

# COUPLAGE AGRONOMIE – HYDROLOGIE DANS LE MODELE INTEGRE DES HYDROSYSTEMES EAU-DYSSEE

F. Habets<sup>1\*</sup>, W. Queyrel<sup>1</sup>, H. Blanchoud<sup>1</sup>, E. Moreau-Guigon<sup>1</sup>, M. Launay<sup>2</sup>, D. Ripoché<sup>2</sup>, P. Bernard<sup>2</sup>, P. Viennot<sup>3</sup>, N. Flipo<sup>3</sup>, P. Goblet<sup>3</sup>, E. Ledoux<sup>3</sup>, B. Mary<sup>4</sup>, N. Beaudoin<sup>4</sup>, J. Tournebize<sup>5</sup>, P.A. Jayet<sup>6</sup>, E. Martin<sup>7</sup>, C. Mignolet<sup>8</sup>, C. Schott<sup>8</sup>, T. Morel<sup>9</sup>

<sup>1</sup> UMR Sisyphe, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05 France - <sup>2</sup> INRA, AgroClim, Domaine St Paul, Site AgroParc, 84914 Avignon Cedex, France - <sup>3</sup> Centre de Géosciences, MINES Paristech, 35 rue St Honoré, 77305 Fontainebleau, France - <sup>4</sup> INRA Agro-Impact, Rue Ferdinand Christ, 02007 Laon cedex, France

<sup>5</sup> CEMAGREF, Parc de Tourvoie, 92163, Antony Cedex - <sup>6</sup> UMR Economie Publique INRA-AgroParisTech, BP01, Centre Inra Versailles-Grignon, 78850 Grignon - <sup>7</sup> CNRM-GAME, 42 avenue Coriolis, Toulouse, France - <sup>8</sup> INRA SAD, BP 29, 88501 Mirecourt, France - <sup>9</sup> CERFACS, 42 avenue Coriolis, Toulouse, France

\*Auteur correspondant : [florence.habets@mines-paristech.fr](mailto:florence.habets@mines-paristech.fr)

## Introduction

L'étude des scénarios d'évolutions de la ressource en eau (des points de vue qualitatif et quantitatif) selon les différentes contraintes climatiques, économiques ou technologiques passe de plus en plus par la modélisation intégrée des hydrosystèmes.

Le projet Eau-dyssée vise au développement d'un tel outil, en se basant sur des modèles disciplinaires et sur l'utilisation du coupleur externe Palm (Piacentini et al, 2003).

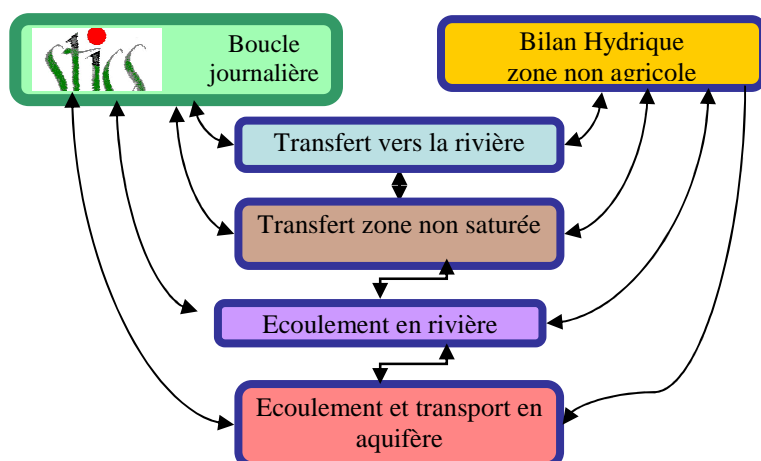
Dans un premier temps, 4 modèles disciplinaires sont en cours d'intégration : le modèle hydrologique MODCOU, le modèle agronomique Stics, le modèle d'offre agronomique AROPA-j, et le schéma de surface atmosphérique ISBA.

Pour ce faire, on se base sur les expériences de couplage déjà acquises, chacun de ces modèles ayant déjà été « couplé » plus ou moins partiellement (AROPA-j Stics, ISBA-MODCOU, ISBA-Stics, Stics-MODCOU).

Dans cette communication, on s'intéresse principalement au couplage entre les modèles agronomique et hydrologique. Une première version d'un « couplage » entre le modèle agronomique Stics et le modèle hydrogéologique MODCOU a été développé pour étudier la pollution diffuse du bassin de la Seine par les nitrates (Gomez et al., 2003, Viavattene et al., 2006, Ledoux et al., 2007). Ce « couplage » a également été utilisé pour le suivi de la pollution du bassin de la Vesle par les pesticides (Rat et al., 2007). En fait de « couplage », il s'agissait en fait d'un forçage en l'absence de rétroaction entre le modèle hydrogéologique et le modèle agronomique. Ainsi, par exemple, les disponibilités en eau calculées par le modèle hydrogéologique ne sont pas intégrées dans le calcul des doses d'irrigation par le modèle agronomique.. Si cela peut paraître peu contraignant pour simuler le temps présent, cela devient plus important pour les simulations sous changement climatique. De plus, les modifications apportées initialement à Stics pour le spatialiser ont été relativement lourdes à réaliser, limitant ainsi l'intégration régulière de nouvelles versions. Ces différents inconvénients et l'intérêt d'un tel couplage conduit au développement du modèle intégré Eau-dyssée,

