Notice méthodologique

TITRE DE LA FICHE D'INDICATEURS
Bilan d'azote des sols agricoles et flux d'azote des sols vers les eaux
CATÉGORIE PRINCIPALE
Composantes environnementales et liens environnement-santé
THÉMATIQUE PRINCIPALE
Sols
CATÉGORIE SECONDAIRE
Activités humaines
THÉMATIQUE SECONDAIRE
Agriculture

SECTION 1 : AUTEUR

Direction générale	SPW Agriculture, ressources naturelles et environnement
Département	Département de l'étude du milieu naturel et agricole
Direction	Direction de l'état environnemental
E-mail	eew.dgo3@spw.wallonie.be

SECTION 2 : CONTEXTUALISATION DE LA FICHE D'INDICATEURS

Titre	Bilan d'azote des sols agricoles et flux d'azote des sols vers les eaux
Définition(s) de la fiche d'indicateurs	La fiche traite des pressions exercées sur les ressources en eaux de surface et souterraines par les apports d'azote aux sols agricoles. Les indicateurs présentés sont les suivants : 1) Bilan d'azote des sols agricoles en Wallonie (évolution sur la période 1971 - 2025, par moyennes de 5 ans) 2) Flux d'azote des sols agricoles vers les eaux de surface et les eaux souterraines en Wallonie (évolution sur la période 1971 - 2025, par moyennes de 5 ans) 3) Concentration en nitrate dans les eaux de percolation en Wallonie (carte) (moyenne 2021 - 2025) 4) Azote potentiellement lessivable (APL) contrôlé en zones vulnérables en Wallonie. Valeurs moyennes par classe de culture (période 2008 - 2024) Les indicateurs 1 à 3 permettent de suivre l'ampleur des flux d'azote depuis les sols agricoles vers les eaux de surface et souterraines. L'indicateur 4 permet de mettre en évidence certains facteurs qui influencent ces flux.
Cadre législatif	La lutte contre la pollution des eaux par l'azote d'origine agricole fait l'objet des législations suivantes :

	- Directive 91/676/CEE du Conseil du 12 décembre 1991 concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles. En ligne. Consolidation officieuse (consulté le 10/08/2026). - Programme de gestion durable de l'azote en agriculture (PGDA) faisant l'objet de l'AGW du 03/03/2005 relatif au Livre II du Code de l'environnement, contenant le Code de l'eau (Partie II, Titre VII, Chapitre IV - Gestion durable de l'azote en agriculture). En ligne. Consolidation officieuse (consulté le 29/09/2026). Ces législations sont une réponse au problème de pollution diffuse dont il est question ici. Elles forment donc le cadre dans lequel cette thématique est gérée. La mise en œuvre de ces législations en Wallonie est traitée plus en détail dans la fiche d'indicateurs "Programme de gestion durable de l'azote en agriculture".
Raison d'être de la fiche d'indicateurs	Les apports d'azote aux sols favorisent la production végétale et améliorent la qualité des cultures. Ces apports peuvent se faire sous différentes formes (minérales, organiques) qui diffèrent notamment par la disponibilité de l'azote pour les végétaux et, dans le même temps, par sa mobilité dans le sol. En cas d'excès par rapport aux besoins des plantes, l'azote sous forme de nitrate (NO_3^-), très mobile, est entrainé par les eaux de ruissellement vers les masses d'eau de surface et par les eaux de percolation vers les masses d'eau souterraines. Il risque alors de dégrader leur qualité (eutrophisation des eaux de surface, dépassement de la norme de potabilité de 50 mg/l pour le nitrate dans les eaux souterraines). Selon la nature des apports, le nitrate est présent dans le sol directement (engrais azotés sous forme nitrique) ou après un certain délai nécessaire à sa formation par nitrification (engrais azotés sous forme ammoniacale) ou par minéralisation et nitrification (engrais azotés sous forme organique). Certains indicateurs permettent de simuler (modélisation EPICgrid dans le cas présent) et d'estimer (via les mesures de l'APL dans les sols situés en zones vulnérables conformément aux exigences du PGDA) l'importance des flux d'azote depuis les sols agricoles vers les eaux de surface et/ou souterraines (état) ainsi que leur évolution dans le temps (tendance). Les enjeux en termes de qualité des ressources en eau et le cadre législatif organisant la lutte contre ce phénomène de pollution diffuse justifient un suivi de ces indicateurs dans les rapports sur l'état de l'environnement wallon.

