

Simulation de l'évolution des concentrations en nitrates dans la nappe à l'échelle du bassin d'alimentation du captage de la Ville Hellio (Plourhan, Côtes-d'Armor)



CONTEXTE

Dans certains secteurs où les pratiques agricoles ont été profondément modifiées, l'amélioration significative de la qualité des eaux souterraines n'a pas été ou n'est pas toujours perceptible sur de courtes périodes. L'existence d'un stock de nitrates au sein de la zone non saturée liée à des pratiques anciennes est l'un des principaux facteurs responsables de l'inertie du système sol/zone non saturée/zone saturée. Ainsi identifier les tendances et prévoir l'évolution future de la concentration des nitrates à partir des chroniques de concentrations elles-mêmes est parfois difficile.

Plusieurs types d'outils sont à disposition pour décrire ou prévoir l'évolution des concentrations en nitrates, allant des

analyses statistiques simples aux modèles mathématiques complexes.

À l'échelle du bassin versant, les modèles globaux intégrant des données agro-climatiques sont une bonne alternative aux modèles déterministes maillés car leur mise en œuvre est plus aisée.

Le modèle BICHE (Bilan Chimique des Eaux ; Thiéry, 1990), développé au BRGM, est un exemple de modèle global permettant de simuler les flux d'eau et de nitrates d'une nappe à l'échelle du bassin versant à partir de chroniques de pluie, d'ETP, de données agronomiques et de chroniques de calage (concentrations et débits ou niveaux de nappe).

OBJECTIFS

De façon à répondre à la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE), le BRGM a étudié pour le compte de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne les tendances d'évolution des concentrations en nitrates sur la base d'une sectorisation du bassin Loire-Bretagne (Baran et al., 2009).

Une modélisation globale réalisée à l'aide de l'outil BICHE a pour but d'aider à la compréhension de la contamination des eaux souterraines par les nitrates à une échelle plus locale que le bassin Loire-Bretagne. L'échelle choisie est celle d'un bassin versant représentatif d'une zone de socle : le bassin d'alimentation du captage de la Ville Hellio sur la commune de Plourhan dans les Côtes-d'Armor (cf. figure 1 →).

Le projet a été financé par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et le BRGM sur fonds propres dans le cadre de ses activités de recherche et développement.

Figure 1 - Localisation du captage de la Ville Hellio (Plourhan, Côtes-d'Armor)



MÉTHODE ET RÉSULTATS

Le modèle BICHE représente le bassin versant comme un assemblage de réservoirs en cascades qui représentent les différents horizons du milieu souterrain (schématiquement, la zone racinaire, la zone non saturée plus profonde et la nappe) auxquels correspondent plusieurs niveaux de stockage de l'eau et des nitrates.

Les principaux mécanismes du cycle de l'eau dans un bassin versant (pluie, évapotranspiration, infiltration, écoulement) et des nitrates (processus biochimiques et de transformation de l'azote au niveau du sol et processus physiques de transport jusqu'à l'exutoire) sont régis par des lois simples dont les paramètres sont propres à chaque réservoir.

Le principe de la simulation des transferts est le suivant : chaque réservoir comporte une phase d'eau mobile et une phase d'eau liée. Conjointement aux apports d'eau par les pluies et aux prélèvements par évapotranspiration, le réservoir superficiel du modèle reçoit à chaque pas de temps d'éventuelles applications de fertilisants et des prélèvements en nitrates par les cultures en fonction de leurs besoins à cette période. Parallèlement, des nitrates sont produits par minéralisation du sol ou par décomposition des résidus végétaux après récolte. Les nitrates sont partiellement entraînés avec l'eau d'infiltration vers les deux réservoirs sous-jacents : le réservoir qui représente la zone non saturée en dessous

de la zone racinaire et le réservoir souterrain représentant la nappe souterraine. Dans chaque réservoir les nitrates se répartissent entre l'eau mobile et l'eau liée avec une cinétique d'échange.

Le bassin d'alimentation du captage de la Ville Hellio (Plourhan, Côtes-d'Armor) a fait l'objet d'une modélisation des concentrations en nitrates dans la nappe (1985-2009) à partir de l'occupation des sols, des pratiques agricoles, et des paramètres hydroclimatiques (Baran et al., 2011). La modélisation a été effectuée suivant 3 grandes étapes : collecte des données, initialisation et calage, utilisation du modèle à des fins prédictives. Le pas de temps utilisé est mensuel.

Le modèle a été calé avec succès tant sur les aspects hydrodynamiques (niveau et débit de la nappe) que de qualité des eaux (cf. figure 2 ↓).

