

Programme RExHySS

-oOo-

Volet 5 : Agriculture, Irrigation et pollution diffuse par les nitrates

-oOo-

Influence de la prise en compte de la rétroaction des prélèvements par irrigation sur le bilan hydrique de surface et la recharge des nappes

P. VIENNOT

**Références : R071207PVIE
ARMINES : 70294
MEDD : 0000457**

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION.....	3
2 PRINCIPE GÉNÉRAL	3
3 CALCUL DES DOSES D'IRRIGATION SUR LE BASSIN	4
4 BILAN HYDRIQUE DE SURFACE	8
5 INFLUENCE DE LA RÉTROACTION SUR LA PIÉZOMÉTRIE DES AQUIFÈRES.....	11

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Principe général du modèle couplé MODCOU et de la rétroaction des prélèvements en nappe pour l'irrigation sur le bilan hydrique de surface.....	4
Figure 2 : Organisation spatiale des données météorologiques, pédologiques et agricoles.....	4
Figure 3 : Irrigation moyenne annuelle (mm) : taux de satisfaction en eau moyen (ratiol=0.5).....	5
Figure 4 : Répartition spatiale des Surfaces Agricoles Utiles par unité de simulation STICS.....	6
Figure 5 : Répartition spatiale des Surfaces Agricoles Utiles déterminées dans MODCOU.....	6
Figure 6 : Comparaison des parts relatives de SAU entre les unités de simulation STICS et la répartition des fonctions de production « SAU » MODCOU.....	7
Figure 7 : Lame d'eau moyenne annuelle d'irrigation calculée à apporter sur les Surfaces Agricoles Utiles (sur la période 1995-2004 - paramètre Ratiol STICS =0.5).....	8
Figure 8 : Extension des aquifères modélisés.....	9
Figure 9 : Évolution annuelle de l'alimentation des nappes modélisées.....	9
Figure 10 : Augmentation relative moyenne d'alimentation des nappes modélisées.....	10
Figure 11 : Piézomètre d'Allainville : évolution piézométrique calculée en régime naturel et avec irrigation généralisée (avec et sans rétroaction de l'irrigation sur le bilan hydrique de surface).....	11
Figure 12 : Piézomètre de Cotteret : évolution piézométrique calculée en régime naturel et avec irrigation généralisée (avec et sans rétroaction de l'irrigation sur le bilan hydrique de surface).....	11
Figure 13 : Piézomètre de Crevecoeur : évolution piézométrique calculée en régime naturel et avec irrigation généralisée (avec et sans rétroaction de l'irrigation sur le bilan hydrique de surface).....	12

1 INTRODUCTION

Les calculs préliminaires effectués sur « l'influence d'une irrigation généralisée sur les ressources en eau du bassin de la Seine » et présenté dans le rapport PIREN-Seine 2005 présentait des calculs d'impact sur la ressource en eau et ses conséquences (variation du débit des rivières, rabattements piézométriques). Les résultats présentés avaient été obtenus en imposant, au pas de temps journalier, un débit de pompage dans les nappes phréatiques égal à la dose d'irrigation calculée le même jour et indépendamment par le logiciel agronomique STICS et ce sur l'ensemble des surfaces cultivées du bassin.

Les logiciels étant complètement découplés, la sortie de l'un (les volumes d'irrigation nécessaires calculés par STICS) est transformée en une entrée du modèle hydrogéologique MODCOU sous forme de quantité d'eau pompée sans aucune rétroaction sur le bilan hydrique de surface liée à la « pluie artificielle » générée par l'irrigation.

La présente note précise l'influence d'une prise en compte de cette rétroaction sur le bilan hydrogéologique du bassin.

