

Thématique : Pollution Diffuse

Compartiment d'eau : Cours d'eau

DÉFINITION DE L'INDICATEUR

Cet indicateur consiste à ramener le flux interannuel de nitrates transférés vers les cours d'eau au volume écoulé sur la base du QMNA₅ de la masse d'eau et ce, dans le but de déterminer une concentration théorique d'impact.

Le flux interannuel de nitrates transférés vers les cours d'eau est à considérer comme la part du surplus azoté qui se retrouve dans les cours d'eau. Ce flux est calculé à partir des modèles nationaux CASSIS_N et NUTTING_N.

DONNÉES UTILISÉES AU CALCUL DE L'INDICATEUR

Libellé	Description	Type	Organisme producteur
Modèle CASSIS_N	Estimation des surplus azotés de 1955 à 2015	Couche géographique	Université de Tours / AFB
Modèle Nutting'N	Estimation des flux d'azote vers les masses d'eau de surface à partir du surplus azoté NOPOLU version 2007 associé à un coefficient de transfert INRA.	Couche géographique	INRA
QMNA ₅	Cartographie nationale des différents débits d'étiage de référence (module et QMNA5) révisée Agence de l'eau Adour Garonne	Couche géographique	AEAG
Zone vulnérable	Cartographie des zones vulnérables	Couche géographique	DREAL

LIMITES DE L'INDICATEUR

Pour le calcul du surplus azoté, le modèle CASSIS_N présente l'avantage vis-à-vis du modèle NUTTING_N d'utiliser des données plus précises (échelle communale avec secret statistique levé).

La donnée « Temps de séjour des plans d'eau » rentrant dans les fonctions de transfert du modèle NUTTING_N (flux de rétention) est aujourd'hui peu fiabilisée.

L'estimation des paramètres de temps de transfert et de géométrie des rivières du modèle NUTTING_N restent à consolider notamment sur les zones en tête de bassin où des incohérences ont été relevées.

La donnée QMNA₅ consensuel présente une fiabilité relative notamment dans les secteurs soumis à des soutiens d'étiage ou à forte pression prélèvement. Un travail est actuellement en cours afin de proposer un QMNA₅ plus en adéquation avec la connaissance terrain.

ENRICHISSEMENT PAR AVIS

ENRICHISSEMENT PAR AVIS D'EXPERTS BASSIN

PRÉCONISATION POUR DONNER UN AVIS MISEN

MÉTHODE DE CALCUL

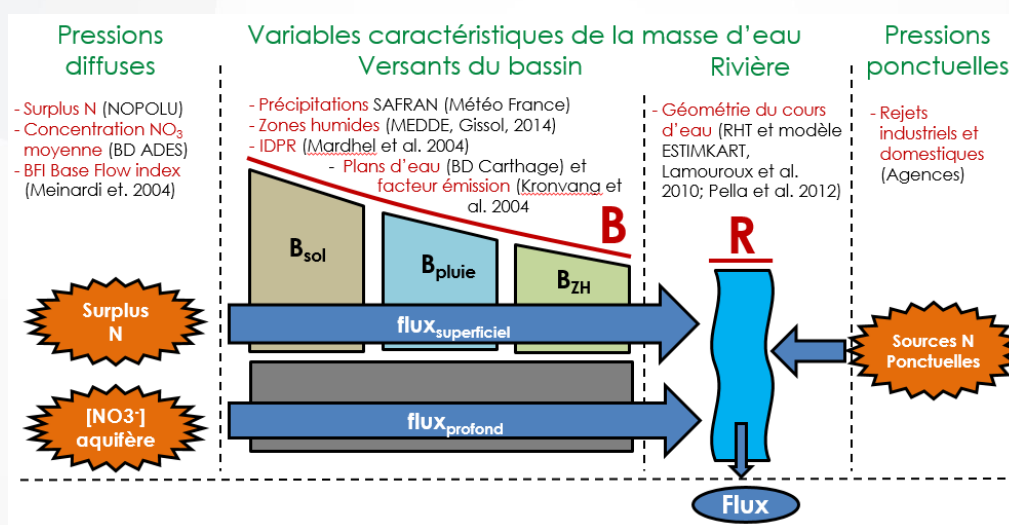
DESCRIPTION DÉTAILLÉE

Le degré de perturbation de la masse d'eau est considéré comme la proportion du flux de nitrates transférés au cours d'eau vis-à-vis du volume écoulé sur la base du QMNA₅.

