

PRESSIONS POLLUTIONS DIFFUSES NITRATES

Il s'agit d'évaluer les flux de nitrates d'origine agricole arrivant aux masses d'eau (de surface et souterraine) puis de déterminer les masses d'eau pour lesquelles les flux diffus de nitrates reçus, y compris des masses d'eau amont, sont significatifs actuellement et dans le futur.

A cet effet sont évalués successivement :

- la pression « brute », soit les flux d'azote issus des fertilisants minéraux et organiques appliqués sur les surfaces agricoles
- la part de cette pression brute transférée à la zone sous-racinaire du sol puis aux masses d'eau de surface et souterraine
- les impacts de ces flux sur la qualité en nitrates des masses d'eau, qui déterminent les pressions significatives.
- le risque de déclassement de la masse d'eau par les nitrates d'origine diffuse à l'échéance 2027

Caractérisation de la pression « brute » nitrates

Méthode bassin consistant à exploiter la base de données ARSEINE (Base de données Agricole Régionalisée sur le bassin SEIne-NormandiE).

Description :

La base de données ARSEINE a été conçue et renseignée par l'INRA de Mirecourt (SAD-ASTER) pour décrire et spatialiser les systèmes de production agricole du bassin dans le cadre d'un projet de modélisation de la pollution nitrique d'origine agricole des grands aquifères du bassin. Il s'agit d'une compilation des pratiques agricoles à l'échelle de 95 Unités de Modélisation Agricole (unités spatialement homogènes d'occupation des sols) sur une période allant de 1970 à 2013, issue d'un traitement de différentes sources de données existantes et qui a été soumise à un ensemble d'experts agricoles.

Nature et source des données renseignées dans la base :

ARSEINE comporte des informations relatives aux assolements, rotations et pratiques culturales. Les pratiques culturales prises en compte sont celles qui ont un impact sur le cycle de l'azote : travail du sol, dates de semis et de récolte, enfouissement des résidus de récolte, part de cultures intermédiaires implantées avant la culture (CIPAN), pratiques de fertilisation azotée minérale ou organique (fractionnement, doses en kg N/ha), type de prairie, conduite du pâturage, fauches, etc.

Les sources sont les suivantes :

- **Assolements et successions culturales** : Recensements agricoles (1970, 1979, 1988, 2000, 2010), Enquête TerUti Lucas
- **Itinéraires techniques** : Enquêtes pratiques culturales (grandes cultures 2011, prairie 1998-2001-2006, vigne 2006)
- **Rendements** : Statistiques Agricoles Annuelles.

L'ensemble de ces données a été complété et validé par des **expertises locales** : réalisation d'enquêtes auprès d'experts des chambres d'agriculture, instituts techniques, coopératives, organismes économiques...

Les successions culturales et les itinéraires techniques sont représentés sur 4 grandes périodes homogènes : 1970-1985, 1985-1993, 1993-2006 et 2006-2013.

Limites :

- La base de données ARSEINE donne une estimation sur un temps long des assolements et des pratiques agricoles associées, représentative des pratiques du bassin en termes d'évolution globale

Cette fiche décrit les travaux prévus au stade d'avancement actuel de l'état des lieux. Si nécessaire, des modifications et ajustements pourront être apportés au cours de l'avancement des travaux.

et de répartition spatiale. Elle ne permet pas de restituer précisément les particularités locales du bassin.

- Les successions et pratiques culturales sont représentées sur 4 périodes « homogènes », il y a donc un lissage des évolutions par tranche de 10 années alors que les changements de pratiques ou d'assolement se font progressivement et en fonction du contexte économique et législatif (ex. des retournements de prairies ou de l'implantation des CIPAN).

- Faute de données, le drainage n'est pas renseigné dans la base alors que c'est un facteur important de transport des éléments nutritifs, des pesticides et de l'eau. L'expertise locale permettra de tenir compte de cet aspect.

- Les assolements ne sont pas différenciés en fonction des types de sols ou de la topographie.

- Les données d'entrée ne vont que jusqu'en 2013 et n'intègrent pas les effets du dernier programme d'action nitrates. Toutefois, les experts consultés, du conseil scientifique et du PIREN Seine, ainsi que des mesures de reliquats entrée hiver réalisées sur le bassin, n'indiquent aucune évolution significative depuis 2013.

