

SIMULATION DE L'IMPACT DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LES CONCENTRATIONS EN NITRATE DE LA NAPPE ALLUVIALE DE LA GARONNE AU MOYEN DU COUPLAGE DES MODELES STICS/2SWEM

G. Jégo^(1,3,4), D. Peyrard⁽¹⁾, S. Sauvage^(1,2), E. Justes⁽²⁾, and J.M. Sanchez-Pérez^{(1,2)*}

¹ Université de Toulouse, INPT, UPS, UMR ECOLAB, BP 32607, 31326 Castanet Tolosan Cedex, France

² CNRS, UMR ECOLAB, BP 32607, 31326 CASTANET TOLOSAN Cedex, France.

³ INRA, UMR AGIR 1248, INRA-INP-ENSAT, BP 52627, 31326 Castanet-Tolosan cedex, France

⁴ Agriculture et Agroalimentaire Canada, 960 ave. Carling, Ottawa, ON, Canada K1A 0C6

*Auteur correspondant : sanchez@cict.fr

Introduction

Il est désormais bien reconnu que les activités agricoles sont à l'origine d'une grande part de la pollution des eaux souterraines par les ions nitrate. Les plaines alluviales sont particulièrement vulnérables puisqu'elles associent la présence d'un sol riche et profond, très favorable à l'agriculture, et d'une nappe alluviale peu profonde. Dans ce travail nous nous sommes intéressés à la plaine alluviale de la Garonne (Sud Ouest de la France) qui correspond à une situation où les concentrations en solutés de la nappe sont influencées par les échanges nappe-zone non saturée du sol mais également par les échanges nappe-rivière. L'objectif de ce travail est de proposer un outil de modélisation testé sur un méandre de la Garonne permettant de simuler l'évolution des concentrations en nitrate d'une portion de nappe alluviale en interaction avec le cours d'eau en prenant en compte le drainage vertical issu des terres agricoles. Cet outil peut ensuite servir à évaluer l'impact des pratiques agricoles sur les concentrations en nitrate dans les eaux souterraines et évaluer les pollutions potentielles des eaux superficielles.

Matériels et méthodes

Le site d'étude est localisé dans un méandre de la Garonne, 50 km en aval de Toulouse (Figure 1). Il s'étend sur environ 12 km² et comporte 63 parcelles agricoles et 8 peupleraies. La nappe alluviale est généralement comprise entre 2 et 5 mètres sous la surface du sol et la concentration en nitrate varie très significativement à courte distance (40 à 110 mg NO₃⁻/L). La Garonne quant à elle possède une concentration moyenne d'environ 12 mg NO₃⁻/L. La période d'étude s'étale sur 3 ans de Janvier 2005 à Octobre 2007, période durant laquelle la Garonne n'a pas été en crue.

