



FICHE 1 · LES DONNÉES UTILISÉES

CONTEXTE

Catalogue de métadonnées.

Chacun des outils employés pour les simulations prospectives fait appel à une série de données dont les caractéristiques et la traçabilité ont fait l'objet d'un catalogue de données. Ce catalogue a été défini dans le cadre du projet INTERREG IV « Liaison Opérationnelle pour la Gestion de l'Aquifère Rhénan - LOGAR ».

Le catalogue permet de décrire les informations nécessaires au fonctionnement des outils. Ces derniers sont classés en fonction de différentes rubriques : le sujet concerné, l'aire couverte, son origine et son mode d'élaboration, son nom, son possesseur, sa typologie, sa géométrie, sa dimension temporelle, son utilisation immédiate et son utilisation générale.

La diversité des paramètres et des données se traduit dans ce catalogue de métadonnées par une variation notable dans la quantité et le détail des informations présentées.

RÉSULTATS

Les différentes bases de données concernent :

- Les pratiques agricoles
- Les prélèvements
- Les sols
- Les débits des cours d'eau
- La piézométrie
- La qualité des eaux souterraines
- La géologie

À RETENIR

Un taux de couverture hivernale proche de 50%.

• Le maïs grain occupe plus de la moitié de la surface en terres labourables du territoire de la nappe de la plaine du Rhin supérieur, suivi par le blé d'hiver, l'orge, le maïs fourrage, et les betteraves sucrières. Grâce aux cultures d'hiver, aux prairies temporaires et à l'utilisation des cultures intermédiaires, le taux de couverture hivernale des terres arables atteint environ 40 % en 2014 en Alsace, 60 % en Bade-Wurtemberg. La pression d'azote liée aux élevages est relativement faible dans la plaine, et un peu plus élevée dans les parties montagneuses (Vosges/Forêt-Noire) en bordure de l'aquifère.

• Les prélèvements d'eau ont augmenté jusqu'à la fin des années 90. Ils sont en baisse depuis.

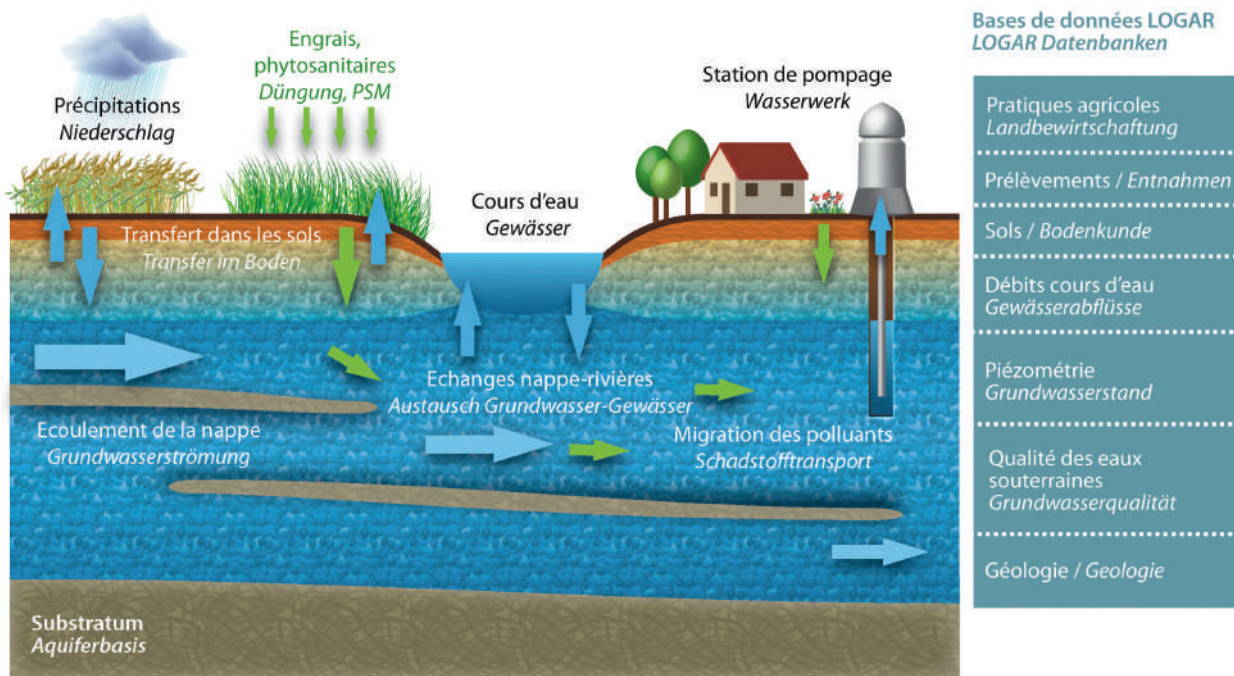
• Évalué à 90 m³/s en moyenne, l'apport des débits des cours d'eau de la Forêt-Noire est nettement plus important que celui issu des Vosges qui n'atteint que 60 m³/s.

Plus d'informations :
www.logar2050.eu

FIGURE CLÉ

FIGURE 1 Schéma de principe du fonctionnement de la nappe rhénane, principaux processus modélisés par le réseau LOGAR et banques de données du réseau LOGAR.

Plus d'info sur : www.logar2050.eu





FICHE 2 · OUTILS DE MODELISATION

CONTEXTE

Pour la réalisation des simulations prospectives, des modèles sont nécessaires.

