

Méthode N_{\min} de détermination des besoins en fertilisants azotés

Auteurs: Reto Neuweiler, Olivier Huguenin-Elie, Torsten Schöneberg, Thomas Guillaume, Frank Liebisch

Version: 1 / Novembre 2023

Peu avant la date d'épandage des fertilisants, l'azote nitrique et l'azote ammoniacal (N_{\min}) présents dans le sol sont mesurés à différentes profondeurs (mesure spécifique à la parcelle). Sur la base de la quantité d'azote (N) présent dans l'espace racinaire des plantes et d'une valeur cible N_{\min} spécifique à la culture, on calcule les besoins en azote qu'il faut encore combler par des engrais. De cette manière, il est possible de réduire considérablement les pertes d'azote, par exemple par lessivage dans les eaux souterraines.

Tableau 1: Éléments clés de la mesure

Domaine d'application	Principalement les grandes cultures et les cultures maraîchères, mais également d'autres cultures
Niveau de mise en œuvre	Agriculteurs/agricultrices, cantons, région, filières
Échelle d'action	Parcelle, sous-parcelle
Rentabilité	La rentabilité des mesures oscille entre rentable (c'est-à-dire Δ produits monétaires > Δ coûts) et non rentable (c'est-à-dire Δ produits monétaires < Δ coûts) selon la structure de l'exploitation, sa taille et la grandeur des parcelles ainsi que les sources d'engrais azotés utilisées.
Effet visé	La mesure augmente l'efficacité de l'utilisation de l'azote et réduit souvent l'apport d'engrais.
Sous-catégorie visée	Nitrate (NO_3^-), ammonium (NH_4^+), protoxyde d'azote (N_2O), ammoniac (NH_3)
Temps de mise en œuvre	Court terme à moyen terme
Effet/Potentiel de réduction	Potentiel de réduction (ensemble de la Suisse): actuellement élevé > 100 t N en cas d'application conséquente

Principe d'action

Les apports d'engrais azotés avant le début de la culture ou en cours de culture sont adaptés en fonction du N_{\min} (N minéral sous forme de nitrate et d'ammonium) disponible pour les plantes et présent dans l'espace racinaire de la plante au moment de la fertilisation azotée (Wehrmann & Scharpf, 1979; Richner et al., 2017). À cet effet, la valeur N_{\min} mesurée est déduite de la valeur cible N_{\min} pour la culture ou le stade de culture concerné (dans le cas de plusieurs apports d'engrais et mesures de N_{\min}). La fertilisation azotée effective peut être élevée ou diminuée par rapport à la fertilisation selon les normes, car les quantités d'azote disponibles dans le sol, qui ne sont pas connues dans la méthode de fertilisation selon les normes, sont prises en compte. Les précédents culturaux laissent souvent dans le sol une partie de l'azote contenu dans les engrais épandus ou de l'azote atmosphérique fixé dans les racines des légumineuses. De plus, la minéralisation de la matière organique dans le sol libère de l'azote. C'est pourquoi, en complément à la méthode N_{\min} , des facteurs de correction - similaires à ceux de la méthode d'estimation des besoins en engrais - sont parfois utilisés afin de mieux tenir compte d'un apport supplémentaire de N par minéralisation des réserves dans le sol après la fertilisation.

En tenant compte du N_{\min} , il est possible dans la plupart des cas, en fonction du moment de la fertilisation, des caractéristiques du sol, des conditions météorologiques et de la rotation des cultures, d'économiser des quantités considérables d'engrais azote,



ce qui réduit les coûts de fertilisation. Dans tous les cas, on parvient également à réduire le risque de pertes d'azote, notamment sous forme de nitrates dans les eaux souterraines, ainsi que d'ammoniac et de protoxyde d'azote dans l'atmosphère.