SECTION 3 : MÉTHODOLOGIE

INDICATEUR 1

Titre	Bilan d'azote des sols agricoles en Wallonie (1971 - 2025)
Description des paramètres présentés	Le bilan d'azote (N) des sols agricoles vise à estimer, pour ces sols, les entrées et les sorties cumulées de N. L'importance relative des différents éléments de ce bilan est modélisée à l'échelle de la Wallonie à l'aide du modèle hydrologique de bassin versant EPICgrid (Sohier,

	2011)[1]. Celui-ci intègre de nombreux paramètres (précipitations, températures, types et occupations des sols, croissance végétale, pratiques agricoles…). En entrée, les apports de N proviennent : • des engrais organiques ; • des engrais minéraux ; • des dépôts atmosphériques ; • de la fixation symbiotique (légumineuses). En sortie, les retraits de N sont imputables : • aux exportations par les cultures ; • aux pertes par volatilisation ; • aux pertes par ruissellement et par flux hypodermiques[2] lents vers les eaux de surface ; • aux pertes par lixiviation[3] vers les eaux souterraines ; • aux pertes par érosion vers les eaux de surface. Les résultats des simulations sont moyennés sur 5 ans pour lisser les particularités de certaines années, parce que la série temporelle est longue et que l'évolution est lente.
Unité(s)	/ (Bilan en base 100, entrées pour la période 1971 - 1975 = 100)
DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES	
Résultats du modèle EPICgrid	
Fournisseur des données	SPW ARNE - Département de l'environnement et de l'eau
Description des données	Pour chaque année (1971 - 2025), estimation par le modèle EPICgrid des quantités, en kt de N, attribuables aux différents postes du bilan énumérés plus haut (entrées, sorties).
Traitement des données	Une moyenne des valeurs annuelles est effectuée par périodes de 5 ans pour lisser les particularités de certaines années, parce que la série temporelle est longue et que l'évolution est lente. Les données sont présentées en base 100, en prenant comme base 100 les entrées pour la période 1971 - 1975. Pour certaines raisons exposées à la Section 4, les données ne sont pas présentées en valeurs absolues (kt de N).
INDICATEUR 2	
Titre	Flux d'azote (N) des sols agricoles vers les eaux de surface et les eaux souterraines en Wallonie (1971 - 2025)

[1] Sohier, 2011. Développement d'un modèle hydrologique sol et zone vadose afin d'évaluer l'impact des pollutions diffuses et des mesures d'atténuation sur la qualité des eaux en Région wallonne. Thèse de doctorat, Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique. En ligne (consulté le 06/10/2022).

[2] Écoulements dans les horizons superficiels du sol.

[3] Entraînement sous forme dissoute par les eaux de percolation vers les horizons de sol plus profonds.

Description des paramètres présentés	Les flux d'azote (N) des sols agricoles vers les ressources en eau sont estimés à l'aide du modèle EPICgrid (voir indicateur 1). Deux types de flux sont simulés : - vers les eaux de surface (par ruissellement et flux hypodermiques lents) - vers les eaux souterraines (par lixiviation) Les résultats des simulations sont moyennés sur 5 ans pour lisser les particularités de certaines années, parce que la série temporelle est longue et que l'évolution est lente.
Unité(s)	tonnes de N/an
DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES	
Output du modèle EPICgrid	
Fournisseur des données	SPW ARNE - Département de l'environnement et de l'eau
Description des données	Estimation par le modèle EPICgrid des flux de N vers les eaux de surface et souterraines, en t de N/an, chaque année sur la période 1971 - 2025.
Traitement des données	Une moyenne des valeurs annuelles est effectuée par périodes de 5 ans.
INDICATEUR 3 (CARTE)	
Titre	Concentration en nitrate (NO_3^-) dans les eaux de percolation en Wallonie (2021 - 2025)
Description des paramètres présentés	Carte des concentrations moyennes en nitrate à la base de la zone racinaire (1,5 m de profondeur), simulées à l'aide du modèle EPICgrid (voir indicateur 1) et moyennées sur la période 2021 - 2025. Cinq classes de concentrations sont considérées : ≤ 10 mg NO_3^-/l]10 - 25] mg NO_3^-/l]25 - 40] mg NO_3^-/l]40 - 50] mg NO_3^-/l > 50 mg NO_3^-/l Les calculs sont effectués par maille de 1 km^2. La carte présente en hachurés les zones vulnérables telles que définies par le PGDA (voir référence plus haut). Deux graphiques en secteurs présentent la distribution du territoire selon les classes de concentrations ci-dessus (i) pour l'ensemble de la Wallonie et (ii) pour la part du territoire wallon situé en zones vulnérables.
Unité(s)	mg NO_3^-/l