De plus, une comparaison réalisée entre les données ARSEINE de la période récente (2006-2013) et des données techniques de l'agence collectées dans le cadre des suivis de reliquats azotés dans les départements de l'Eure et de la Seine-Maritime sur les années 2015, 2016, et 2017, montre que globalement les pratiques décrites dans la période 2006-2014 d'ARSEINE sont très proches de celles récoltées entre 2015 et 2017 pour les zones concernées (exemple : date de semis) ; quelques différences sont observées notamment dans les niveaux de fertilisation sur blé et colza qui semblent plus faibles dans ARSEINE que dans les pratiques actuelles.

Evaluation des flux de nitrates transférés à la zone sous racinaire du sol puis respectivement aux masses d'eau de surface et aux masses d'eau souterraine

Méthode bassin utilisant la chaîne de modélisation STICS-MODCOU et la base de données ARSEINE ainsi que, pour les masses d'eau de surface, le couplage de STICS-MODCOU avec le modèle RIVERSTRAHLER, complétée d'expertises locales sur les résultats.

Description :

À partir de la caractérisation du climat, du sol, de l'espèce cultivée et des techniques culturales appliquées, le modèle agronomique STICS développé par l'INRA calcule notamment les flux d'eau et de nitrates sortant de la zone sous-racinaire du sol. STICS prend en compte les données de pratiques culturales d'ARSEINE, mais aussi les apports atmosphériques via les eaux de pluie, ainsi que l'évolution du stock dans le sol. Le modèle a été déployé à l'échelle du bassin Seine-Normandie sur plus de 11 500 mailles de modélisation correspondant au croisement entre la représentation des pratiques agricoles, la grille des données météorologiques et les types de sols - et sur la période 1971-2013.

Le couplage de STICS avec le modèle hydrologique et hydrogéologique MODCOU, développé par MINES ParisTech, permet de modéliser les transferts de nitrates dans les eaux de ruissellement d'une part, dans les eaux d'infiltration d'autre part. Un schéma du principe de ce couplage figure en annexe ci-jointe.

Données d'entrée :

- **Climat** : Base de données SAFRAN (Météo-France)
- **Sol** : Base de données sol (INRA Orléans)
- **Paramètres « culture »** : Base de données STICS (INRA Avignon)
- **Successions et pratiques culturales** : base de données ARSEINE (INRA Mirecourt)
- **Occupation du sol** : Corine Land Cover

Exploitation, traitement et données de sortie :

STICS fournit pour chaque maille de modélisation un flux moyen interannuel d'azote sous-racinaire (en kg/ha/an) et une concentration sous-racinaire moyenne en nitrates (en mg/L).

STICS-MODCOU fournit des flux de nitrates (kg/an) transférés aux eaux de surface (ruissellements de surface et sub-surface, apports des nappes) et des concentrations en nitrates dans les systèmes aquifères (en mg/L).

Limites :

Au-delà des limites inhérentes à la base de données ARSEINE déjà mentionnées, la méthode présente d'autres limites :

- Toutes les cultures ne sont pas simulées (21 types étudiés, dont les prairies) dans STICS.
- Le mode de culture « Agriculture Biologique » n'est pas pris en compte par STICS (puisque les rendements sont calibrés pour des cultures conduites en conventionnel). Toutefois, les surfaces en agriculture biologique ne représentent en 2016 que 2,9% de la SAU du bassin (y compris en conversion).

Par ailleurs, comme dans toute modélisation, une phase de calibrage ou de validation des résultats sur des données mesurées est nécessaire. La lixiviation des nitrates (concentration en nitrate sous-racinaires) étant difficilement mesurable sur le terrain en tout point (contrairement à la concentration en nitrate au point de captage), les mesures de terrain suivantes ont été utilisées pour valider localement les résultats des simulations agronomiques : réseaux de mesures de reliquats azotés entrée hiver dans les départements de Seine-Maritime, de l'Eure et de l'Eure-et-Loir, réseau de bougies poreuses sous des rotations menées en agriculture conventionnelle et en agriculture biologique (projet ABAC mené par l'UPMC avec le soutien de l'Agence). Cette validation garantit une bonne fiabilité du modèle.

Cas des transferts aux eaux de surface

Un deuxième couplage, entre STICS-MODCOU et le modèle hydrographique et biogéochimique RIVERSTRAHLER (UMR METIS, Sorbonne-Université) permet de déterminer les flux nitriques et hydriques transférés à chaque masse d'eau cours d'eau.