Avantages/Synergies

- Amélioration de l'efficacité de l'azote: si les réserves de N_{\min} dans le sol sont suffisantes, il est possible d'économiser de l'engrais azoté (voir l'exemple de Grossrieder et al., 2022), ce qui permet parfois de supprimer complètement certaines dates d'épandage des fertilisants et de réduire ainsi non seulement les coûts liés aux engrais, mais aussi les coûts de machines.
- La méthode N_{\min} présente un potentiel d'économie considérable en matière de fertilisation azotée, en particulier dans les cultures maraîchères. Elle permet de mesurer l'azote résiduel laissé par les précédents culturaux dans le sol ou libéré lors de la décomposition des résidus de récolte incorporés dans le sol. Dans le cas de plusieurs cultures par an, il est possible avec cette méthode de réaliser des économies substantielles en matière de fertilisation azotée, surtout dans le cas des cultures d'été et d'automne. Souvent, des quantités N_{\min} de 100-200 kg N/ha sont déjà présentes dans l'espace racinaire des cultures maraîchères avant l'apport d'engrais azotés (Neuweiler & Keller, 2019).
- Réduction du risque de désordres physiologiques dus à un excès d'azote dans différentes cultures maraîchères et ainsi des pertes de qualité et de rendement qui en découlent (Neuweiler & Keller, 2019).
- La réduction des excédents de fertilisants permet également de diminuer directement les pertes d'azote.

Inconvénients/Limitations/Conflits d'intérêts

- Charge supplémentaire en termes de planification et de travail. La méthode N_{\min} est aujourd'hui considérée comme très laborieuse par de nombreux producteurs et productrices. Cependant, dans d'autres pays, selon la région, le label ou la culture, elle fait déjà partie de l'assurance qualité imposée par le marché ou la législation.
- Le prélèvement, le transport, l'analyse des échantillons et les calculs selon la méthode N_{\min} nécessitent une organisation entre les personnes impliquées, du matériel approprié et/ou un travail supplémentaire et/ou des temps d'attente. Ces contraintes doivent être limitées autant que possible afin de rendre les opérations efficaces et de limiter les coûts supplémentaires.
- La méthode N_{\min} ne fournit qu'une image à un moment donné de la quantité d'azote disponible pour les plantes. L'azote issu de la minéralisation de la matière organique ou d'engrais de ferme n'est actuellement guère pris en compte (méthodes en cours d'étude pour la Suisse).
- Dans le cas des surfaces herbagères exploitées de manière intensive ou moyennement intensive, il est difficile de fixer une date pertinente pour le prélèvement d'échantillons, car ces surfaces sont utilisées plusieurs fois par an et fertilisées en conséquence. Les coûts d'analyses répétées au cours de l'année seraient prohibitifs.
- Aucun contrôle de qualité (analyses interlaboratoires) n'est actuellement prescrit pour les laboratoires suisses proposant l'analyse du N_{\min} dans le sol.

Interactions

La méthode N_{\min} peut également être appliquée dans le cadre de la surveillance de l'environnement. Elle est alors utilisée comme indicateur d'une fertilisation appropriée ou de la réduction des excédents de fertilisants et parfois même comme indicateur cible. Vu que c'est à l'automne que l'on recourt le plus souvent à cette méthode, on parle aussi de N_{\min} d'automne.

Pour réduire fortement les pertes, il convient de combiner la détermination des besoins en fertilisants avec une couverture du sol aussi complète que possible, des cultures intercalaires et un couvert végétal en hiver.

Mise en œuvre: charges/déroulement/application/faisabilité

Si la méthode N_{\min} est connue depuis longtemps, elle est relativement peu utilisée à l'heure actuelle en Suisse en raison de son coût et de la charge de travail qu'elle représente. Hormis la fertilisation elle-même, aucune modification au niveau de l'exploitation n'est nécessaire. Un échange d'expériences entre exploitants peut considérablement faciliter l'application de fertilisants azotés selon la méthode N_{\min} .

Pour chaque exploitation, il convient d'examiner si le recours à un sous-traitant pour la coordination et la réalisation du prélèvement des échantillons dans le cadre de la méthode N_{\min} pourrait être une option, afin de ne pas perturber le bon fonctionnement de l'exploitation en cas d'utilisation de cette méthode et de simplifier la manipulation correcte des échantillons de sol.

Dans ce cas, l'agriculteur ou l'agricultrice doit déclarer ses surfaces pour le prélèvement d'échantillons selon la méthode N_{\min} (en fonction de l'organisation, en général auprès du laboratoire ou de l'entreprise de sous-traitance). Le prélèvement des échantillons et leur livraison au laboratoire sont effectués par le sous-traitant. L'analyse est effectuée par un laboratoire reconnu, spécialisé dans l'analyse des sols, et l'élaboration des recommandations de fertilisation se fait souvent en collaboration avec le service de vulgarisation.