<table>
<tr><th colspan="2">DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES</th></tr>
<tr><th colspan="2">Output du modèle EPICgrid</th></tr>
<tr><td>Fournisseur des données</td><td>SPW ARNE - Département de l'environnement et de l'eau</td></tr>
<tr><td>Description des données</td><td>Estimation par le modèle EPICgrid des concentrations annuelles en nitrate à la base de la zone racinaire, en mg NO_3^-/l, pour chaque maille de 1 km^2.</td></tr>
<tr><td>Traitement des données</td><td>Une moyenne des valeurs annuelles est effectuée pour la période de 5 ans qui précède la dernière mise à jour.</td></tr>
<tr><th colspan="2">INDICATEUR 4</th></tr>
<tr><td>Titre</td><td>Azote potentiellement lessivable (APL) contrôlé en zones vulnérables en Wallonie. Valeurs moyennes par classe de culture (2008 - 2024)</td></tr>
<tr><td>Description des paramètres présentés</td><td>Au sein des zones vulnérables, des mesures de l'APL (kg N-NO_3^-/ha présent dans le sol en fin de saison agricole, entre le 15/10 et le 30/11) sont réalisées chaque année dans 3 parcelles de minimum 5 % des exploitations agricoles, choisies aléatoirement (soit près de 700 exploitations) à des fins de contrôle de conformité (voir la fiche d'indicateurs "Programme de gestion durable de l'azote en agriculture").

Les prélèvements de sol et les analyses de l'APL sont effectués dans les 90 premiers cm du sol. Ils sont réalisés par des laboratoires agréés selon des méthodes standardisées.

L'indicateur présente, pour les années 2008 à 2024, les valeurs moyennes d'APL pour les 8 classes de culture suivantes :

<table>
<tr><td>A1</td><td>Betteraves</td></tr>
<tr><td>A2</td><td>Céréales suivies d'une culture de printemps</td></tr>
<tr><td>A3</td><td>Céréales suivies d'une culture d'hiver, chicorée</td></tr>
<tr><td>A4</td><td>Maïs</td></tr>
<tr><td>A5</td><td>Pommes de terre</td></tr>
<tr><td>A6</td><td>Colza</td></tr>
<tr><td>A7</td><td>Légumes cultivés pour leurs feuilles, tiges ou fruits</td></tr>
<tr><td>A8</td><td>Prairies</td></tr>
</table>

En ce qui concerne la classe A2, le sol est laissé nu ou couvert d'une culture intermédiaire piège à nitrate (CIPAN) entre la culture de céréales et la culture implantée au printemps de l'année suivante. Semée au plus tard le 15/09, après la récolte principale, la CIPAN (moutarde, phacélie, avoine, ray-grass, seigle… en mélange ou non avec des légumineuses) permet d'absorber le nitrate présent dans le sol et d'éviter les pertes par lixiviation durant l'automne/hiver. Le nitrate et les autres éléments prélevés par la CIPAN, lentement restitués au sol après sa destruction (par le gel, par broyage, labour... à partir du 15/11), sont disponibles pour la culture semée au printemps.

Dans la classe A3, la culture d'hiver est une culture implantée en automne (froment d'hiver, orge d'hiver, colza d'hiver...), après la culture de céréales.

Les classes de culture A1 à A8 sont celles pour lesquelles des limites de tolérance sont établies chaque année dans le cadre du contrôle de conformité des exploitations agricoles pour l'APL. Pour plus d'information à ce sujet, voir la fiche d'indicateurs "Programme de gestion durable de l'azote en agriculture".</td></tr>
<tr><td>Unité(s)</td><td>kg N-NO_3^-/ha</td></tr>
</table>

DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES	
Valeurs moyennes d'APL par type de culture	
Fournisseur des données	Groupe de recherches environnement et ressources azotées (GRENeRA), Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech.
Description des données	Valeurs moyennes d'APL, par classes de culture (voir ci-dessus), pour l'ensemble de la Wallonie (2008 - 2024).
Traitement des données	Reprise des données sans traitement.

SECTION 4 : LIMITES DES INDICATEURS

Fiabilité et précision des données

Pour les indicateurs 1 à 3, les données présentées sont des résultats du modèle EPICgrid. Comme pour tout résultat de modèle, leur incertitude résulte de l'incertitude sur la structure du modèle, sur les variables d'entrée et sur les paramètres utilisés.

En ce qui concerne la structure du modèle, celui-ci reprend les équations de référence au niveau international. Les variables utilisées en entrée (variables climatiques, texture et teneur en carbone des sols, topographie, couverture végétale…) et les paramètres du modèle présentent une incertitude sur leur valeur et la manière dont celle-ci varie dans l'espace. Les variables utilisées en entrée sont cependant connues avec une bonne précision en Wallonie.