2 PRINCIPE GÉNÉRAL

Le principe général retenu lors des simulations est basé sur une conception exclusivement hydrogéologique et suppose que :

- l'ensemble des exploitations agricoles du bassin a accès à l'irrigation ;
- toutes les cultures de chaque exploitation (excepté les prairies et la vigne) sont irriguées, du semis à la récolte ;
- l'irrigation s'effectue par aspersion et sans perte en ligne (efficacité de 100%) ;
- les quantités d'eau nécessaires sont intégralement prélevées dans les nappes ;
- la ressource est facilement accessible (pas de souci d'exploitabilité des nappes) ;
- le calcul est effectué au pas de temps journalier sur la période 1995-2004

La rétroaction des prélèvements en nappe pour parfaire l'irrigation des cultures va donc consister à ajouter à la pluie du jour, la quantité d'eau prélevée en nappe, tel que présentée sur le schéma suivant qui décrit le principe général du modèle couplé MODCOU.

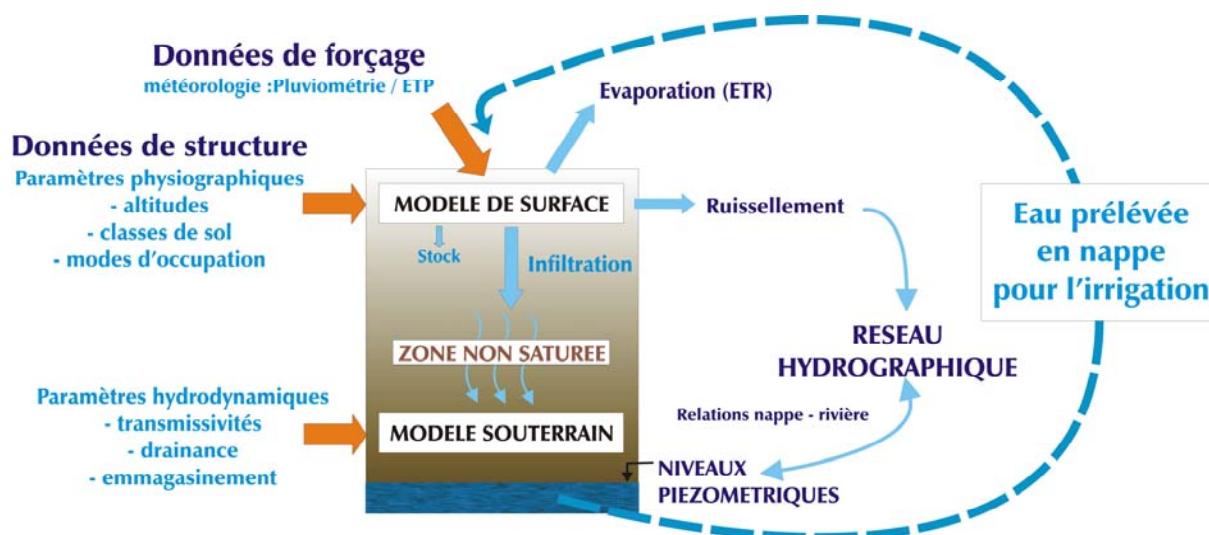


Figure 1 : Principe général du modèle couplé MODCOU et de la rétroaction des prélèvements en nappe pour l'irrigation sur le bilan hydrique de surface

3 CALCUL DES DOSES D'IRRIGATION SUR LE BASSIN

Les doses d'irrigation journalières à apporter aux différentes cultures sont calculées au niveau de chaque unité de simulation par le logiciel STICS. Une unité de simulation est le résultat du croisement des zones météorologiques SAFRAN (mailles de 8x8 km), des types de sol de la base INRA et des différentes zones agricoles regroupées en « Petites Régions Agricoles » (au nombre de 147 sur le bassin de la Seine)(figure 2).