Le modèle montre réellement son intérêt dans la simulation de scénarii (cf. figure 3 →). Le scénario permet d'alerter la collectivité et/ou les décideurs en montrant ce que les concentrations en nitrates pourraient devenir « si rien n'est fait », et de démontrer ou d'anticiper l'impact de changements de pratiques culturales envisagés au niveau temporel ou qualitatif (exemple : mesures agro-environnementales).

Figure 2 - Comparaison des chroniques mesurées et simulées entre 1985 et 2010

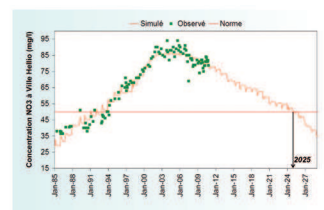
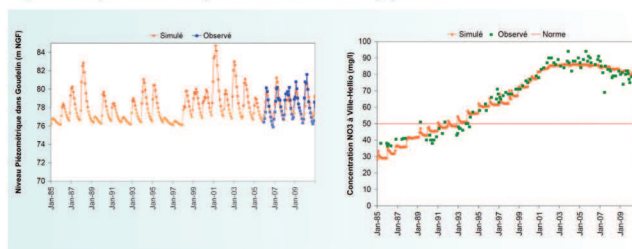


Figure 3 - Comparaison des concentrations en nitrates mesurées et simulées entre 1985 et 2027, selon le scénario « continuité » (répétition des cycles climatiques passés et stabilisation des pratiques culturales actuelles)

SUITES ENVISAGÉES

Des scénarios modifiant les pratiques culturales sont capables de démontrer ou d'anticiper l'impact de mesures agro-environnementales sur la contamination des nappes.

La modélisation BICHE se présente donc comme un excellent outil de gestion à l'échelle des bassins d'alimentation des captages pour la mise en place de mesures visant à diminuer les concentrations en nitrates dans la nappe.

BIBLIOGRAPHIE

- BARAN N., GOURCYL., LOPEZ B., BOURGINE B., MARDHEL V. (2009) - Transfert des nitrates vers les eaux souterraines à l'échelle du bassin Loire-Bretagne - Phase 1 : temps de transfert, tendances et typologie des aquifères. Rapport BRGM/RP-56884-FR.
- BARAN N., GUTIERREZA A., LOPEZ B., SURDYK N., GOURCY L. (2011) - Transfert de nitrates à l'échelle du bassin d'alimentation de captages d'eau souterraine du bassin Loire-Bretagne : modélisation et datation. Rapport final BRGM/RP-60280-FR.
- GUTIERREZA A., SURDYK N., LOPEZ B., BARAN N., THIÉRY D. (2012) - Quelques exemples de simulation de l'évolution des concentrations de nitrates

dans la nappe à l'échelle du bassin d'alimentation des captages. Poster présenté à INTERSOL 2012, 27-30 mars 2012, Paris.

SURDYK N., GUTIERREZA A., LOPEZ B., BARAN N., THIÉRY D. (2012) - BICHE : un outil d'application simple de simulation de concentrations en nitrates dans les nappes à l'échelle du bassin versant. Communication à INTERSOL 2012, 27-30 mars 2012, Paris.

THIÉRY D. (1990) - Modélisation des transferts de nitrates dans un bassin versant - Validation du modèle BICHE (Bilan Chimique des Eaux) et analyse de sensibilité. Rapport BRGM/RR-30976-FR.

CONTACTS

N. Baran¹, L. Gourcy², B. Lopez², B. BourGINE³, V. Mardhel³, A. Gutierrez², et N. Surdyk³, avec la collaboration de J.-P. Jégou⁴, F. Koch⁵ et B. Mougin⁶

¹ Direction des Laboratoires, Chimie environnementale, BRGM, Centre scientifique et technique, 3, avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans, France. Corresponding author : n.baran@brgm.fr

² Direction Eau Environnement et Ecotechnologies, Evaluation et valorisation des connaissances sur l'eau, Gestion de la ressource en eau, BRGM, Centre scientifique et technique, 3, avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans, France.

³ Direction des Géoresources, Géologie et cartographie des ressources des sols, BRGM, Centre scientifique et technique, 3, avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans, France.

⁴ Direction des Systèmes d'Information, Division information scientifique et technologies numériques, BRGM, Centre scientifique et technique, 3, avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans, France.

⁵ Direction des Actions Territoriales, BRGM, Direction régionale Bretagne, 2 rue de Jouanet, 35700 Rennes, France.