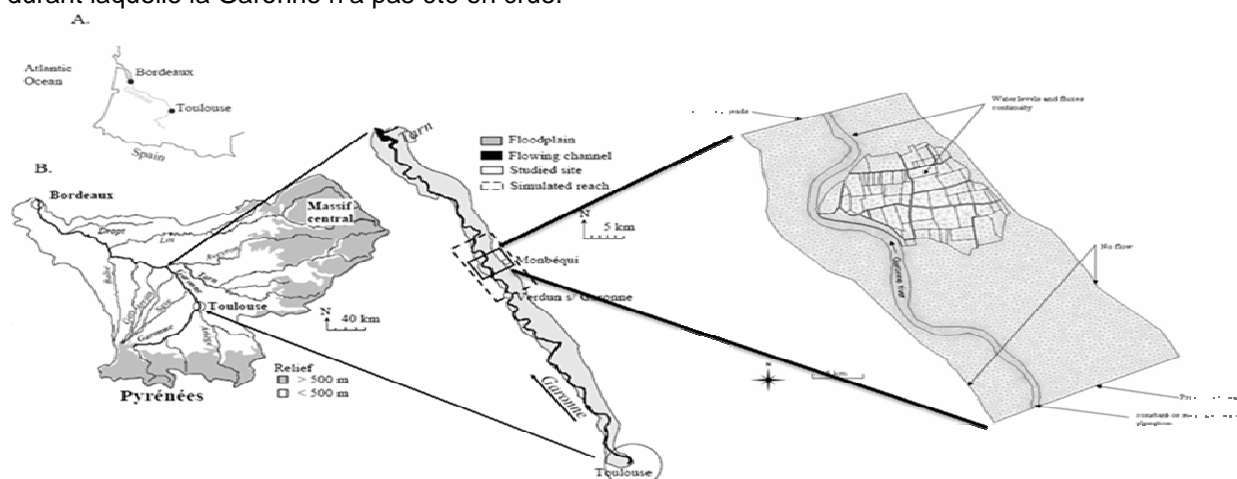


Figure 1. Localisation du site d'étude et maillage et conditions limites de la zone modélisée.

Pour ce travail il a été choisi d'utiliser les variables de sortie (drainage et concentration en nitrate des eaux de drainage) du modèle de culture STICS (Brisson et al., 2008) comme variable d'entrée journalière dans le modèle hydro-biogéochimique 2SWEM (Surface Subsurface Water Exchange Model ; Peyrard et al., 2008) qui simule les flux d'eau et de solutés dans le cours d'eau et la nappe alluviale, ainsi que les flux d'eau et de solutés échangés à l'interface cours d'eau / nappe. La méthode du couplage que nous avons choisie se divise en 3 étapes : (1) simulation du niveau de nappe avec le modèle 2SWEM ; (2) utilisation du niveau de nappe calculé pour simuler les flux d'eau et d'azote au niveau du toit de la nappe avec le modèle STICS ; (3) simulation des flux d'eau et de soluté dans la nappe avec le modèle 2SWEM en utilisant en entrée le drainage et la concentration en nitrate calculés par STICS.

Compte tenu de la variabilité hydrologique sur la période d'étude et afin de rendre les temps de simulations acceptables (quelques heures) nous avons choisi de réaliser ce couplage avec des conditions hydrodynamiques constantes dans le cours d'eau.

Résultats et discussion

Les résultats de ce couplage sont globalement satisfaisants comme en atteste la comparaison des concentrations en nitrate simulées et celles mesurées dans l'aquifère à la fin de la période modélisée, qui est relativement bien simulée dans toute la gamme de concentrations observées (Figure 2). Les sens de variation sont également correctement restitués. Ce couplage a permis de confirmer et de préciser l'extension spatiale de la zone d'influence d'apport d'ions nitrate d'origine agricole vers la nappe et la zone d'influence du cours d'eau sur la nappe alluviale. Il est ainsi possible de définir dans l'aquifère 3 zones plus ou moins connectées à la rivière (Figure 3). Une petite partie de l'aquifère, située à proximité immédiate du cours d'eau ainsi qu'à l'intérieur du méandre étudié, est continuellement influencé par le cours d'eau, zone où les concentrations en nitrate sont très faibles à cause de la dilution par l'eau de la rivière ainsi qu'en raison des processus de dénitrification qui sont intenses dans cette zone, processus soutenu par un apport de carbone provenant de la rivière (Sánchez-Pérez et al., 2003). La seconde zone identifiée est influencée de la même façon par le cours d'eau, mais uniquement en période de crue. Enfin, la troisième zone constitue la majeure partie de l'aquifère et n'est quasiment pas influencée par le cours d'eau, à l'exception sans doute des épisodes de crue exceptionnelle au cours desquels une partie importante de la plaine alluviale peut se retrouver inondée. Dans cette zone, les fuites de nitrate provenant des activités agricoles vont directement influencer les concentrations de la nappe. Une fois dans la nappe, les ions nitrate sont transportés parallèlement au cours d'eau vers l'aval et une partie arrive directement vers la rivière dans la partie aval du méandre. Dans cette zone d'interactions les flux de carbone apportés par la rivière sont très faibles ainsi que les processus de dénitrification, ayant pour conséquences la non-élimination des ions nitrate.