Pour effectuer des simulations sur l'évolution de la qualité de la nappe rhénane, et évaluer l'impact des pratiques humaines au regard de la problématique des pollutions diffuses par les nitrates et les produits phytosanitaires, il est nécessaire de disposer de différents modèles mathématiques pour reproduire les mécanismes en jeu dans le milieu naturel.

Ces outils, permettant d'effectuer les simulations sur la pollution des eaux souterraines par les nitrates et les produits phytosanitaires dans le Rhin supérieur, sont des modèles dont la conception et la discrétisation temporelle ou spatiale diffèrent. Le choix du système de modélisation par le réseau LOGAR s'est effectué pour l'essentiel en tenant compte de la pertinence et de la disponibilité des données et ainsi que des possibilités techniques de mise en œuvre. Ainsi, ont été utilisés des modèles de simulation numérique (MODFLOW couplé à MT3DMS et MACRO), un modèle de bilan hydrique de type déterministe (GWN-BW), un modèle conceptuel de bilan azote (STOFFBILANZ) et différents modèles de régression (Q-Regio, RheinWsp).

RÉSULTATS

Des modèles éprouvés issus des domaines de l'hydrologie et de l'agriculture ont été couplés.

Les modèles concernent chacun différents mécanismes ou modules de fonctionnement (transfert vers la nappe des nitrates et des produits phytosanitaires, hydrologie, écoulement des eaux souterraines). Ils font l'objet de couplage plus ou moins fort. L'échange d'informations, au-delà des limites des modèles, s'effectue via des formats de données définis. Les modèles adaptés et validés dans le cadre du réseau LOGAR sont les suivants :

- le modèle STOFFBILANZ, géré par le Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), simule les transferts de nitrates dans les sols vers la nappe rhénane ;
- le modèle de bilan hydrique GWN-BW de calcul des précipitations efficaces à l'échelle de la nappe du Rhin supérieur, géré par la Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) ;
- le modèle hydrodynamique MODFLOW/MT3DMS pour le calcul des écoulements et du transport des eaux souterraines la nappe du Rhin supérieur, géré par la Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) ;
- le Modèle Q-Regio de calcul des débits des cours d'eau superficiels issus des bassins versants, géré par la Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) ;
- le modèle MACRO pour le calcul du transfert des produits phytosanitaires dans les sols vers la nappe rhénane, géré par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).

À RETENIR

Les simulations prospectives sont basées sur 3 modules et 8 modèles imbriqués :

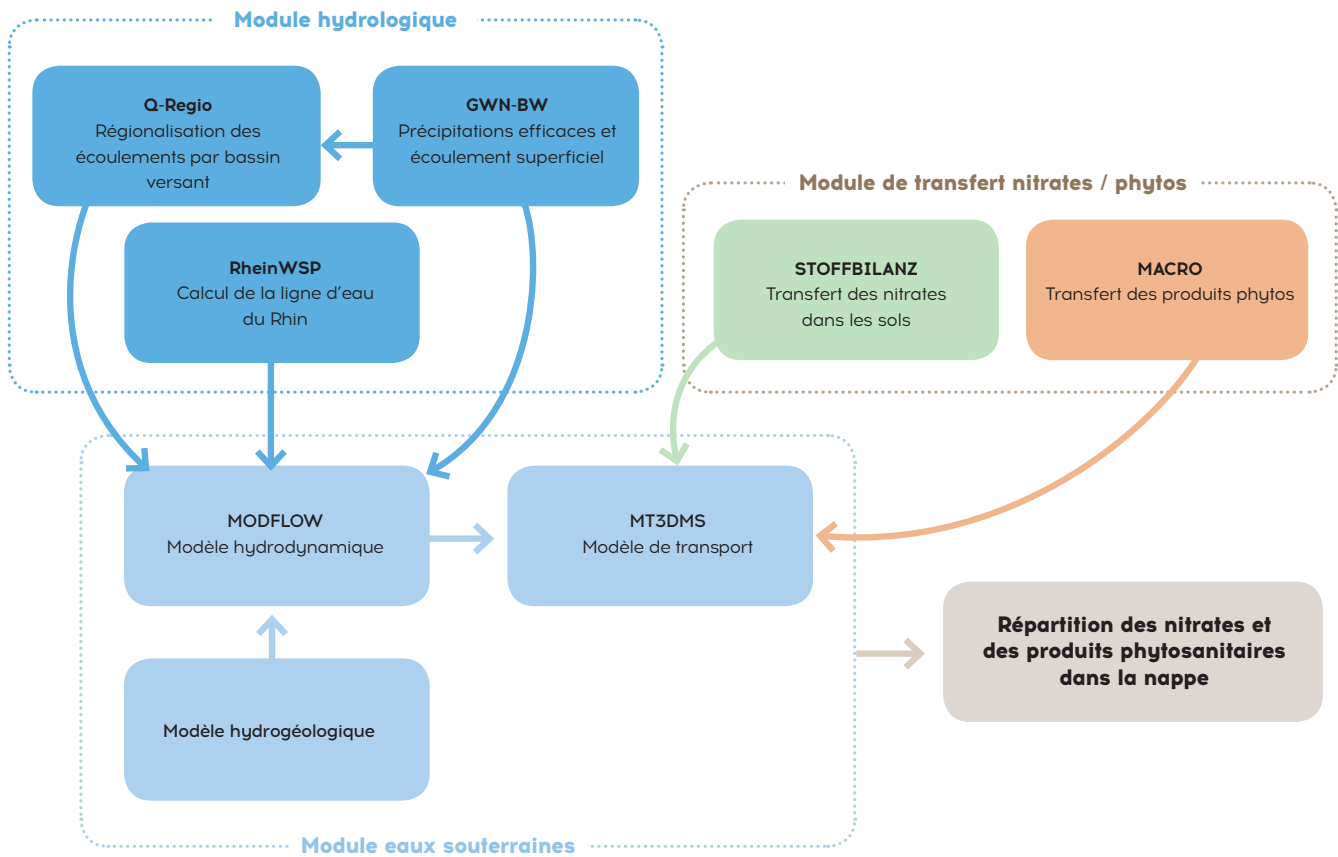
- > Module Hydrologique :
 - Modèle Q-Regio : régionalisation des écoulements superficiels par bassin versant
 - Modèle GWN-BW : précipitations efficaces et écoulement superficiel
 - Modèle RheinWSP : calcul de la ligne d'eau du Rhin
- > Module Eaux souterraines :
 - Modèle MODFLOW : modèle hydrodynamique
 - Modèle MT3DMS : modèle de transport
 - Modèle Hydrogéologique
- > Module de transferts des nitrates et des produits phytosanitaires :
 - Modèle STOFFBILANZ : transfert des nitrates dans les sols
 - Modèle MACRO : transfert des produits phytosanitaires