## Matériels et Méthodes

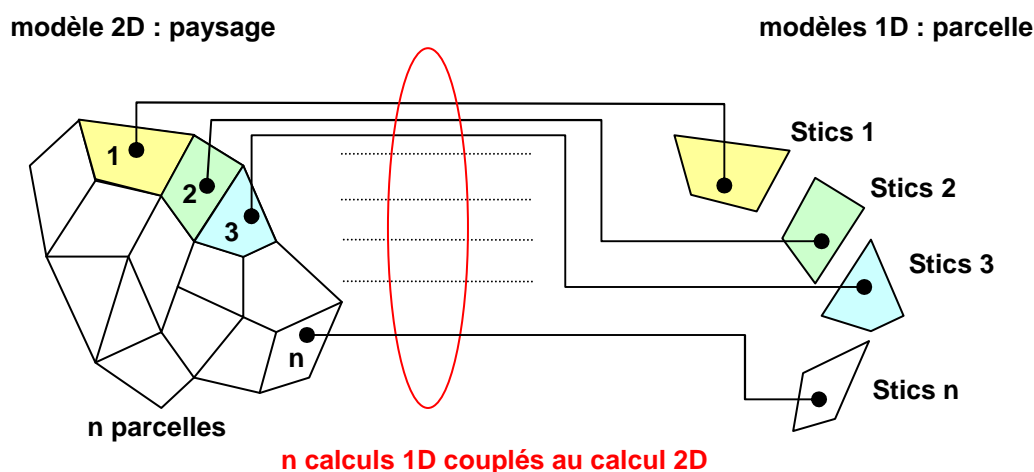
Eau-dyssée est basé sur l'utilisation du coupleur externe Palm, qui permet des couplages modulaires, interactifs et évolutif, du fait de sa simplicité d'usage et de son aspect peu intrusif dans les différents codes de calcul.



**Fig 1.** Schéma de couplage entre Stics et MODCOU dans le modèle intégré Eau-dyssée. Les modules en bleu correspondent à ceux du modèle hydrologique, en vert à ceux du modèle agronomique

De plus on bénéficie du développement des nouvelles versions modulaires de Stics v7 et de MODCOU. La figure 1 présente le principe de couplage et d'interaction entre les modules. Dans Eau-dyssée, à chaque pas de temps, les flux d'eau et de lixiviations simulés sur les parcelles agricoles par Stics ainsi que les flux d'eau simulé par le modèle hydrologique sur les zones non agricoles (forêts, villes) seront transmis à l'hydrosystème (zone non saturée, rivière et/ou nappe). L'irrigation estimée par Stics sera prélevée soit dans la nappe soit dans la rivière, en fonction des usages connus par régions.

Cependant, l'implémentation de Stics dans Eau-dyssée pose quelques problèmes. En effet, le code de Stics n'est pas vectorisé et ne peut tourner que sur une parcelle à la fois. L'intégration dans un modèle distribué nécessite donc de gérer la spatialisation dans un module extérieur à Stics. Cela est contradictoire avec la volonté de gérer un couplage peu intrusif, mais est simplifié par la version modulaire de Stics v7. Ainsi, le code de Stics sera conservé au-delà de la boucle journalière avec quelques modifications liées à l'introductions des instructions de couplage. Par ailleurs, afin de faciliter la gestion de plusieurs appels à Stics en parallèle sur plusieurs processeurs, le Cerfacs souhaite développer une nouvelle modalité dans Palm appelé Palm Parasol (Fig 2)



**Fig 2.** Principe de la gestion multi-processeur d'une application Stics spatialisée gérée par Palm Parasol.

## Conclusion

Le développement du couplage entre Stics v7 et MODCOU au sein d'Eau-dyssée est en cours. On vérifiera tout d'abord l'impact des interactions via l'étude d'un bassin test contenant des parcelles irriguées. Puis, on appliquera le couplage sur le bassin de la Seine pour lequel on bénéficie d'informations sur la spatialisation des rotations de cultures et des itinéraires techniques (Mignolet et al. 2007), et sur lesquels l'évolution des pollutions des aquifères par les nitrates et les produits phytosanitaires est un des axes d'études principal du PIREN-Seine.

## Références bibliographiques

- Ledoux, E., Gomez, E., Monget, JM., Viavattene, C., Viennot, P., Ducharne, A., Benoit, M., Mignolet, C., Schott, C., Mary, B. Agriculture and groundwater nitrate contamination in the Seine basin. The STICS-MODCOU modelling chain, *Scien. Total. Env.*, 2007 375, 1-3 DI 10.1016/j.scitotenv.2006.12.002
- Gomez E., Ledoux E., Viennot P., Mignolet C., Benoit M., Bornerand C., Schott C., Mary M., Billen G., Ducharne A., and Brunstein D. Un outil de modélisation intégrée du transfert des nitrates sur un système hydrologique : application au bassin de la Seine La *Houille Blanche* (3) 38-45 (2003) DOI: 10.1051/lhb/2003045
- Mignolet C., Schott C., Benoit M. Spatial dynamics of farming practices in the Seine basin: Methods for agronomic approaches on a regional scale (2007) *Science of the Total Environment*, 375 (1-3), pp. 13-32.
- Piacentini A., The PALM Group, PALM: A Dynamic Parallel Coupler, *Lecture Notes In Computer Science, High Performance Computing for Computational Science*, Vol. 2565, 2003, pp. 479-492
- Rat A., Ledoux E., Viennot, P. 2007 Transferts de pesticides vers les eaux souterraines, modélisation à l'échelle d'un bassin versant (Cas d'étude du bassin amont de la Vesle). Rapport d'activité du programme Piren-Seine 2006, 116p.
- Viavattene, Christophe (2006) Exploitation socio-économique de la modélisation souterraine du transfert des nitrates à l'échelle du bassin de la Seine. Doctorat *Hydrologie et hydrogéologie quantitatives*, ENSMP.