Ce couplage a été réalisé en 2018 par METIS et ARMINES¹ par croisement des bassins versants élémentaires (BVE) de RIVERSTRAHLER avec le maillage de surface de STICS/MODCOU. Il prend en compte l'abattement des nitrates dans les zones riveraines des cours d'eau (ou zones ripariennes).

A partir des données d'entrée de STICS sur la période 2010-2016 ont été produits des flux moyens d'apport d'azote nitrique diffus par masse d'eau (kg/km² de bassin versant) au pas de temps décadaire ainsi que les concentrations moyennes correspondantes (mg/l). Ces concentrations traduisent **l'intensité de la pression agricole en nitrates** qui s'exerce sur la masse d'eau en provenance de son bassin versant.

Evaluation des pressions significatives au regard de l'impact sur les eaux de surface

Méthode bassin dont les critères et les seuils sont les suivants :

1/ la classe de qualité nitrates par masse d'eau (selon l'état écologique EDL 2019).

L'intensité de la pression agricole en nitrates par masse d'eau (concentration moyenne annuelles en nitrates des apports à la masse d'eau) telle que déterminée par la chaîne de modélisation STICS-

¹ Modélisation des apports diffus d'azote et de phosphore aux masses d'eau de surface du bassin Seine-Normandie – Rapport FIRE/METIS/ARMINES, octobre 2018.

Cette fiche décrit les travaux prévus au stade d'avancement actuel de l'état des lieux. Si nécessaire, des modifications et ajustements pourront être apportés au cours de l'avancement des travaux.

MODCOU-RIVERSTRAHLER a été répartie en 5 classes : 1 : ≤ 10 mg/L ; 2 :]10 - 25 mg/L] ; 3 :]25 - 37,5mg/L] ; 4 :]37,5-50 mg/L] ; 5 : > 50 mg/L. Le croisement de la classe de qualité nitrates de la masse d'eau avec cette intensité de pression permet d'estimer la provenance majoritaire des nitrates : majoritairement du bassin versant (intensité de pression forte) ou partagée entre le bassin versant et l'amont du cours d'eau (intensité de pression faible à moyenne).

2/ La contribution des pressions diffuses (lessivage des sols agricoles) à l'impact global des nitrates déterminé à l'aval de chaque masse d'eau au moyen du modèle PEGASE (voir présentation du modèle PEGASE en annexe ci-jointe). Pour le scénario de l'EDL 2019, ce sont les données d'apport en nitrates par masse d'eau issues de la chaîne de modélisation STICS-MODCOU-RIVERSTRAHLER qui ont été importées dans PEGASE.

La pression en nitrates diffus n'est considérée comme significative que si la masse d'eau est déclassée par les nitrates (classe 3, > 50 mg/L) et si la contribution des pressions diffuses est supérieure à 40%.

La matrice d'identification de pressions significatives en nitrates diffus sur la masse d'eau est la suivante :

Condition : contribution des pressions diffuses à l'impact global nitrates $> 40\%$		classes qualité NO3 de la ME		
		1	2	3
		≤ 10 mg/L]10 - 37,5]]37,5- 50] > 50 mg/L
classes intensité pression du BV sur la ME	1	Pression non significative		Pression significative – provenance bassin versant et amont
	2			Pression significative – provenance bassin versant et amont
	3			Pression significative – provenance bassin versant et amont
	4			Pression significative - provenance majoritaire du bassin versant
	5			Pression significative - provenance majoritaire du bassin versant

Identification des pressions significatives sur les masses d'eau côtières et de transition :

Pour les masses d'eau côtières et de transition, il a été considéré le déclassement de la masse d'eau au regard de l'azote inorganique dissous, des paramètres phytoplancton et des échouages d'algues vertes.

Pressions en nitrates causes de RNAOE 2027 pour les eaux de surface

L'évaluation des masses d'eau superficielles pour lesquels les **nitrates diffus** sont une cause de risque de non atteinte des objectifs environnementaux en 2027 se base sur les éléments suivants (déclinaison de la méthode décrite en fiche 9-évaluation du RNAOE 2027) :

- Les masses d'eau (hors masses d'eau côtières et de transition) où les **apports en nitrates diffus ont des impacts forts et non encore visibles** à travers l'état de la masse d'eau, identifiées en croisant la qualité mesurée et l'intensité de la pression. Il s'agit des masses d'eau où le seuil d'alerte de 37,5 mg/L est dépassé pour la qualité comme pour l'intensité de pression

Cette fiche décrit les travaux prévus au stade d'avancement actuel de l'état des lieux. Si nécessaire, des modifications et ajustements pourront être apportés au cours de l'avancement des travaux.