Plus d'informations :
www.logar2050.eu



FIGURE CLÉ

Couplage des modèles et flux de données.



FICHE 3 · BILAN HYDROLOGIQUE

CONTEXTE

Les eaux souterraines s'écoulent lentement à travers d'épaisses couches de gravier vers le nord.

Le modèle hydrodynamique Bâle-Karlsruhe a été conçu dans les années 2010 à 2012 sur la base d'un modèle, qui avait été développé au préalable dans la cadre du projet INTERREG III MoNit.

La simulation des écoulements est calculée à l'aide du modèle MODFLOW [MC DONALD, HARBAUGH 1988] de l'US Geological Survey. Ce programme se base sur la méthode des différences finies.

Le modèle comporte des données sur la structure de l'aquifère (répartition des perméabilités des couches perméables et faiblement perméables) et tient compte des échanges nappe-rivière. Il intègre d'autres conditions aux limites telle la recharge par les précipitations efficaces, les prélèvements et les flux souterrains entrants et sortants dans les zones de bordure du modèle. Le calage des valeurs de perméabilité et des coefficients d'échange nappe-rivière a permis de modéliser les niveaux piézométriques mesurés avec la meilleure précision possible.

RÉSULTATS

Bilan hydrologique en moyennes eaux (m³/s) :

Bilan hydrologique Q-Regio	Apports	Sorties
Recharge	27,15	2,98
Rhin/canal	44,02	14,28
Cours d'eau	20,79	73,36
Gravières	3,01	3,01
Apport aux bordures	8,89	0,05
Prélèvements	0,04	10,84
Total	103,90	104,51

La nappe phréatique du fossé rhénan est essentiellement alimentée par les précipitations et l'infiltration des cours d'eau, principalement du Rhin et de ses canaux latéraux. Au niveau des plaines alluviales, les eaux souterraines alimentent le réseau hydrographique et sont ainsi à l'origine, avec les prélèvements, des sorties importantes.

À RETENIR

- Zone d'emprise du modèle : 4 289 km²
- Mailles de 100m x 100m
- Pas de temps mensuel
- Volume de l'aquifère : 317 milliards de m³
- Volume d'eau : environ 50 milliards de m³
- Les échanges moyens annuels sont de l'ordre de 3,3 milliards de m³/an.
- Certaines composantes du bilan présentent une très forte variabilité mensuelle et annuelle, notamment les échanges avec le Rhin, les cours d'eau (cf. figures 1 à 3) ainsi que la recharge.

Plus d'informations :
www.logar2050.eu

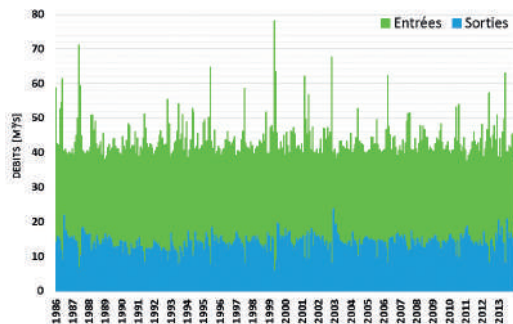
FIGURES CLÉS

FIGURE 1

La figure 1 présente les variations mensuelles des échanges entre la nappe et le Rhin et ses canaux latéraux.

La balance annuelle entre les apports et les pertes varie de +820 en 2003 à +1 066 millions de m³/an en 1999. La valeur moyenne est de +938 millions de m³/an.

> A l'échelle du modèle, le Rhin alimente la nappe quelle que soit la période.



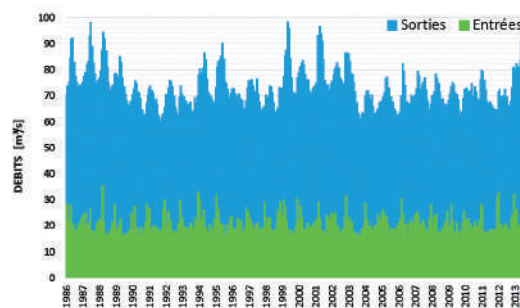
Evolution mensuelle de l'alimentation (Entrées) et du drainage (Sorties) de la nappe par le Rhin et ses canaux.

