https://www.agroressources.com/comprendre-et-utiliser-son-nitrachek-tuto-complet-2/>

Pour en savoir plus

- Un cours de six heures intitulé Méthode de mesure des nitrates du sol et des tissus végétaux, donné par Gérald Villeneuve, agr., est offert sporadiquement à [l'Institut de technologie agroalimentaire du Québec](http://www.instituttechnologieagroalimentaire.qc.ca/) dans le cadre du Plan d'agriculture durable.
- Tests de nitrates : des outils concrets pour mieux gérer l'azote dans le maïs. Brousseau-Trudel, S., Voyvodova-Valeva, R., Breault, J. (MAPAQ) et Villeneuve, G. (AGEOCLUB) 2026. En ligne : <https://www.agrireseau.net/argeneral/blogue/118908/tests-de-nitrate-des-outils-concrets-pour-mieux-gerer-l-azote-dans-le-mais?sort=5>

Échantillonnage de sol

CAMPBELL, G. *Eau disponible pour les plantes : comment déterminer la capacité au champ et le point de flétrissement permanent?* En ligne :

<https://metergroup.com/fr/measurement-insights/plant-available-water-how-do-i-determine-field-capacity-and-permanent-wilting-point/>

Gouvernement du Manitoba, *Are You Staging Corn Correctly?* En ligne : [staging-corn-correctly.pdf](#)

GASSER, Marc-Olivier et collaborateurs; *Effets des pratiques agricoles et des conditions biophysiques sur la santé des sols et la productivité des cultures*, IRDA, 2023; En ligne : [irda-santesolquebec-rapport-avril2023.pdf](#)

IRDA, *Estimation de la texture du sol au champ* (Fiche technique), 2024. En ligne :

<https://www.irda.qc.ca/media/3y2coy5y/irda-estimationtexturesolchamp-fichetechnique-decembre2024.pdf>

KHIARI, Lotfi et collaborateurs, *Échantillonnage conventionnel des sols agricoles au Québec – De la planification à l’envoi au laboratoire*, CRAAQ, 2014, En ligne : [Échantillonnage sols agricoles](#)

MARTIN, Sandrine et collaborateurs, *Feuillets Santé des sols*, page 6, section Masse volumique apparente, Action Semis Direct, En ligne : [Livret-MAPAQ-creuser-un-peu-apprendre-beaucoup.pdf](#)

NIELSON, R.L. Bob., *Tips for Staging Corn Eith Severe Leaf Damage*. Purdue University, 2019. En Ligne : [Tips for Staging Corn with Severe Leaf Damage \(Purdue University\)](#)

NIELSON, R.L. Bob., *Determining Corn Leaf Stages*. Purdue University, 2019. En Ligne : [Determining Corn Leaf Stages \(Purdue University\)](#)

ROBERT, Louis. *Compter les feuilles de maïs : pas si simple!*, MAPAQ, 2017. En ligne : www.agrireseau.net/blogue/95521/

Pre-sidedress nitrate-N test (PSNT) ou test de préapplication du deuxième passage d’engrais azoté

Équipe des grandes cultures du ministère de l’Agriculture, de l’Alimentation et des Affaires rurales Ontario, *Guide agronomique grandes cultures, publication 811F*, ministère de l’Agriculture, de l’Alimentation et des Affaires rurales, pages 25 à 27. En ligne : <https://www.ontario.ca/files/2022-10/omafra-agronomy-guide-for-field-crops-fr-2022-10-13.pdf>

MAGDOFF, et collaborateurs, *A soil test for nitrogen availability to corn*, *Sci. Soc. Am. J.*, 1984, 48 pp 1301-1304

MAGDOFF, et collaborateurs, *A soil test for nitrogen availability in the northeastern, United States*. *Soil. Sci. Plant Anal.* 1990, 21, pp 1103-1115

Nutrient Recommendations for field Crops in Vermont, The University of Vermont, 2020

En ligne :

https://agriculture.vermont.gov/sites/agriculture/files/documents/Water_Quality/NutrientRec_Sept2020.pdf

QUIRINE M. Ketterings, et collaborateurs, *Pre-sidedress Nitrate Test*, College of Agriculture and Life Science, 2012. En ligne :

<http://nmsp.cals.cornell.edu/publications/factsheets/factsheet3.pdf>

Articles d'adaptation concernant les tests de nitrate au sol

BITTMAN, S. et C. G. Kowalenko, *Advanced Silage Corn Management*, 2004 Ed. Pacific Field Corn Association, Agassiz, BC , chapitre 3. En ligne :