Le flux de nitrates transférés au cours d'eau estimé en combinant :

- Le modèle **CASSIS_N** qui permet de définir à partir du Recensement Général Agricole (RGA) 2010 non anonymisé à l'échelle communale, un surplus azoté ;
- Le modèle **NUTTING'N** qui définit des coefficients de transferts des flux d'azote vers les cours d'eau à partir des caractéristiques physico-chimiques des bassins versants, des caractéristiques du réseau hydrographique et des éventuelles sources de rétention.

Le schéma ci-dessous illustre de façon synthétique l'imbrication des 2 modèles :



Le QMNA₅ (Q) mensuel (M) minimal (N) annuel (A) est le débit ayant la probabilité d'être atteint en moyenne une année sur 5 ou vingt années par siècle. Ce débit est un débit statistique apportant une information sur la sévérité de l'étiage.

Le flux transféré par masse d'eau est ensuite superposé aux zones vulnérables afin déterminer la significativité de la pression.

ALGORITHME DE CALCUL

$$\text{Pression diffuse} = \frac{(\text{Surplus azote Cassis Nou Surplus azote NOPOLU}) \times \text{coefficients de transfert Nutting'N}}{\text{volume mensuel écoulé sur la base du QMNA}_5}$$

UNITÉ DE CALCUL

mg/L de nitrates (NO₃).

INTERPRÉTATION DE L'INDICATEUR

L'indicateur est interprété au regard de 4 classes définies en concertation avec les experts bassin. **La pression est jugée significative si la masse d'eau est située en zone vulnérable.**

Sa représentation graphique est un plat de couleur à l'échelle du bassin versant de masse d'eau sur la classe de pression agrégée

CLASSE D'INTERPRÉTATION

Le flux transféré par masse d'eau est seuillé selon les 4 classes suivantes :

	[0 - 18 mg/l] : très faible,
	]18 - 40 mg/l] : faible,
	]40 - 50 mg/l] : moyenne,
	>50 mg/l : forte.

La pression est jugée significative si la masse d'eau est située en zone vulnérable.

INDICE DE CONFIANCE

L'indice de confiance est exprimé selon deux classes : faible ou fort. Il est considéré comme fort lorsque :

- Le flux transféré à la masse d'eau est faible à fort et que la masse d'eau est située en zone vulnérable,
- Le flux transféré à la masse d'eau est très faible et que la masse d'eau n'est pas située en zone vulnérable.



EN SAVOIR PLUS

BIBLIOGRAPHIE

Notice technique d'utilisation des modèles Nutting pour le calcul des émissions d'azote et de phosphore vers les eaux de surface ; Ovidiu Ursache, Rémis Dupas, Florentina Moatar, Chantal Gascuel-Odoux ; INRA/AFB ; Mai 2017

Comparaison des résultats issus des modèles CASSIS8N et NOPOLU pour l'année 2010 (échelle cantonale) ; Cécile Poisvert, Florence CURIE ; Université de Tours – UFR Sciences et Techniques, 06/11/2017