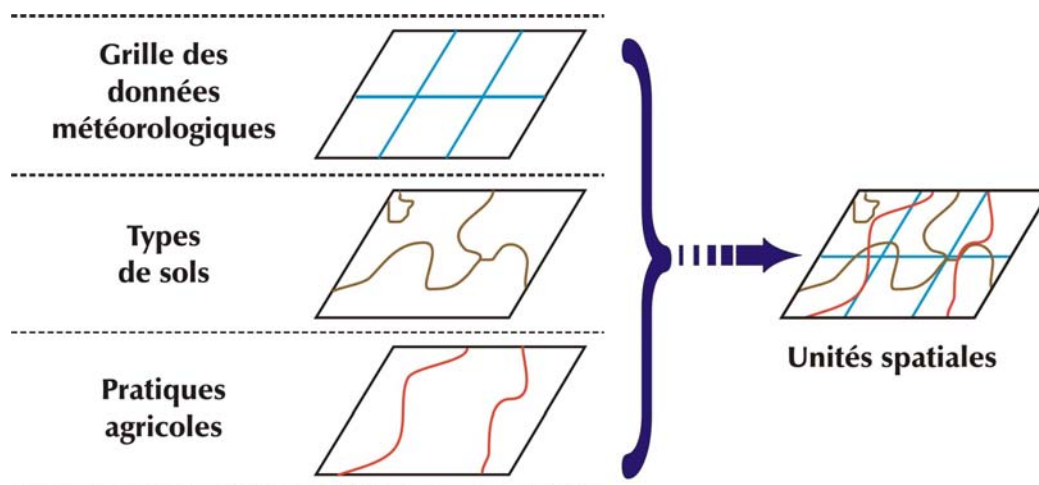


Figure 2 : Organisation spatiale des données météorologiques, pédologiques et agricoles

A titre d'exemple, la figure 3 présente les irrigations moyennes annuelles calculées par STICS sur la période 1995-2004 et pour un taux de satisfaction en eau moyen (variable $ratio_{i=0.5}$ dans STICS)