FIGURE 2

La figure 2 présente les variations mensuelles des échanges nappe/rivière.

La balance annuelle entre les apports et les pertes varie de -1 459 en 1991 à -1 940 millions de m³/an en 1987. La valeur moyenne est de -1 658 millions de m³/an.

> A l'échelle du modèle, les cours d'eau drainent la nappe quelle que soit la période.

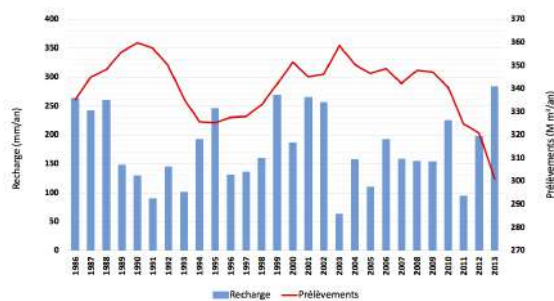


Evolution mensuelle de l'alimentation (Entrées) et du drainage (Sorties) de la nappe par les cours d'eau.

FIGURE 3

La recharge annuelle pour le modèle varie de 62 mm/an en 2003 à 283 mm/an en 2013. La valeur moyenne pour la période est de 178 mm/an soit 760 millions de m³/an.

Les prélèvements varient entre 300 et 350 millions de m³/an. Ils sont en baisse depuis début des années 2000.



Evolution annuelle des prélèvements et de la recharge de la nappe par les précipitations efficaces (PE/GwN).

FICHE 4 · LESSIVAGE DES NITRATES

CONTEXTE

Le modèle STOFFBILANZ fournit des données spatiales différenciées sur le lessivage des nitrates.

Le modèle STOFFBILANZ a été conçu pour simuler à l'échelle des territoires (de quelques km² à quelques milliers de km²) le lessivage des nitrates sous zone racinaire par une approche de bilan d'azote. Il prend en compte les entrées et les sorties d'azote sur des surfaces ainsi que la mobilisation et l'immobilisation d'azote dans les sols pour estimer la quantité d'azote potentiellement lessivable. Au moyen d'un coefficient de lessivage dépendant du bilan hydrique du sol, le lessivage de nitrates annuel moyen est ainsi calculé (figure 1). L'outil STOFFBILANZ mobilise une grande quantité de données d'entrée sur l'occupation des sols, la nature des sols, les productions végétales mises en place ainsi que sur la fertilisation minérale et organique des cultures. Les calculs sont effectués à l'échelle des mailles de 500 x 500 m sur le territoire de la nappe de la plaine du Rhin supérieur et 1000 x 1000 m dans les bassins versants des Vosges et de la Forêt-Noire en bordure de l'aquifère rhénan. Les résultats des calculs peuvent être cartographiés.

RÉSULTATS

- Le lessivage d'azote simulé varie entre 5 et 70 kg N/ha/an selon les régions agropédoclimatiques. La moyenne se trouve à environ 30 kg N/ha/an en 2009.
- Le lessivage simulé dépend fortement de la lame d'eau drainante simulée par le modèle GWN-BW et donc des précipitations et de la réserve utile du sol d'une part et d'autre part du solde d'azote qui est fonction du sol et du système de culture (les cultures et les pratiques agricoles associées).
- Dans le contexte des productions végétales en 2009, l'ajustement des doses de fertilisants azotés est la mesure la plus efficace pour limiter le lessivage. L'optimisation de la conduite des cultures intermédiaires est également une mesure importante mais elle a un effet limité à l'échelle du territoire car leurs surfaces potentielles sont relativement faibles.

À RETENIR

Lessivage des nitrates dans la plaine rhénane :
1980 : 41 kg N/ha
1990 : 27 kg N/ha
2000 : 20 kg N/ha
2009 : 15 kg N/ha

- STOFFBILANZ permet d'estimer et de cartographier les pertes de nitrates sous zone racinaire. Les sorties du modèle alimentent le module des eaux souterraines du système de modélisation.
- STOFFBILANZ utilise les meilleures connaissances disponibles concernant les sols, l'agriculture et les pratiques agricoles du territoire.
- Une diminution de 20% d'apport d'azote par la fertilisation sur maïs grain diminuerait le lessivage d'environ 10 kg N/ha/an. Ce calcul prend en compte la perte de rendement liée à la réduction des doses. Ce calcul doit être vu comme une analyse de sensibilité et non pas comme une proposition de mesure.
- L'optimisation de la conduite des cultures intermédiaires, pour maximiser l'absorption d'azote dans la biomasse, permettrait de réduire le lessivage de 1 à 3 kg N/ha/an en fonction du choix des espèces. Seul un changement de l'assolement permettant d'augmenter les surfaces des cultures intermédiaires conduirait à une diminution plus conséquente du lessivage d'azote à l'échelle du territoire de l'aquifère rhénan supérieur.

Plus d'informations :
www.logar2050.eu

FIGURES CLÉS

Le fonctionnement global du modèle STOFFBILANZ.