APPROFONDISSEMENT DE LA MÉTHODE

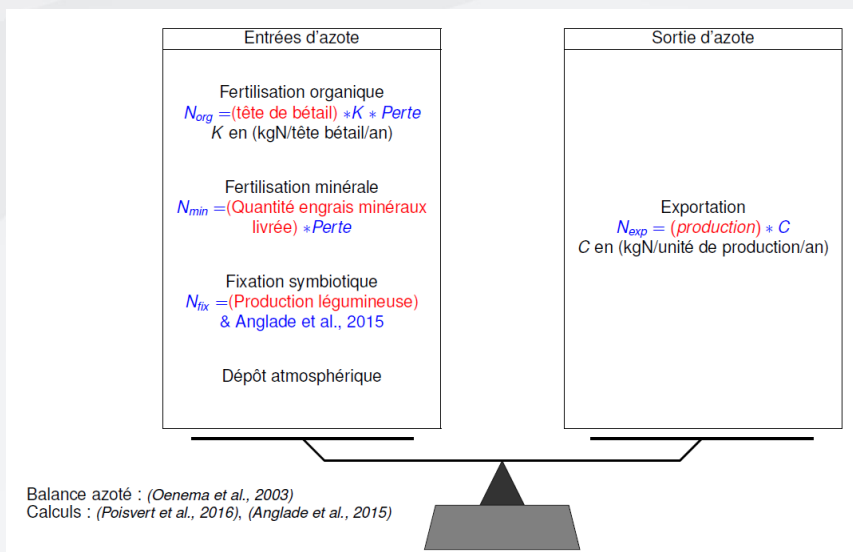
Le modèle CASSIS_N

Le modèle CASSIS_N repose sur le principe de la balance azoté de surface du sol permettant le calcul d'un surplus azoté défini comme étant le différentiel entre des entrées et des sorties d'azote.

Le schéma ci-dessous présente de façon simplifiée les différents postes pris en compte :

FICHE MÉTHODE

PRESSIION POLLUTION DIFFUSE AZOTE



Fertilisation organique : elle est calculée à partir de l'excrétion totale du cheptel modulée par un coefficient représentant la proportion d'azote excrétée non perdue vers l'atmosphère. Ce poste est calculé à partir des données du recensement Général Agricole (RGA) 2010 à l'échelle communale avec levée du secret statistique, rendements issus de la Statistique Agricole Annuelle (SAA) 2010.

Fertilisation minérale : elle est calculée à partir de la quantité des différents types de fertilisants minéraux modulée par un coefficient représentant la proportion d'azote excrétée non perdue vers l'atmosphère. Ce poste est calculé à partir des données de livraisons d'engrais minéraux azotés de l'Union des Industries de la Fertilisation (UNIFA),

Fixation symbiotique : la fixation du diazote atmosphérique est effectuée par des plantes de la famille des légumineuses (Fabacées). Certaines de ces plantes sont cultivées pour leur intérêt vis à vis de l'alimentation humaine ou animale. Leur culture représente un apport d'azote au système agricole par le biais de la fixation symbiotique qu'il convient de prendre en compte dans la balance azotée de surface du sol. Le modèle CASSIS_N calcule en utilisant l'équation d'Anglade et al., 2015 qui prend en compte aussi bien la partie aérienne que souterraine de la plante. Ce poste est calculé à partir des données suivantes : littérature scientifique internationale dont notamment les travaux d'Anglade et al., 2015 (INRA, CNRS)

Dépôts atmosphériques : Les dépôts atmosphériques sont issus du réseau IMEP qui permet, dans des zones éloignées de toute source de pollution, d'effectuer une surveillance continue des dépôts humides et des polluants gazeux et particuliers présents dans l'atmosphère. Ce poste est évalué à partir de moyenne des données du réseau EMEP (années 1980, 1993, 2000 et 2003 à 2010).

Exportation : L'export d'azote est calculé en fonction de la quantité récoltée pour chaque culture ainsi que sa teneur en azote. Une correction est apportée vis à vis des besoins fourragers du bétail présent pour le cas spécifique de La production d'herbe en provenance des Surfaces Toujours en Herbe (STH). Ainsi, le besoin fourrager de l'ensemble du bétail est approché par le postulat qu'un équivalent UGB alimentation grossière nécessite 52 quintaux de matière sèche (Soes, 2013).