Au niveau régional et suprarégional, la méthode N_{min} est également mise en œuvre dans le cadre de différentes campagnes, comme dans le [projet sur les nitrates Niederbipp-Gäu-Olten](#). Dans ce cas, les coûts sont à la charge du mandant, par exemple le canton ou le fournisseur d'eau, les résultats sont à la disposition de tous les agriculteurs et agricultrices et les conseils sont pris en charge dans le cadre du projet.

Dans le cas de grandes parcelles avec des sols très hétérogènes, il est possible de prélever des échantillons sur des parties de parcelles, ce qui permet là aussi de garantir une grande fiabilité et une bonne efficacité de la fertilisation.

Conditions d'application

La présence d'un laboratoire agréé N_{min} dans la zone d'activité de l'exploitation ou l'accès direct à un laboratoire spécialisé dans l'analyse des sols par le biais d'un service de courrier compétent sont des conditions sine qua non pour le bon déroulement des opérations et une mise en œuvre réussie de la méthode N_{min} . Afin que cette méthode puisse être appliquée avec succès dans les exploitations, la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée ou de prestataires de services performants ou avec des prix abordables est une condition importante.

Les connaissances locales et régionales nécessaires à l'interprétation (valeurs cibles ou valeurs de base) sont fondamentales si l'on entend mettre en œuvre de manière fiable les résultats d'analyse pour une fertilisation azotée adaptée aux besoins. Les bases de la fertilisation des cultures agricoles en Suisse (PRIF, Richner et al., 2017) proposent des valeurs moyennes pour la détermination des besoins en fertilisants basée sur la méthode N_{min} . Une mise à jour de ces recommandations est en cours dans différents projets. Des outils (sites web ou applications) destinés à une recommandation automatisée en matière de fertilisation peuvent apporter des améliorations supplémentaires en termes d'efficacité et de travail (notamment) pour la pratique, les conseillers et les laboratoires, et rendre l'utilisation de la méthode N_{min} plus attrayante.

Évaluations

Rentabilité

L'évaluation suivante repose en grande partie sur des expériences qualitatives et parfois quantitatives. Comme une réduction du rendement des récoltes n'est pas à craindre, les produits monétaires restent constants. Les pertes de qualité dans les grandes cultures sont rares, voire inexistantes. Dans les cultures maraîchères, une fertilisation azotée basée sur la méthode N_{min} et adaptée aux besoins a souvent une influence positive sur la qualité des légumes, ce qui devrait se répercuter sur les produits monétaires.

Le prélèvement et l'analyse d'échantillons constituent des prestations préalables. Comme les processus de travail proprement dits de l'exploitation ne sont pas influencés, la mise en œuvre de cette mesure n'entraîne pas de coûts d'investissement supplémentaires. Le temps nécessaire au prélèvement d'échantillons dépend fortement des conditions propres à l'exploitation (30 à 60 minutes par échantillon). Les coûts d'analyse se situent entre CHF 30.- et CHF 40.- par échantillon, y compris des conseils simples en fertilisation. D'autres coûts externes peuvent intervenir dans la mesure où le prélèvement d'échantillons et la logistique sont confiés à un prestataire de services externe, l'exploitant se trouvant alors déchargé de cette tâche. Ce type de prestation devrait être la règle. Actuellement, on trouve dans certaines régions du projet des solutions globales qui, pour un prix de CHF 200.- à CHF 220.-/ha, proposent une offre complète comprenant le prélèvement des échantillons, le transport, l'analyse et les conseils dans un délai de 3 à 5 jours. Ainsi, l'utilisation de la méthode N_{min} n'entraîne plus que rarement une réduction du temps disponible pour les travaux agricoles. La rentabilité dépend toutefois beaucoup des structures de l'exploitation et des mesures d'encouragement existantes.

Lorsque le sol contient suffisamment de N_{min} , il est possible d'économiser des engrais azotés ainsi que de supprimer des dates et des passages pour l'épandage d'engrais et donc des coûts de machines, de carburant et de main-d'œuvre. La rentabilité de la méthode N_{min} dépend entre autres du prix actuel des engrais azotés et des besoins. Si le prix des engrais azotés est bas, la méthode N_{min} est moins intéressante d'un point de vue économique.