FIGURE 1

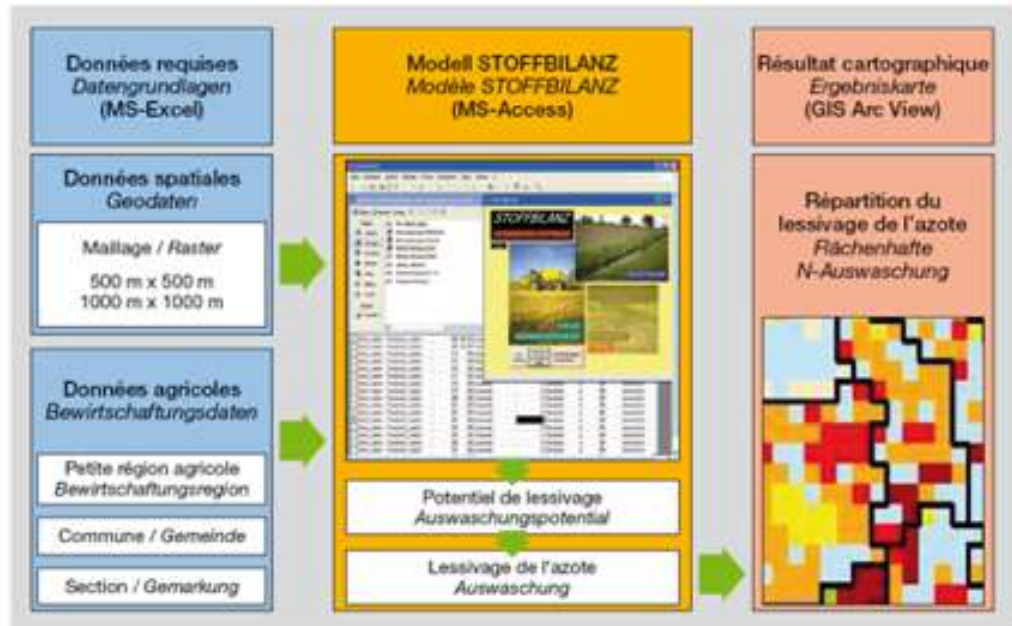
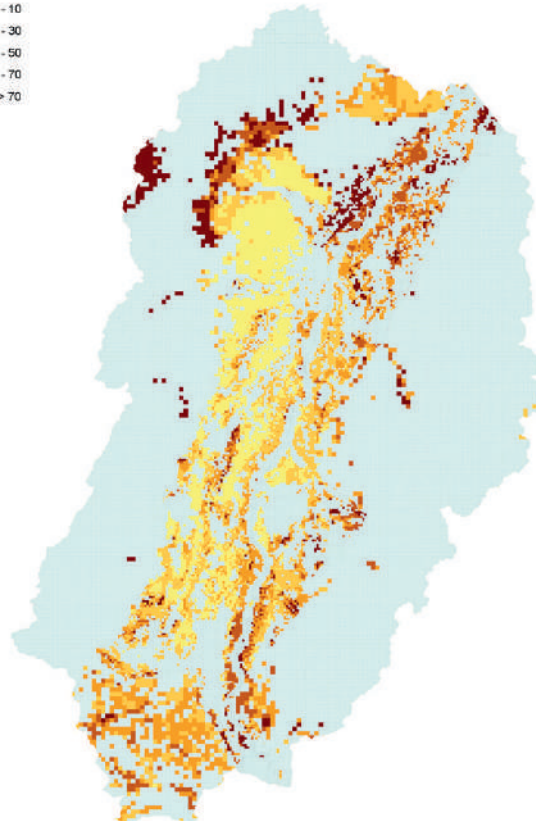


FIGURE 2

Le lessivage d'azote (exprimé en kg N/ha) simulé avec STOFFBILANZ pour les terres arables en 2009.

Auswaschung / lessivage (AW)
in kg/ha

0 - 10
10 - 30
30 - 50
50 - 70
> 70



La figure montre l'intensité de lessivage d'azote du territoire LOGAR (en bleu clair) pour les surfaces en terres arables. On observe une grande variabilité spatiale du lessivage simulé qui dépend de la variabilité spatiale de l'agriculture et ses pratiques et de la sensibilité des sols au processus de lessivage.

FICHE 5 · LES NITRATES DANS LA NAPPE

CONTEXTE

La migration et la dégradation des nitrates dans les eaux souterraines du Rhin supérieur ont fait l'objet de simulations à l'aide du modèle de transport MT3DMS. Les entrées annuelles de nitrates dans la nappe ont été estimées par interpolation des valeurs retenues pour le lessivage des nitrates (modèle Stoffbilanz) pour les années 1980, 1990, 2000 et 2009 et utilisées ensuite pour simuler l'évolution des teneurs en nitrates dans la nappe entre 1950 et 2014. A partir de la répartition des concentrations calculée pour 2014, quatre scénarios, basés sur différentes hypothèses de pratiques agricoles, ont fait l'objet de simulations de l'évolution de l'état de la ressource jusqu'en 2050.

RÉSULTATS

Simulations prospectives sur l'évolution de la pollution de la nappe par les nitrates jusqu'en 2050.

Entre 1950 et 1999, la masse de nitrates stockée dans les eaux souterraines du Rhin supérieur augmente, elle est d'environ 1.075 kt NO_3 , à la fin de cette période alors qu'elle s'élevait à 150 kt NO_3 au début. Ensuite, elle diminue pour atteindre environ 960 kt NO_3 en 2014 (figure 1a). En ce qui concerne l'évolution dans le temps et la répartition dans l'espace, les résultats des calculs des concentrations en nitrates correspondent très bien aux valeurs quantifiées dans le cadre des inventaires de la qualité des eaux souterraines (figures 1b et 2a).