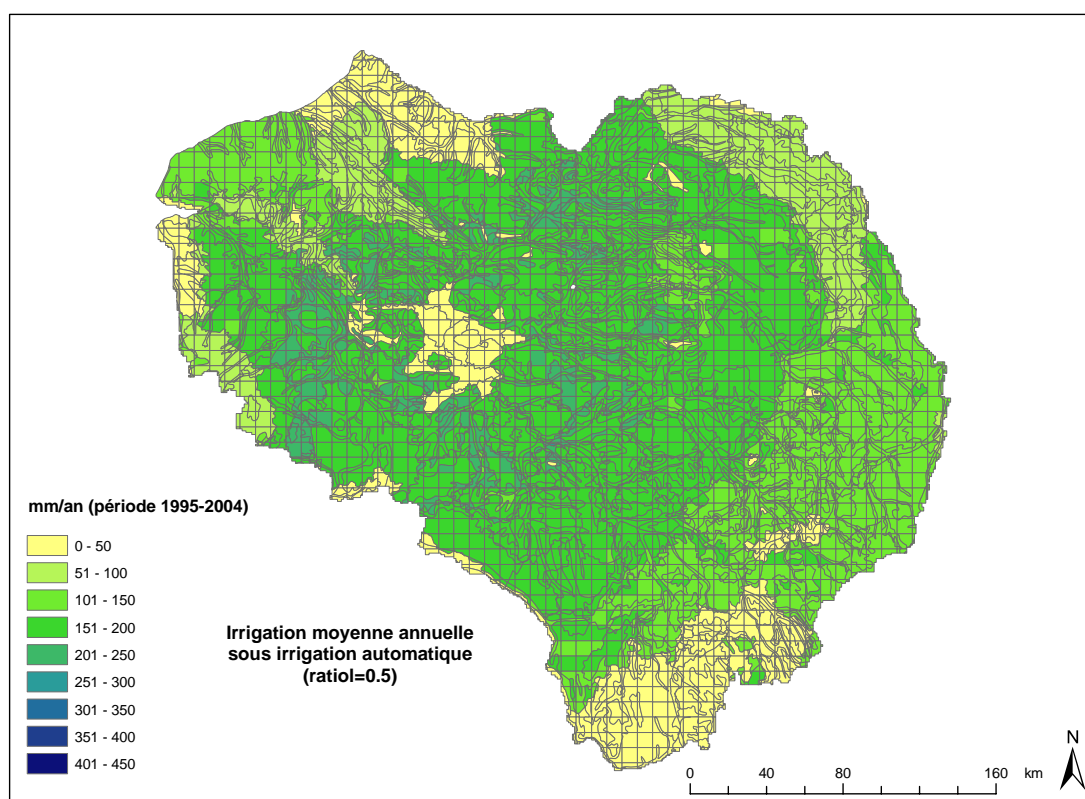


Figure 3 : Irrigation moyenne annuelle (mm) : taux de satisfaction en eau moyen (ratiol=0.5)

A partir de ces résultats STICS (une valeur journalière de lame d'eau d'irrigation calculée par unité de simulation sur l'ensemble de la période considérée), la génération des fichiers de « pluies artificielles », au pas de la grille SAFRAN s'effectue de la manière suivante :

- croisement des unités de simulation STICS sur le maillage de surface MODCOU ;
- calcul des volumes journaliers d'irrigation par maille de surface MODCOU en tenant compte de la part effective des zones cultivées (SAU) sur chaque unité de simulation STICS (figure 4) ;
- agrégation des volumes d'irrigation au niveau de chaque maille météorologique par croisement maillage météorologique – maillage de surface ;
- calcul de la lame d'eau à imposer en complément des pluies météoriques sur la SAU des mailles de surface MODCOU (qui peut être différente de celle des unités de simulation STICS). Dans notre cas, sont considérées comme faisant partie de la Surface Agricole Utile toutes les parts des fonctions de production autres que zones urbaines, plan d'eau, zones humides et forêt (figure 5). La différence de pourcentage de SAU entre STICS et MODCOU rapportée à la maille de surface est précisée figure 6.

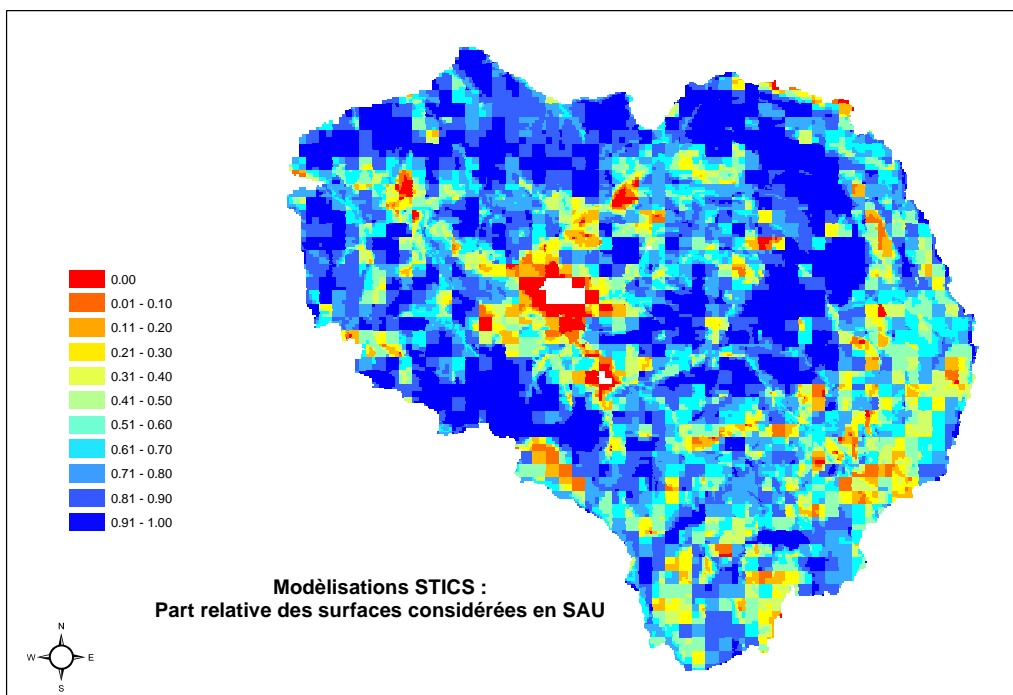


Figure 4 : Répartition spatiale des Surfaces Agricoles Utiles par unité de simulation STICS