Pour les petites exploitations avec de petites parcelles, les coûts liés à la mise en œuvre de cette méthode (prélèvement d'échantillons, transport, analyse et conseils) sont un facteur important, c'est pourquoi la rentabilité n'est pas garantie dans tous les cas (c'est-à-dire Δ produits monétaires $<$ Δ coûts) et il ne faut pas s'attendre à une large application de cette mesure, ou alors un soutien ou une promotion financière significative seraient nécessaires. Dans les zones sensibles (protection des eaux souterraines) ou dans le cas de cultures sensibles (orge de brasserie, par exemple), les coûts sont parfois pris en charge dans le cadre de projets (projet sur les nitrates, par exemple) ou par des organisations de la branche. Dans les exploitations disposant de parcelles relativement grandes, d'un potentiel élevé de mobilisation d'azote, et dans les exploitations maraîchères, il est souvent possible d'économiser une part importante d'engrais minéraux. Dans ces conditions, la méthode N_{min} est généralement considérée comme rentable, c'est-à-dire Δ produits monétaires $>$ Δ coûts.

Potentiel de réduction

Dans les cultures maraîchères de plein champ, le potentiel d'économie dépend beaucoup de la période de culture des différentes plantes cultivées. L'expérience montre qu'au printemps, la libération d'azote dans le sol encore froid est limitée, de sorte que la disponibilité d'azote dans la couche supérieure du sol allant de 0 à 30 cm, importante pour les cultures précoces, se situe d'abord à un niveau bas (Neuweiler, 2022). En revanche, des quantités considérables de N_{min} sont disponibles plus tard dans la couche supérieure du sol après réchauffement de celle-ci (à partir de mai environ). Il s'agit d'azote libéré par la matière organique et de l'azote provenant de l'engrais utilisé pour la culture précédente. Selon les expériences faites au cours des derniers essais, dans des rotations avec plusieurs cultures maraîchères au cours de l'année, dans les cultures d'été et d'automne, il est possible d'économiser avec la fertilisation azotée selon la méthode N_{min} 50 à 100 kg N/ha par culture (Neuweiler & Keller, 2019; Zemek et al., 2020). Dans le projet sur les nitrates, des potentiels d'économie parfois encore plus élevés ont été obtenus dans les grandes cultures et les cultures maraîchères grâce à la méthode N_{min} (Bünemann, 2022; Bischoff et al., 2022). Le potentiel d'économie dans les grandes cultures se situe en général entre 10 et 100 kg/ha selon la situation et la culture (Grossrieder et al., 2022; Maltas et al., 2015). Dans les pays germanophones, la recherche fait état de potentiels d'économie de 10 % à plus de 75 % des fertilisants utilisés actuellement (Frick et al., 2022 et 2023; Osterburg, 2007). Dans différents projets, des valeurs N_{min} d'automne parfois très élevées ont été enregistrées, ce qui indique également un fort potentiel de réduction ainsi que des pertes importantes de nitrates en hiver.

Critères de qualité/de réussite

La méthode N_{min} est efficace si, par rapport à la norme de fertilisation corrigée en fonction du rendement, des économies d'engrais azotés sont obtenues au même niveau de rendement et avec la même qualité de produit.

Le N_{min} d'automne indique une stratégie de fertilisation réussie lorsqu'il ne dépasse pas la valeur limite régionale pour la protection des eaux souterraines (Critical Load Concept) et qu'il ne faut donc pas s'attendre à des pertes excessives par lessivage.

Perspectives des parties prenantes

La fertilisation azotée qui tient compte de l'azote disponible pour les plantes dans le sol présente un potentiel d'économie élevé, en particulier dans les cultures maraîchères de plein champ. C'est également le cas pour les grandes cultures, bien que dans une moindre mesure. Néanmoins, l'introduction de la méthode N_{min} à grande échelle dans la pratique maraîchère fait face à de nombreuses hésitations en raison de l'investissement (en temps) qu'elle implique. Les outils et méthodes numériques et automatisés, qui permettent d'enregistrer la disponibilité de l'azote directement sur le terrain, ouvrent de nouvelles perspectives. Leur développement et leur suivi jusqu'à leur utilisation dans la pratique sont très importants.

Dans la pratique maraîchère, les craintes liées aux pertes de rendement et de qualité persistent et la confiance dans cette méthode fait souvent défaut.