L'évolution des concentrations en nitrates jusqu'en 2050 a été calculée pour les quatre scénarios suivants (figure 3) :

Scénario 0 : Apports en nitrates au niveau de 2009 (poursuite de la situation avec la prise en compte des Culture Intermédiaires Pièges à Nitrates) (figure 2b)

Scénario 1 : Réduction des doses d'engrais de 20% sur les parcelles cultivées en maïs grain

Scénario 2 : Implantation optimale des CIPAN (absorption élevée de nitrates)

Scénario 3 : Pas de CIPAN

À RETENIR

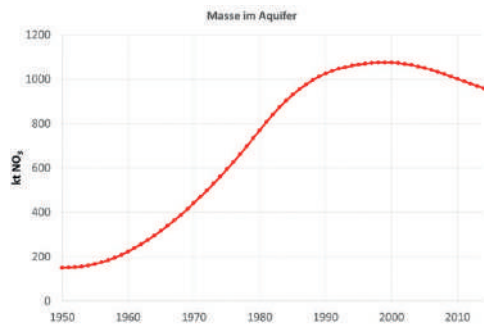
Malgré une réduction sensible de la pollution par les nitrates, il restera des zones fortement polluées en 2050 !

Selon les scénarios, on constate des réductions relativement importantes, en particulier pour les zones les plus dégradées. La mise en place des CIPAN est d'autant plus efficace que le secteur est dégradé.

- Le scénario 1 fait apparaître une réduction efficace de la pollution par les nitrates des eaux souterraines. Les surfaces à concentration supérieure à 50 mg/l sont divisées par 9 à l'horizon 2050, celles supérieures à 25 mg/l sont divisées par 4.
- La comparaison entre le scénario 0 et le scénario 3 « pas de CIPAN » fait apparaître que les cultures intermédiaires (surface de l'année 2009) contribuent de manière efficace à la réduction de la pollution de la nappe par les nitrates (figure 3).
- Grâce à des ajustements au niveau de l'assolement, les cultures intermédiaires ont augmenté et contribuent ainsi de manière encore plus efficace à la réduction de la pollution en nitrates de la nappe.

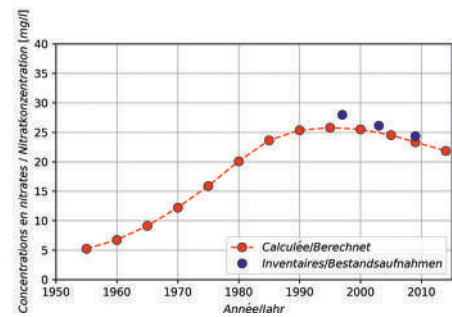
FIGURES CLÉS

FIGURE 1



a) Evolution de la masse de nitrates stockée dans l'aquifère [kt NO₃] pour la période allant de 1950 à 2014.

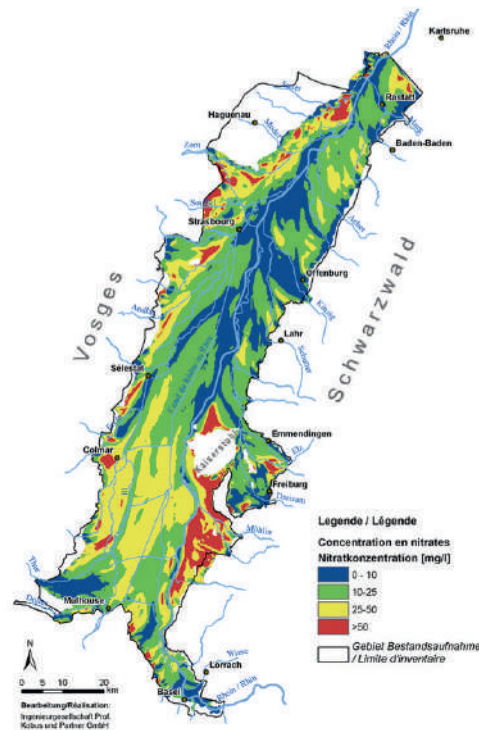
Depuis 1950, la masse de nitrates dans les eaux souterraines du Rhin supérieur a fortement augmenté pour diminuer à partir des années 2000.



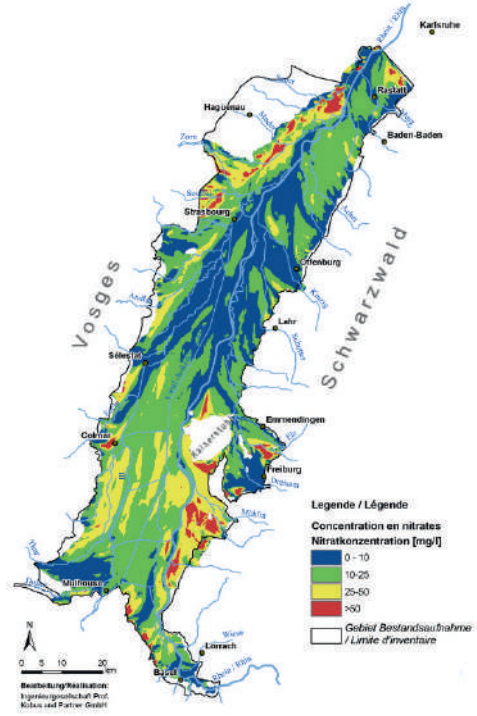
b) Evolution dans le temps de la concentration en nitrates [mg/l] (profondeur 0-40m).