Le modèle NUTTING'N

Le modèle Nutting'N développé par l'INRA estime le flux interannuel (kg/ha/an) de nitrates (NO₃) dans les eaux superficielles des bassins-versants en prenant en compte :

FICHE MÉTHODE

PRESSION POLLUTION DIFFUSE AZOTE

- Les **sources potentielles de rejet ponctuelles** (industrielles et domestiques) et **diffuses** (surplus de nutriments liés à l'agriculture) ;
- Les **caractéristiques physico-chimiques des bassins versants** (B) et du réseau hydrographique (R) nécessaires à l'appréciation du transfert vers les cours d'eau ;
- Les éventuelles sources de rétention

Ce modèle vise à résoudre statistiquement des équations de transfert tout en intégrant des variables caractéristiques des milieux d'émission et de transfert et ce, dans le but de quantifier le flux interannuel (kg/ha/an) de nitrates (NO₃) dans les eaux superficielles des bassins-versants.

L'équation générale est de type :

$$\text{Flux NO}_3 = R \times (B \times \text{Flux}_{\text{sup}} + \text{Flux}_{\text{prof}} + \text{Flux}_{\text{ponct}}) - \text{Dénit}_{\text{Plan d'eau}}$$

Avec :

- Le flux superficiel** (Flux_{sup}) correspond à la partie lessivée chaque année, principalement en hiver et dont le transfert vers les cours d'eau est rapide. Il se calcule à partir du **surplus moyen d'azote** estimé à l'échelle nationale par le modèle NOPOLU (modèle alternatif au modèle CASSIS_N) auquel est appliqué un coefficient (Base Flow Index (BFI)) correspondant à la proportion du débit des cours d'eau provenant des eaux souterraines.
- Le flux profond** (Flux_{prof}) correspond au flux transitant par les eaux souterraines. Il se calcule à partir des concentrations interannuelles moyenne de nitrates dans les eaux souterraines, de la lame d'eau annuelle moyenne écoulée auxquelles sont appliquées un coefficient (Base Flow Index (BFI)) correspondant à la proportion du débit des cours d'eau provenant des eaux souterraines.
- Le flux ponctuel** (Flux_{ponct}) correspond au flux interannuel moyen d'azote rejeté par les industries et stations d'épurations domestiques. **Ce flux n'est pas pris en compte dans l'indicateur.**
- Le flux de rétention** (Dénit_{Plan d'eau}) correspond à l'azote retenue dans les plans d'eau. Il se calcule à partir de la surface des plans d'eau et du temps de séjour dans les plans d'eau.

Ce modèle utilise des données calibrées sur la **période 2008-2012** et fournit un flux pour chaque maille du modèle.

Le modèle Nutting'N a été remis en place d'après 3 grandes étapes :

- Etape 1 : le calcul des flux de nutriments à l'exutoire des bassins versants de calibration,
- Etape 2 : la calibration d'une équation générale en fonction des caractéristiques des bassins versants,
- Etape 3 : Déploiement de l'équation calibrée sur l'ensemble des bassins disponibles (résultats du modèle).

ETAPE 1 :

Les différents flux de nutriments à l'exutoire sont calculés comme suit :

Le flux superficiel :

$$(1 - \text{BFI}) * \text{Surplus}_N$$

- BFI (Base Flow Index) : correspondant à la proportion (en pourcentage) du débit des cours d'eau alimenté par des eaux souterraines calculée selon la méthode de Meinardi et agrégée à la masse d'eau.
- Surplus_N : surplus moyen d'azote estimé à partir de la base de données NOPOLU et agrégé à la masse d'eau

FICHE MÉTHODE

PRESSION POLLUTION DIFFUSE AZOTE

Le flux profond

$$\text{Flux prof} = \text{BFI} \times Q_{\text{tot}} \times [\text{NO}_3]_{\text{prof}}$$

BFI (Base Flow Index) : correspondant à la proportion (en pourcentage) du débit des cours d'eau alimenté par des eaux souterraines calculée selon la méthode de Meinardi et agrégée à la masse d'eau.