		Classe qualité nitrates			
		1	2		3
		≤10 mg/L]10-37,5] mg/L]37,5-50] mg/L	>50 mg/L
Classe d'intensité de la pression (concentration de l'apport diffus)	1				
	2				
	3				
	4				
	5				



Masses d'eau où les apports diffus ont des impacts forts et non encore visibles sur l'état DCE de la masse d'eau



Masses d'eau déclassées par les nitrates (en pression significative actuelle et à l'horizon 2027)

- Les **évolutions du contexte** impactant les nitrates diffus. Certaines concernent le bassin Seine-Normandie dans son ensemble et d'autres ont été déclinées selon le contexte local. Elles sont détaillées dans la fiche « les grandes tendances d'évolution du contexte impactant la pression » accessible sur Géo-SN dans le diagnostic bassin de la pression à l'horizon 2027.
- **L'effet de l'avancement des actions** du programme de mesures actuel n'a pas été jugé suffisant pour réduire à l'horizon 2027 les pressions en nitrates à l'échelle de la masse d'eau (ces actions devraient donc être poursuivies sur le cycle 2022-2027).
- Pour les **masses d'eau côtières et de transition**, une approche statistique a pu être menée pour prendre en compte les tendances des paramètres caractéristiques de l'eutrophisation.

Ainsi, selon les cas, l'analyse de ces éléments nous a conduits à maintenir en 2027 une pression significative actuelle, ou bien à porter une alerte d'apparition d'une pression significative et donc déclassante à l'horizon 2027.

Evaluation des pressions significatives actuelles au regard de leur impact sur les eaux souterraines

Exploitation, traitement et données de sortie :

La significativité de la pression azotée exercée sur les masses d'eau souterraines a été établie au regard des concentrations sous racinaires (CSR) annuelles simulées par la chaîne de modélisation STICS-MODCOU sur une période allant de 1971 à 2027.

- Un premier traitement a été réalisé pour extraire le pourcentage de la surface affleurante de la MESO dont la CSR moyenne annuelle est supérieure à 37,5 mg/L ;
- Un deuxième traitement a consisté à ajuster ces pourcentages en fonction de la surface totale de la masse d'eau (avec un coefficient représentant la part de la surface de la masse d'eau qui est affleurante) ;
- Un troisième traitement a été réalisé pour compter le nombre d'années pour lesquelles le pourcentage de la surface totale de la MESO ayant une CSR supérieure à 37,5mg/L est supérieur à 20% pour chacune des 3 périodes de simulation définies ci-après :
 - o 1971-2011 pour évaluer la pression "ancienne" ;
 - o 2012-2017 pour évaluer la pression "actuelle" ;
 - o 2018-2027 pour évaluer la pression "future" et donc le risque 2027 (cf. paragraphe suivant).

La pression azotée sur la MESO est considérée comme significative quand ce nombre d'années est supérieur ou égal à la moitié des années modélisées (pour la pression actuelle, on considère la période 2012-2017, pour la pression 2027, la période 2018-2027).

L'expertise locale apportée par les services de l'agence de l'eau et de l'Etat, prenant en compte les données de surveillance disponibles, permet d'affiner les résultats de cette méthode. Notamment, la pression nitrates sur des masses d'eau respectant ces critères mais dont l'état ne présente pas encore de déclassement pour le paramètre nitrates n'est pas retenue comme significative en 2019.

Limites :

- Les transferts rapides caractéristiques des zones karstiques représentent une difficulté pour la modélisation : la corrélation entre flux d'eau simulés et flux d'eau observés n'est plus assurée à une échelle spatiale fine. Ainsi, les concentrations en nappe au droit de ces zones semblent parfois largement sous-estimées (Pays de Caux, vallées de la Risle et de l'Eure). Sur ces secteurs, l'expertise s'appuiera sur les données de surveillance, et les études locales disponibles.

- Le calcul des flux d'eau (et donc des éléments dissous, dont les nitrates) ruisselés et infiltrés étant essentiellement fonction de la nature du sol, les données du GIS-Sol à échelle 1 millionième ne sont pas assez précises pour permettre une représentation fine des sols diversifiés du bassin.