Les résultats de simulation concordent avec les concentrations en nitrates mesurées à l'occasion des inventaires transfrontaliers de la qualité de la nappe.

FIGURE 2

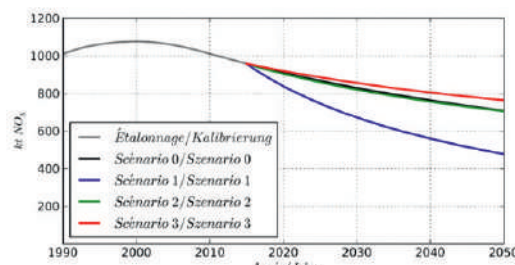


a) Répartition calculée des teneurs en nitrates pour l'année 2014 (zone de profondeur 0 - 40 m).



b) Scénario 0 : répartition calculée des teneurs en nitrates en 2050 (zone de profondeur 0 - 40 m).

FIGURE 3



Chronogramme de la masse de nitrates stockée dans la nappe pour les quatre scénarios à l'horizon 2050.

L'implantation de CIPAN est une mesure efficace pour la réduction des concentrations en nitrates (scénario 0 ou 2 vs scénario 3). La baisse des apports sur le maïs grain est très efficace (scénario 1).

FICHE 6 · TRANSFERT DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

CONTEXTE

Simulation 1D
dans les sols.

Pour simuler les transferts de produits phytosanitaires, le modèle MACRO a été utilisé. Il s'agit d'un modèle 1D décrivant le transport de l'eau et des solutés en régime transitoire dans des milieux poreux. Il utilise des équations physiques ou des schémas conceptuels de fonctionnement pour simuler les différents transferts. La simulation permet d'aborder différents phénomènes intervenant sur les transferts d'un produit phytosanitaire dans un sol jusqu'à 2 m de profondeur. L'hydrologie, la climatologie, le développement du couvert végétal, la pédologie et les phénomènes d'atténuation spécifiques aux produits phytosanitaires (adsorption, dégradation) sont pris en compte.

Dans MACRO, l'accent est mis sur les transferts issus d'une parcelle cultivée vers les eaux souterraines. Dans la modélisation LOGAR, MACRO permet de simuler le transfert d'une quantité d'eau et de produits phytosanitaires pour différentes combinaisons de sols, de climats, de cultures et de substances au pas de temps quotidien. Une simulation est nécessaire à chaque changement de modalité. 34 combinaisons ont été simulées dans LOGAR.

Dans la modélisation, MACRO a été utilisé pour la simulation des transferts de 6 herbicides et 1 produit de dégradation : atrazine, métolachlore, 2,4-D, bentazone, dicamba et nicosulfuron et la déséthylatrazine (ou « DEA » : produit de dégradation de l'atrazine)

RÉSULTATS

Des combinaisons
de facteurs influent
sur les transferts.

- Les calculs de transfert des produits phytosanitaires dans des sols du fossé rhénan confirment la persistance de l'atrazine. Les simulations montrent que les sols peuvent continuer à transférer jusqu'à 6 ans après l'arrêt de l'utilisation de la molécule. Selon les simulations, les molécules de substitution à l'atrazine (le métolachlore et la bentazone, par exemple) ont des flux moyens de transfert à travers les sols inférieurs à l'atrazine (figure 1)

- Les simulations montrent également que plus le flux d'eau est important, plus le transfert de produits phytosanitaires est important. Les zones climatiques les plus pluvieuses entraînent le plus de transfert (figure 1). De plus, plus une année est pluvieuse, plus les flux simulés seront importants. Le volume des pluies n'est pas le seul facteur explicatif, la répartition des précipitations a aussi une influence.

- Les simulations confirment l'importance de certaines propriétés des molécules et de certains paramètres sur les transferts de produits phytosanitaires (sorption, dégradation). Néanmoins, l'influence des propriétés des molécules est toujours modulée par l'impact des propriétés du sol (figure 2).

- Les sols profonds entraînent moins de transfert (sol 3 par exemple) que les sols peu épais (sol 2, par exemple). Ceux qui ont un taux de matière organique élevé sur l'ensemble du profil (sol 13, par exemple) entraînent aussi peu de transfert (figure 2).

À RETENIR

Les facteurs d'influences sur les transferts les plus communs ont été confirmés dans les simulations LOGAR.

- Les précipitations ont une influence importante sur les transferts : plus une année est pluvieuse, plus les flux simulés sont importants.

- Les transferts dépendent également des propriétés des molécules : plus le coefficient de sorption est faible pour une molécule donnée et plus les transferts sont élevés. Les doses d'application ont également un impact sur le transfert des molécules dans le sol.

- Les sols ayant un taux de matière organique élevé sur l'ensemble du profil entraînent peu de transfert. Un autre facteur déterminant pour le transfert est la profondeur du sol : les transferts sont plus importants dans les sols peu profonds.

- Les simulations montrent que si une pluie intervient juste après une application, des transferts peuvent avoir lieu même pour des molécules à faible demi-vie.

Plus d'informations :
www.logar2050.eu

FIGURES CLÉS

Flux moyen de trois produits sur trois zones climatique.

Pour les trois molécules, les transferts sont les plus importants sur la zone climatique 4 qui est la plus pluvieuse.