Dans cette dernière zone, nous avons pu montrer, au moyen du modèle STICS, que la variabilité de la concentration en nitrate sous les cultures pouvait être forte : de 10 mg NO₃⁻/L (sous jachère pâturée) à plus de 250 mg NO₃⁻/L (sous cultures) lorsque la gestion de l'azote n'est pas correcte. C'est la quantité d'azote nitrique dans le sol (0-120 cm) au mois de novembre qui est l'indicateur pertinent pour expliquer la variabilité de la lixiviation et des concentrations en nitrate des eaux de drainage.

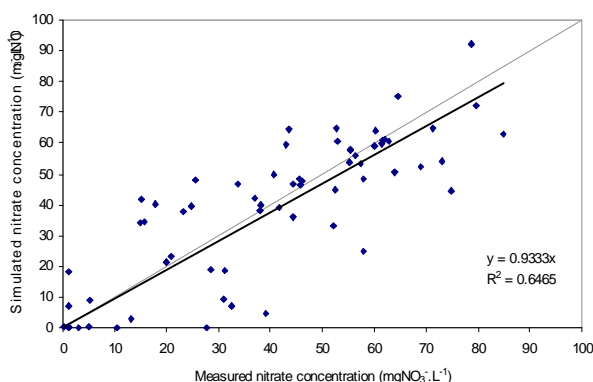


Figure 2 Concentrations en nitrate mesurées et simulées dans les piézomètres avec STICS / 2SWEM.

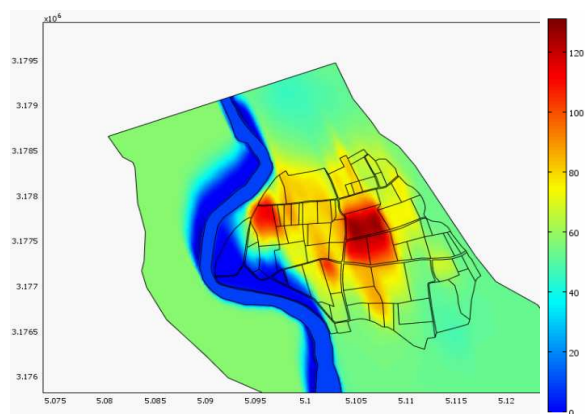


Figure 3 Variabilité spatiale des concentrations en nitrate simulées dans la nappe avec STICS / 2SWEM.

Conclusion

Le couplage des sorties du modèle STICS (drainage et concentration en nitrate) avec le modèle hydro-biogéochimique 2SWEM a permis de rendre compte des types d'interactions (zone non saturée-nappe et nappe-rivière) qui influencent les concentrations en nitrate de la nappe alluviale. Seule une diminution des concentrations en nitrate dans les eaux de drainage sous les parcelles agricoles permettrait de réduire les concentrations en nitrate dans la nappe qui est peu connectée à la rivière. Ce couplage, même s'il requiert quelques améliorations pratiques et théoriques, représente d'ores et déjà un outil pertinent afin d'évaluer l'impact des pratiques agricoles sur la variabilité spatiale et l'évolution temporelle des concentrations en nitrate d'une nappe alluviale et du cours d'eau associé.

Références bibliographiques

- Brissin N., et al. (1998). STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balance. I. Theory and parametrization applied to wheat and corn. *Agronomie*, 18 : 311-346.
- Peyrard D., Sauvage S., Vervier P., Sanchez-Perez J.M., Quintard M., 2008. A coupled vertically integrated model to describe lateral exchanges between surface and subsurface in large alluvial floodplain with a fully penetrating river. *Hydrological Processes*, 22 : 4257-4273.
- Sánchez-Pérez, J.M., Vervier P., Garabétian F., Sauvage, S., Loubet, M., Rols, J.L., Bariac, T., Weng, P. (2003). Nitrogen dynamics in the shallow groundwater of a riparian wetland zone of the Garonne, Southwest France: Nitrate inputs, bacterial densities, organic matter supply and denitrification measurements. *Hydrology and the Earth Sciences System*, 7(1), 97-107.