<https://farmwest.com/resources/books/advanced-silage-corn-management-2004/chapter-3/>

BLACKMER, A.M. *Nitrogen Fertilizer Recommendations for Corn in Iowa*, Iowa State University Extension, 1997, PM-1714. En ligne: <https://www.agvise.com/wp-content/uploads/2016/07/Iowa-State-Univ-PM1714.pdf>

CANTIN, Jean. *Les tests de nitrate de sol afin d'ajuster la fertilisation azotée du maïs*, ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation, 2007. En ligne :

https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Cantin_%20J_resume_PPT.pdf

Nutrient Management Calculator, British Columbia. En ligne :

<https://nmp.apps.nrs.gov.bc.ca/MiniApps/NitrateTestCalculator>

TREMBLAY, N. et autres. *Régie de l'azote chez les cultures maraîchères - Guide pour une fertilisation raisonnée*, 2001. En ligne : [Régie de l'azote chez les cultures maraîchères. Guide pour une fertilisation raisonnée | Agriculture urbaine - Agri-Réseau | Documents](#)

ZEBARTJ, B., et collaborateurs. *Gestion de l'azote sur maïs : Test de nitrates dans le sol en post-levée (TNSP)*, 2006, Fiche technique de l'Association pour l'amélioration des sols et cultures du Nouveau-Brunswick. En ligne :

https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/10/pdf/Agriculture/FieldCrops-GrandesCultures/corn_psnt_f_CK.pdf

Processus de minéralisation

BUNDY, L. G. et collaborateurs, *Nitrogen Availability Indices dans Methods of Soil Analysis*, Part 2, Chapitre 41, (1994) Soil Science Society of America, Madison WI 53711

CHANTIGNY, M. *Émissions de protoxyde d'azote (N₂O) en agriculture, contribution des amendements organiques, des fertilisants minéraux et du labour*, 65^e congrès de l'Ordre des agronomes du Québec (OAQ). En ligne :

<https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/chantigny.pdf>

MEISINGER, J. J. *Evaluating plant available nitrogen in soil-crop systems* (1984) dans *Nitrogen in crop production*, R. D Hauck et al. Ed. ASA Madison, WI pp 391-416.

N'DAYEGAMIYE, A. et collaborateurs, *La contribution en azote du sol reliée à la minéralisation de la MO : facteur climatique et régies agricoles influençant les taux de minéralisation d'azote*. Présentation faite au Congrès de l'OAQ, 2007. En ligne : https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/NDayegamiye_A_resume_PPT.pdf

NYIRANEZA, J., et collaborateurs, *Soil and Crop Parameters Related to Corn Nitrogen Response in Eastern Canada*, 2010 Agr. J. 102, 5 1478-1490

RIVEST, Roger. *Analyse des résultats du réseau sur l'azote réalisé dans le cadre du programme PAGES*, MAPAQ, 2006. En ligne : [Analyse des résultats du réseau d'essais sur l'azote réalisés dans le cadre du programme PAGES \(2003-2005\) Agri-Réseau | Documents](#)

Ouvrages de référence

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC, *Guide de référence en fertilisation, 2e édition*, 2013. En ligne : <https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/guide-de-reference-en-fertilisation-2e-edition-actualisee/p/PSOL0104-PDF>

BRANDY, N. C. et collaborateurs. *The Nature and Properties of Soils*, 13th Ed, 2002 Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. Chapitre 13, Nitrogen and Sulfur Economy of Soils

GARON, B. et collaborateurs, *Document explicatif - Trousse de Santé des sols*, 2017. En ligne : <https://www.agrireseau.net/references/0/Evenements/Document%20explicatif%20trousse%20sante%20des%20sols.pdf>

RAVEN, P. H. et collaborateurs, *Biology of plants*, 6th ed, 2003. W.H. Freeman N.Y, en particulier les chapitres 25 et 30

Fournisseurs Nitrachek et bandelettes

[Plant Products](#), [Geneg](#), [KPG](#)

Météo

Atlas climatiques du Québec - Observations quotidiennes, ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. En ligne : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/donnees/OQCarte.asp>

Rapport national sur les risques agroclimatiques, Gouvernement du Canada. En ligne : [Rapport national sur les risques agroclimatiques - agriculture.canada.ca](#)

AgroMétéo. En Ligne : <https://agrometeo.solutions-mesonet.org/>