FIGURE 1

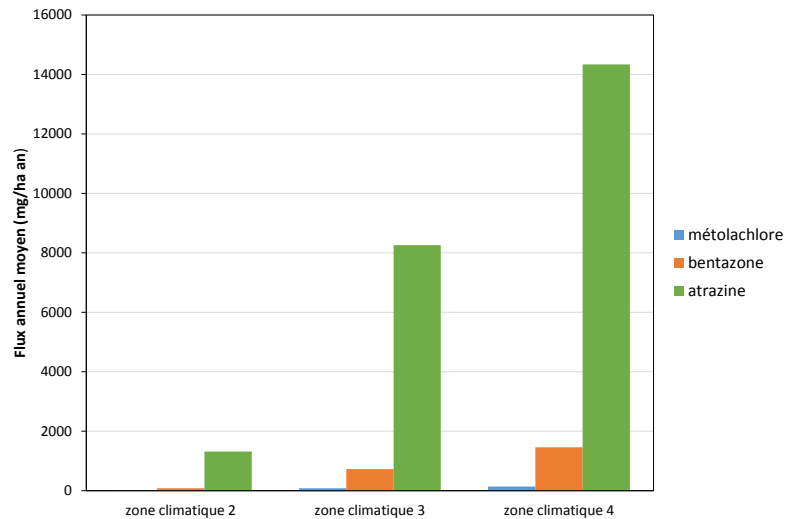
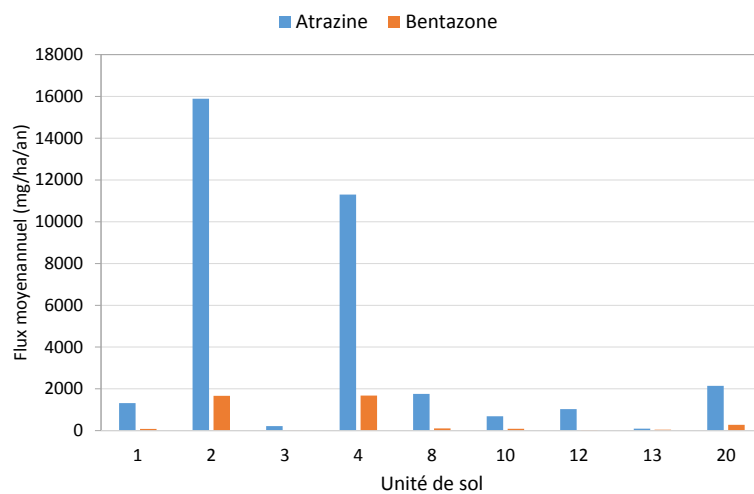


FIGURE 2

Flux moyen annuel pour l'atrazine et la bentazone pour la zone climatique 2 sur l'ensemble des sols de la zone

La figure montre qu'en fonction des sols pour une même zone climatique les transferts peuvent être très différents.



FICHE 7 · ATRAZINE DANS LA NAPPE

CONTEXTE

Simulations prospectives des concentrations d'atrazine et de DEA dans la nappe jusqu'en 2050.

A l'aide du modèle de transport MT3DMS basé sur le modèle hydrodynamique LOGAR, des simulations de la migration des produits phytosanitaires dans les eaux souterraines du Rhin supérieur ont été effectuées pour la période allant de 1960 à 2050. Toutefois, ces simulations se sont limitées à l'atrazine, produit phytosanitaire autrefois largement répandu et à la déséthylatrazine (DEA) qui en est le métabolite. Le transfert et la dégradation de l'atrazine dans les sols ont été modélisés pour différents types de sols et différentes combinaisons de types de sols et de précipitations à l'aide du modèle unidimensionnel MACRO. Les résultats ont ensuite été spatialisés en prenant en compte les surfaces de culture de maïs. Pour la période allant de 1960 à 2030, les résultats obtenus pour le transfert d'atrazine et de DEA dans le sol vers la nappe ont été utilisés. Pour la période allant de 2030 à 2050 les calculs se basent sur un apport nul.

RÉSULTATS

Malgré l'interdiction de l'atrazine depuis plus de 30 ans, la réhabilitation de la nappe prendra encore longtemps.

A partir de 1960, la masse d'atrazine stockée dans les eaux souterraines du Rhin supérieur augmente pour atteindre environ 16 t en 1990. Elle reste ensuite à ce niveau jusqu'en 2008. Dans la même période, la masse de DEA augmente pour atteindre environ 10 t en 1990 et reste ensuite à peu près à ce niveau jusqu'en 2005. Par la suite, la masse des produits phytosanitaires dans l'aquifère est en diminution progressive (figure 1). Les simulations font apparaître que la présence d'atrazine et de DEA dans les eaux souterraines persistera encore pendant longtemps.

À RETENIR

- A partir de 1960, la masse des produits phytosanitaires dans les eaux souterraines du Rhin supérieur augmente pour atteindre, trente ans plus tard, environ 16 t d'atrazine et 10 t de DEA.
- Au cours des quinze années suivantes, la masse de produits phytosanitaires stockée dans la nappe reste plus ou moins inchangée.
- A partir de 2005, la masse des produits phytosanitaires dans les eaux souterraines du Rhin supérieur, qui s'élève alors à 16 t d'atrazine et 10 t de DEA, est en diminution constante pour atteindre, selon les prévisions, environ 7 t d'atrazine et 5 t de DEA en 2050.

FIGURE CLÉ

Chronogramme des concentration en atrazine et DEA stockée dans l'aquifère en (t) pour la période allant de 1960 à 2050.

FIGURE 1