Q_{tot} : lame d'eau annuelle moyenne écoulee agrégée à la masse d'eau estimée selon Sauquet (2006)

$[\text{NO}_3]_{\text{prof}}$: concentration interannuelle moyenne de NO_3 dans les eaux souterraines

Les données mobilisées pour calculer ces flux sont notifiées dans le tableau ci-dessous :

Variable	Unité	Information	Obtention	Producteur de la donnée originale	Référence	Format et résolution	Date ou Période
Flux_{sup}	kgN/ha/an	Flux superficiel estimé à partir du modèle Nopolu	Equivalent à la somme du bilan d'azote sur les surfaces agricoles y compris les dépôts atmosphériques	Données des statistiques agricoles	SOeS (2013)	Vecteur polygone	2008-2012
$\Rightarrow \text{Flux}_{\text{sup}} = (1 - \text{BFI}) * \text{Surplus}_N$							
Surplus_N	kgN/ha/an	Surplus moyen de N	Surplus NOPOLU agrégés à la masse d'eau	SOeS, MEDDE	SOeS (2013)	Vecteur polygone	2010
BFI	-	Proportion du débit des cours d'eau alimenté par des eaux souterraines	Calcul du BFI selon la méthode de Meinardi et moyennée à la masse d'eau	-	Meinardi et al., 1994	Raster 1km	-
$\text{Flux}_{\text{prof}}$	kgN/ha/an	Flux profond issu des nappes et concentrations en NO_3	Produit du débit « profond » (estimation) et des concentrations en NO_3 des nappes	Base de donnée ADES (concentrations nitrates)	Sauquet, 2006 (estimation des flux « profonds »)	Vecteur polygone	2008-2012
$\Rightarrow \text{Flux}_{\text{prof}} = \text{BFI} * Q_{\text{tot}} * [\text{NO}_3]_{\text{prof}}$							
Q_{tot}	mm	Lame d'eau annuelle moyenne écoulee	Moyenne agrégée à la masse d'eau de la lame d'eau annuelle écoulee	IRSTEA	Sauquet, 2006	Raster 1km	-
$[\text{NO}_3]_{\text{prof}}$	mg/L	Concentration interannuelle moyenne de NO_3 dans les eaux souterraines	Moyenne agrégée à la masse d'eau d'une interpolation spatiale par krigeage des données ponctuelles de concentration en NO_3 des eaux souterraines libres extraites des réseaux FR_S00 et FR_S05	Base de donnée ADES	-	Vecteur point et raster 50m	2008-2012
$\text{dénit}_{\text{plan et}}$	kgN/ha/an	Rétention interannuelle de N dans les plans d'eau	Calcul de la rétention en azote agrégée à la masse d'eau, à partir de la surface de plans d'eau, du temps de résidence dans les plans d'eau d'une masse d'eau donnée	BD Plan d'eau IRSTEA BD Carthage SANDRE	Folton et al., 2006 Kronvang et al., 2005	Vecteur polygone	-
$\text{Flux}_{\text{ponct}}$	kgN/ha/an	Flux interannuels moyens des rejets ponctuels de N	Moyenne des rejets ponctuels annuels agrégés à la masse d'eau	Agences de l'eau	-	Vecteur point	2008-2012

ETAPE 2 :

L'étape de calibration concerne essentiellement les coefficients de rétention B et R qui modulent le transfert. Un coefficient égal à 0 correspond à une rétention totale du bassin ou du cours d'eau tandis qu'une valeur de 1 traduit une rétention nulle, autrement-dit un transfert total de la source vers le cours d'eau. La calibration a été opérée pour 3 grands ensembles :