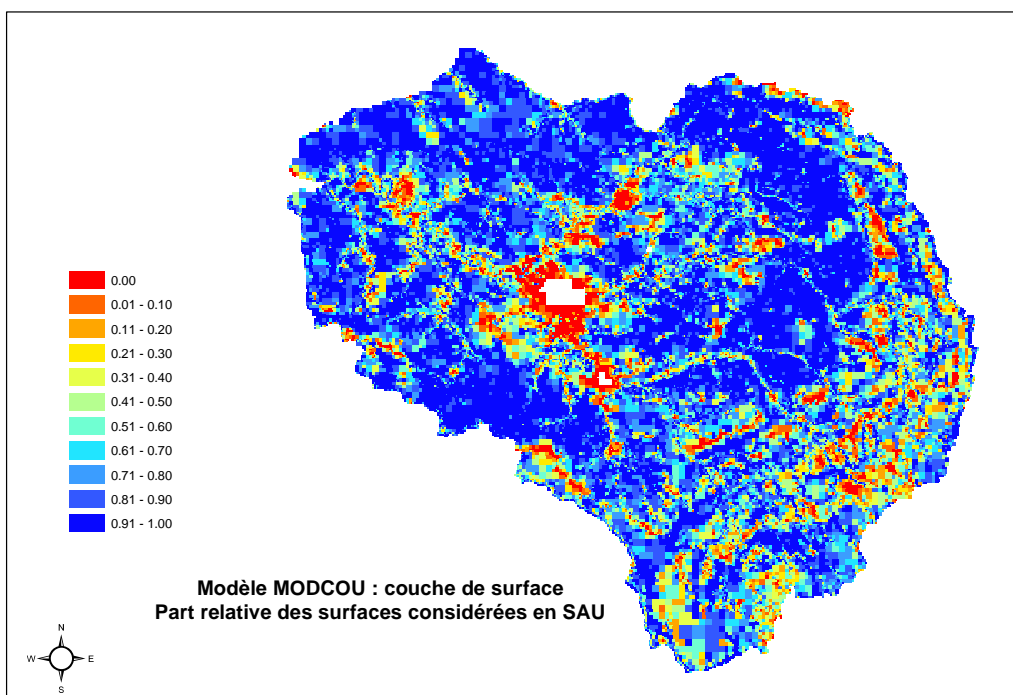


Figure 5 : Répartition spatiale des Surfaces Agricoles Utiles déterminées dans MODCOU