Pressions en nitrates causes de RNAOE 2027 pour les eaux souterraines

L'évaluation des **masses d'eau souterraines pour lesquelles les nitrates diffus** sont une cause de risque de non atteinte des objectifs environnementaux en 2027 se base sur les éléments suivants (déclinaison de la méthode décrite en fiche 9-évaluation du RNAOE 2027) :

- **L'intensité de pression** a été considérée cause de risque 2027 quand plus de 20% de la surface est concernée par une concentration sous-racinaire moyenne annuelle en nitrates supérieure à 37,5 mg/L, pendant plus de la moitié de la période 2018-2027.
- De manière complémentaire, une **approche statistique** a pu être menée pour prendre en compte les tendances d'évolutions des concentrations de nitrates et leur projection à 2027.
- Les **évolutions tendancielles du contexte** impactant les nitrates diffus ont été prises en compte. Certaines concernent le bassin Seine-Normandie dans son ensemble et d'autres ont été déclinées selon le contexte local. Elles sont détaillées dans la fiche « les grandes tendances d'évolution du contexte impactant la pression » accessible sur Géo-SN dans le diagnostic bassin de la pression à l'horizon 2027.
- **L'effet de l'avancement des actions** du programme de mesures actuel n'a pas été jugé suffisant pour réduire à l'horizon 2027 les pressions en nitrates à l'échelle de la masse d'eau souterraine. Il a été jugé qu'il devait être poursuivi sur le cycle 2022-2027.

Ainsi, selon les cas, l'analyse de ces éléments nous a conduits à maintenir en 2027 une pression significative actuelle, ou bien à porter une alerte d'apparition d'une pression significative à l'horizon 2027.

Evolutions méthodologiques depuis l'EDL 2013

Les travaux de l'EDL 2019 bénéficient de la base ARSEINE, qui n'était pas disponible pour l'EDL 2013, ainsi que du perfectionnement du couplage entre STICS et MODCOU et de la possibilité nouvelle d'utiliser les sorties de STICS-MODCOU en entrée d'un modèle de propagation des flux polluants dans le réseau hydrographique de surface.

PEGASE (présenté en annexe) est le modèle hydrographique retenu pour l'EDL 2019. Il se substitue au modèle SENEQUE précédemment utilisé. Il est également utilisé par quatre autres bassins.

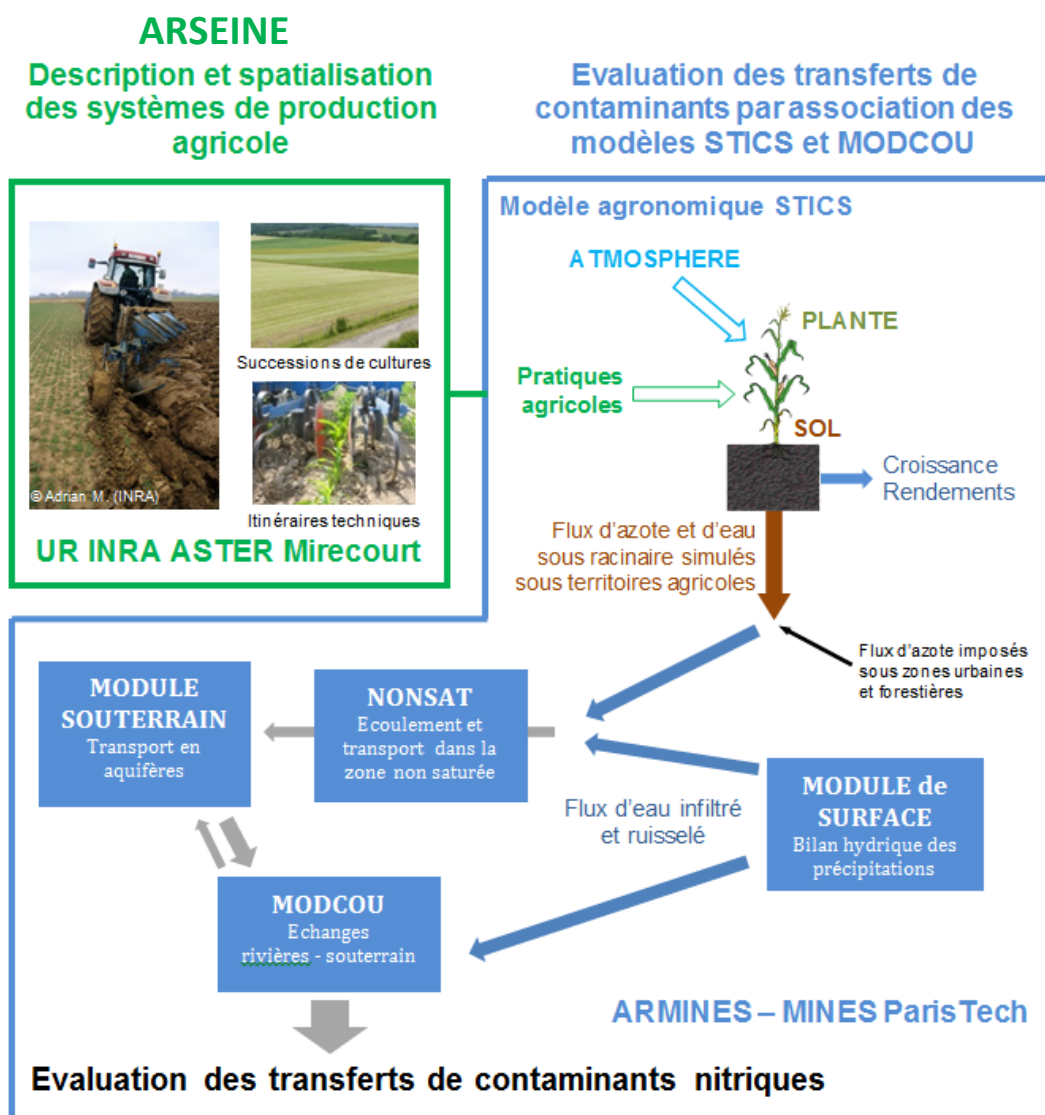
Cette fiche décrit les travaux prévus au stade d'avancement actuel de l'état des lieux. Si nécessaire, des modifications et ajustements pourront être apportés au cours de l'avancement des travaux.