FICHE MÉTHODE

PRESSION POLLUTION DIFFUSE AZOTE

- Un ensemble national basé sur 233 bassins versants indépendants
- Un ensemble régional de socle basé sur des bassins versants ayant comme substrat majoritaire des roches granitiques et métamorphiques (151 bassins), situés sur les massifs des Vosges, Armoricaire, Central, Pyrénéen et Alpin.
- Un ensemble régional sédimentaire basé sur des bassins ayant des roches calcaires ou sédimentaires comme substrat (61 bassins), situés dans le Bassin Parisien et Aquitain, le Jura et le pourtour Méditerranéen.

Les variables d'intérêts utilisées pour la calibration des coefficients et leur pertinence pour chaque ensemble sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Variables		Model			
		Nutting N			Nutting P National
		National	Régional - Sédimentaire	Régional - Cristallin	
B	Pluie efficace (pe)	a	a	a	
	%Zph TF (MPH-TFF)	b		b	
	Forêt		b		a
	IDPR	c		c	b
R	Charge hydraulique (HL)	d	c	d	

Les coefficients B et R sont donc exprimés selon les équations suivantes :

- Nutting'N National :

$$B = \exp -(a * pe + b * MPHTFF + c * forêt + d * IDPR)$$

$$R = \exp -(d * HL)$$

- Nutting'N Sédimentaire

$$B = \exp -(a * pe + b * forêt)$$

$$R = \exp -(c * HL)$$

- Nutting'N Socle

$$B = \exp -(a * pe + b * MPHTFF + c * forêt + d * IDPR)$$

$$R = \exp -(d * HL)$$

- Nutting'P National :

$$B = \exp -(a * pe + b * IDPR)$$

Après résolution des équations, les valeurs suivantes ont été retenues pour chaque ensemble :

FICHE MÉTHODE

PRESSION POLLUTION DIFFUSE AZOTE

Coefficients du modèle : Calibration Nationale				Coefficients du modèle : Calibration BV sur socle			
Facteur	Variable	Coefficients	Valeur	Facteur	Variable	Coefficients	Valeur
B	<i>Pluie efficace</i>	<i>a</i>	9,83E+02	B	<i>Pluie efficace</i>	<i>a</i>	1,18E+03
	<i>% ZPH TF</i>	<i>b</i>	1,05E-02		<i>% ZPH TF</i>	<i>b</i>	8,43E-03
	<i>IDPR</i>	<i>c</i>	-6,04E-04		<i>IDPR</i>	<i>c</i>	-7,96E-04
R	<i>Charge hydraulique</i>	<i>d</i>	5,69E-04	R	<i>Charge hydraulique</i>	<i>d</i>	1,33E-03

Coefficients du modèle : Calibration BV sédimentaires			
Facteur	Variable	Coefficients	Valeur
B	<i>Pluie efficace</i>	<i>a</i>	291,30
	<i>% Forêt</i>	<i>b</i>	1,94E-04
R	<i>Charge hydraulique</i>	<i>c</i>	1,81E-03

Amélioration de l'estimation et de la fiabilité du QMNA₅

Travaux actuellement en cours.

ÉVOLUTION DE LA MÉTHODE VIS-A-VIS DE L'EDL 2013

Le surplus azoté est estimé à partir d'un nouveau modèle : CASSIS_N. Lors du cycle précédent, le modèle NOPOLU incorporé au modèle NUTTING'N était utilisé.

Le QMNA₅ naturel reconstitué issu du travail de l'IRSTEA a fait l'objet d'une révision en intégrant notamment la réalimentation de certains axes et l'accroissement de la connaissance sur les prélèvements.

Les référentiels masses d'eau superficielles et souterraines ont fait l'objet de modifications (suppression et ajout de nouvelles masses d'eau).