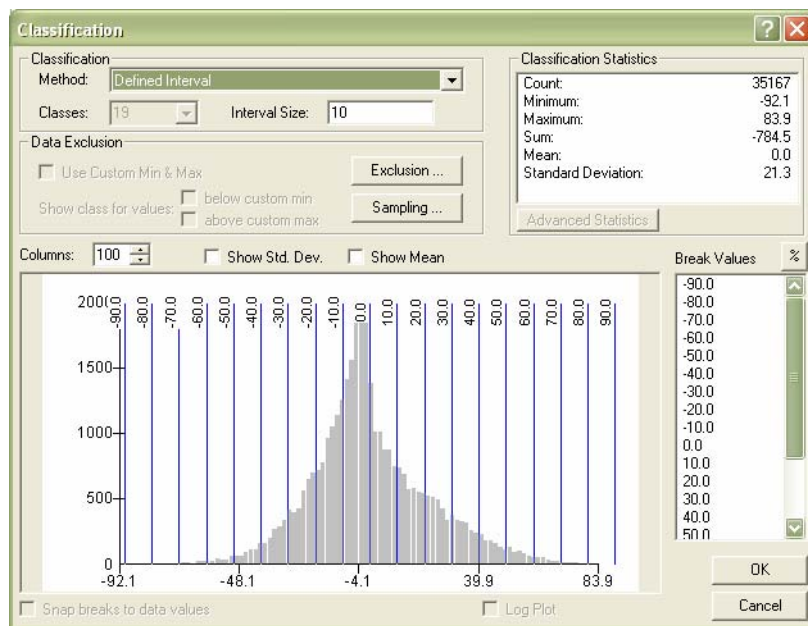
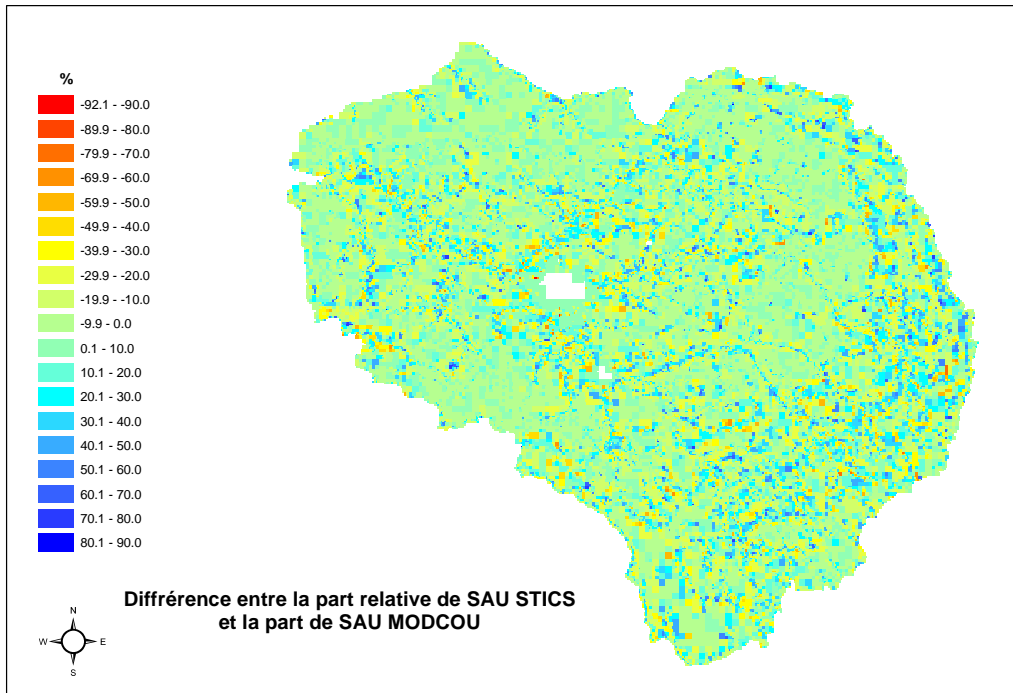


Figure 6 : Comparaison des parts relatives de SAU entre les unités de simulation STICS et la répartition des fonctions de production « SAU » MODCOU