L'association de ces différents outils permet, pour le bassin Seine-Normandie, des modélisations des pollutions diffuses des eaux de surface et des eaux souterraines par les nitrates plus fiables que celles obtenues avec les modèles proposés au niveau national.

La mobilisation de ces outils est possible dans la mesure où l'agence dispose de données d'observation suffisantes (réseaux de reliquats azotés, pratiques agricoles, suivis qualité des eaux,...) pour confronter les résultats aux observations.

Annexe à la fiche méthode n°4

1 - Schéma du couplage STICS-MODCOU



2 – Présentation de PEGASE

Description :

PEGASE -Planification et Gestion de l'Assainissement des Eaux- est un modèle déterministe développé par l'Université de Liège (Aquapôle) qui permet le calcul prévisionnel de la qualité physico-chimique des eaux des rivières en fonction des apports et rejets polluants, dans des conditions hydrologiques diverses. C'est un modèle intégré bassin versant/réseau hydrographique. Il comprend un sous-modèle hydrologique et hydrodynamique, un sous-modèle thermique et un sous-modèle de la qualité de l'eau et du fonctionnement de l'écosystème aquatique. Il représente de façon structurée les rejets urbains, les rejets industriels, le rôle des stations d'épuration, les rejets dus aux activités d'élevage et les apports diffus des sols. Pour en savoir plus sur le modèle : <http://www.aquapole.ulg.ac.be/?pg=3002>.

Cette fiche décrit les travaux prévus au stade d'avancement actuel de l'état des lieux. Si nécessaire, des modifications et ajustements pourront être apportés au cours de l'avancement des travaux.

Les impacts de ces pressions sur les cours d'eau sont estimés pour chacun des paramètres caractéristiques de la qualité physico-chimique, notamment les nitrates. PEGASE simule les concentrations dans le milieu par modélisation de la propagation des flux de pollution en tenant compte de l'autoépuration. Conformément aux règles de la DCE, les impacts sont évalués en situations défavorables, les simulations pour l'état des lieux sont donc calées sur des débits d'étiage.

Le modèle est calibré et validé au moyen de comparaisons entre données simulées et données mesurées issues des réseaux de surveillance de la qualité des cours d'eau.

Données d'entrée :

- Données relatives à la représentation du réseau hydrographique, de ses bassins versants, ainsi que de son fonctionnement hydrologique et biogéochimique.
- Données relatives aux flux polluants ponctuels apportés aux cours d'eau (cf. fiche 2).
- Données d'occupation du sol et de pratiques agricoles.

Le modèle peut également, sous condition de compatibilité des formats, être directement alimenté par des données de flux polluants diffus arrivant aux cours d'eau. C'est ainsi que, pour le scénario de l'EDL 2019, l'AESN a choisi d'importer les données de flux en nitrates issues de la chaîne de modélisation STICS-MODCOU-RIVERSTRAHLER.