Bilan d'azote des sols agricoles (indicateur 1)

Pour certains postes du bilan, les résultats du modèle EPICgrid s'écartent des valeurs observées selon d'autres sources de données.

Ces écarts sont dus en particulier aux facteurs suivants :

- pour l'estimation du N organique, les valeurs estimées par EPICgrid pour le poste "engrais organiques" diffèrent de celles de la fiche d'indicateurs "Consommation d'engrais en agriculture" en raison notamment d'une base différente pour le calcul de la superficie agricole utilisée (SAU) (Carte d'occupation du sol 2007 pour EPICgrid contre SAU officielles/déclarées pour la fiche d'indicateur citée).

- pour l'estimation du N minéral, les valeurs estimées par EPICgrid pour le poste "engrais minéraux" diffèrent de celles de la fiche d'indicateurs "Consommation d'engrais en agriculture" en raison d'une désagrégation des quantités utilisées d'engrais par culture sur base de diverses hypothèses de calcul (cultures principales), désagrégation nécessaire pour que ces quantités puissent être utilisées en entrée dans le modèle EPICgrid.

Malgré ces différences, les contributions relatives des différents postes du bilan d'azote restent valables selon les auteurs du modèle. En conséquence, le bilan est présenté en valeurs relatives (indices en base 100) et non en valeurs absolues.

	Concentration en nitrate (NO_3^-) dans les eaux de percolation (indicateur 3) À défaut de disposer de mesures de concentrations en nitrate dans les eaux de percolation spatialement distribuées, des essais de validation du modèle ont été effectués par Sohier (2011) en comparant des concentrations en nitrate modélisées avec des mesures ponctuelles effectuées dans les eaux souterraines. Cette comparaison indique une concordance globale à l'échelle régionale, avec cependant des différences localement plus importantes. Pour une discussion plus détaillée des limites de cette comparaison et de ses résultats, voir Sohier (2011). Azote potentiellement lessivable (APL) (indicateur 4) Une analyse approfondie de l'indicateur APL pour l'évaluation de la gestion du nitrate en agriculture et du risque pour la qualité de l'eau a été effectuée par Vandenberghe (2016)[4]. Pour le volet agronomique, au travers d'expérimentations ou du traitement de résultats de contrôles APL, il a été démontré que l'indicateur était bien corrélé aux pratiques de fertilisation ainsi qu'à la gestion de l'interculture. La performance de l'indicateur en tant qu'outil d'évaluation de la gestion de l'azote pratiquée par l'agriculteur a donc pu être validée. Quelques facteurs d'incertitude (variabilité intraparcellaire, variabilité temporelle, densité apparente, charge caillouteuse) ont été quantifiés. Pour le volet environnemental, grâce à des observations réalisées pendant une dizaine d'années dans des parcelles équipées d'un lysimètre ou à l'échelle d'un petit bassin versant, la dépendance de la concentration en nitrate dans l'eau (base de la zone racinaire ou aquifère) à l'APL a pu être montrée, faisant de l'APL un indicateur valable pour le suivi de cette problématique. À ces éléments s'ajoutent les facteurs d'incertitude liés à l'échantillonnage (choix des exploitations, choix des parcelles, constitution d'échantillons composites) et à l'analyse. Ces facteurs d'incertitude sont réduits au minimum puisque l'échantillonnage et l'analyse sont effectués par des laboratoires agréés, selon des méthodes standardisées. Ils ne sont pas source de biais systématique. Une certaine marge d'incertitude sur la mesure est prise en compte dans l'établissement des limites de tolérance qui servent de référence pour juger de la conformité d'une parcelle donnée.
Manque de données	/

SECTION 5 : ÉLABORATION DE L'ÉTAT ET DE LA TENDANCE	
Paramètre évalué par le pictogramme	Flux d'azote des sols agricoles vers les eaux de surface et souterraines
ÉTAT	
Méthode d'attribution	/ (pas de référentiel)
Norme utilisée (si pertinent)	-
Référence(s) pour cette norme	-

[4] Vandenberghe, 2016. Performance de l'indicateur *Azote potentiellement lessivable* pour l'évaluation de la gestion du nitrate en agriculture et du risque pour la qualité de l'eau. Thèse de doctorat, Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique. En ligne (consulté le 06/10/2022).

TENDANCE	
Méthode d'attribution	Évaluation de la tendance en fonction de l'évolution des flux modélisés d'azote sur au moins 10 ans.
Norme utilisée (si pertinent)	-
Référence(s) pour cette norme	-

SECTION 6 : MISES À JOUR	
Date de dernière mise à jour de cette fiche méthodologique	Octobre 2026