Conclusions

L'évaluation des besoins en fertilisants adaptés au site selon la méthode N_{min} présente un potentiel considérable pour réduire de manière efficiente l'utilisation d'engrais azotés à grande échelle et donc également pour réduire les pertes dans l'environnement tout en maintenant le niveau de rendement. Afin d'exploiter ce potentiel dans la pratique agricole et d'atteindre les objectifs environnementaux locaux, il peut être nécessaire de promouvoir son utilisation (et sa rentabilité) au niveau régional (économique). Cette promotion peut prendre la forme d'une aide financière, mais aussi de conseils et de la mise en place d'une infrastructure de prélèvement d'échantillons et d'analyse.

Informations complémentaires

Comprises dans...

- Frick H., Bischoff W.-A., Liebisch F. (2023). Massnahmen zur Reduktion der Nitratauswaschung ins Grundwasser: Regionalisierter Massnahmenkatalog für das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE). *Agroscope Science* 147, 1–134. <https://doi.org/10.34776/as147g>
- Frick H., Bischoff W.-A., Schleicher S., Liebisch F. (2022). Das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten im Vergleich: Gebietsübersicht und Massnahmen. Kap. II.2: Vergleichsgebiete in Deutschland: SchALVO am Beispiel der WSG Grünbachgruppe. S. 58–67. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/53855>
- Osterburg B., Rühling I., Runge T. et al. (2007). Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf

Bibliographie

- Grossieder J., Ringger C., Argento F., Grandgirard R., Anken T., Liebisch F. (2022). Fertilisation azotée adaptée au site: méthodes actuelles et expériences. Recherche Agronomique Suisse, (13), 2022, 103–113. <https://doi.org/10.34776/afs13-103f>
- Bischoff W.-A., Spiess E., Liebisch F. (2022). Stickstoffeffizienz im Acker- und Gemüsebau für eine Reduktion des Nitratreintrages ins Grundwasser (NitroGäu). Synthesebericht zu TP 2: Gemüsebau im Projekt NitroGäu. https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32_Wasser/1_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu_3.2_Synthese_Gemuese.pdf
- Bünemann-König E. (2022). N-Effizienz im Acker- und Gemüsebau für eine Reduktion des Nitratreintrages ins Grundwasser (Projekt NitroGäu) Abschlussbericht Ackerbau: Kurzfassung. https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32_Wasser/1_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu_3.1_Synthese_Ackerbau_kurz.pdf
- Neuweiler, R. (2022). Utiliser l'azote disponible. Der Gemüsebau/Le Maraîcher 2, p. 17.
- Neuweiler, R., Keller, M. (2019). Culture d'été – une fumure azotée modérée réduit les pertes de qualité. Info Cultures Maraîchères 20/2019, 1–2. <https://ira.agroscope.ch/fr-CH/publication/41851>
- Maltas A., Charles R., Pellet D., Dupuis B., Levy Häner L., Baux A., Jeangros B., Sinaj S. (2015). Évaluation de deux méthodes pour optimiser la fertilisation azotée des grandes cultures. Recherche Agronomique Suisse, 6, (3), 2015, 84-93. <https://ira.agroscope.ch/fr-CH/publication/35020>
- Richner W., Sinaj S. (2017). Principes de la fertilisation des cultures agricoles en Suisse (PRIF 2017). Recherche Agronomique Suisse 8 (6), publication spéciale, 276 p. <https://www.prif.ch>
- Keller M., Neuweiler R. (2020). L'analyse N_{min} vaut la peine. Der Gemüsebau /Le Maraîcher 2, p. 25.
- Wehrmann J., Scharpf H. C. (1979). Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf (N_{min}-Methode). Plant and Soil 52, 109–126. <https://doi.org/10.1007/BF02197737>
- Zemek O., Neuweiler R., Richner W., Liebisch F., Spiess E. (2020). Estimation et réduction du lessivage des nitrates dans les cultures maraîchères. Recherche Agronomique Suisse, 11, 2020, 76–81. <https://doi.org/10.34776/afs11-76f>

Impressum

Éditeur	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich www.agroscope.ch
Series Editor	Frank Liebisch
Téléchargement	www.agroscope.ch/perteselementsnutritifs
Copyright	© Agroscope 2023

Exclusion de responsabilité

Agroscope décline toute responsabilité pour d'éventuels dommages en lien avec la mise en œuvre d'informations contenues ici. La jurisprudence suisse actuelle est applicable.