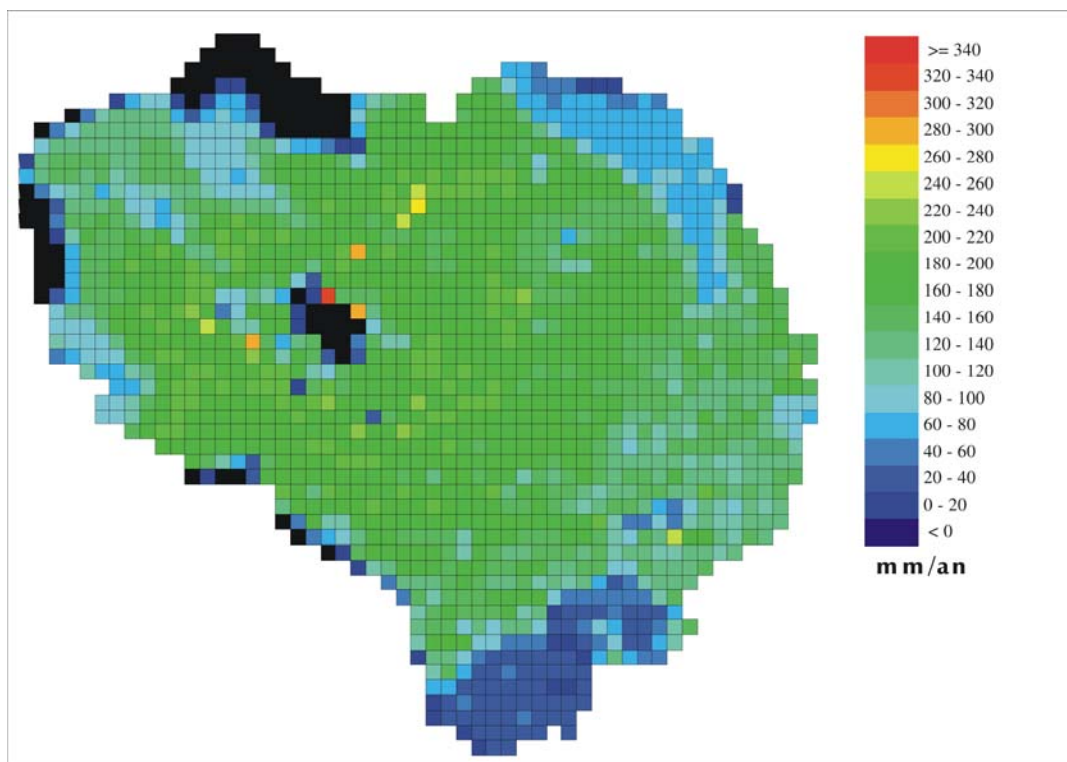


Figure 7 : Lame d'eau moyenne annuelle d'irrigation calculée à apporter sur les Surfaces Agricoles Utiles (sur la période 1995-2004 - paramètre Ratiol STICS =0.5)

4 BILAN HYDRIQUE DE SURFACE

L'influence de la prise en compte de l'irrigation sur le bilan hydrique de surface calculé par MODCOU s'effectue donc en ajoutant à la pluie météorique naturelle la lame d'eau moyenne irriguée à l'échelle de la maille météorologique SAFRAN et ce sur les surfaces agricoles « modèle ». De plus, au niveau de la modélisation du bassin de la Seine, seules les nappes du Crétacé au Tertiaire sont modélisée et donc seuls les prélèvements en nappe effectués à la verticale de ces dernières sont pris en compte. Pour assurer la cohérence des bilans en eau « prélèvements par irrigation effectivement pris en compte dans le modèle – pluie artificielle », l'accroissement des pluies naturelles n'est donc appliqué que sur les mailles de surface situées à la verticale des aquifères modélisés (figure 8).



Figure 8 : Extension des aquifères modélisés

En moyenne, sur la période de calcul 01/08/1995 – 31/07/2004, l'augmentation annuelle de recharge des nappes du modèle est comprise entre 12 et 31 mm, ce qui représente une augmentation moyenne annuelle comprise entre 8 et 25% selon les années, ce qui n'est, bien sûr, pas négligeable (figure 9).

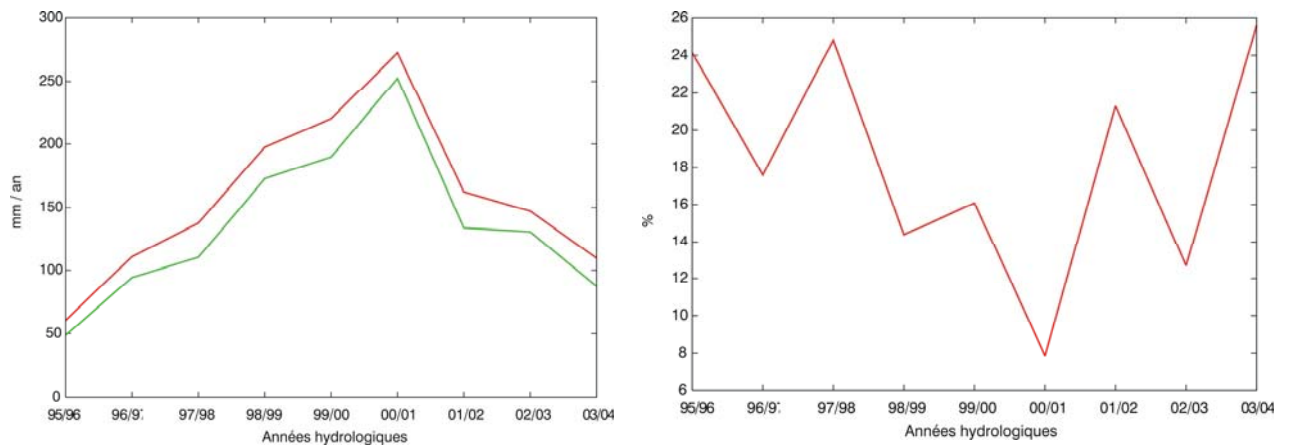


Figure 9 : Évolution annuelle de l'alimentation des nappes modélisées

Spatialement, l'augmentation moyenne annuelle d'alimentation des nappes sur la période peut atteindre localement plus de 45% (figure 10).

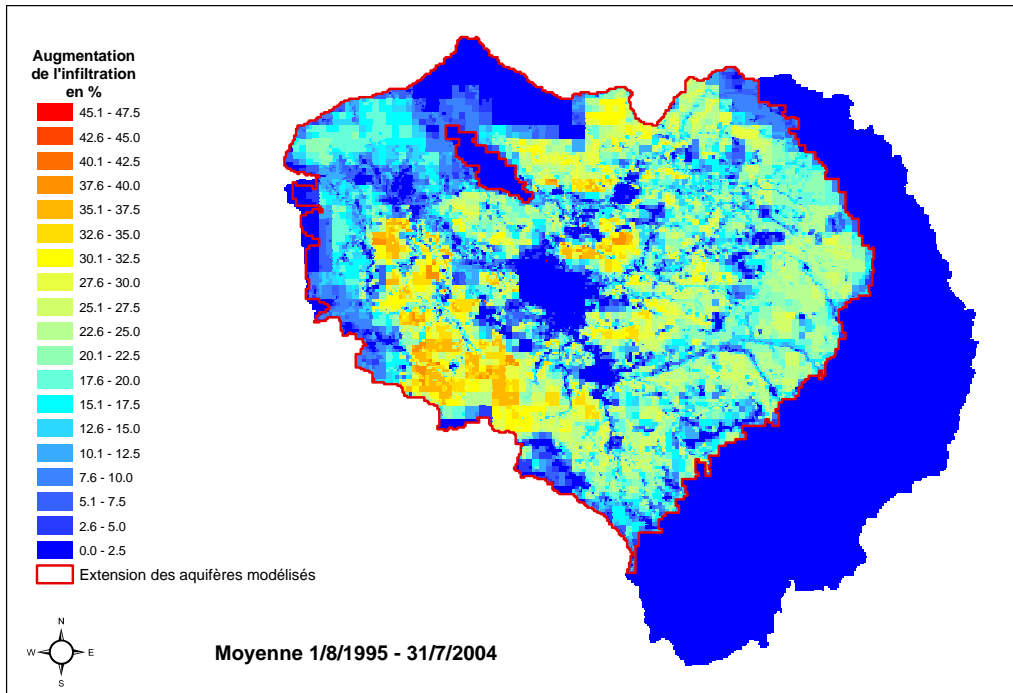


Figure 10 : Augmentation relative moyenne d'alimentation des nappes modélisées

5 INFLUENCE DE LA RÉTROACTION SUR LA PIÉZOMÉTRIE DES AQUIFÈRES

Toujours à titre d'exemple, les figures suivantes présentent l'influence de la prise en compte de la rétroaction sur la piézométrie calculée sur trois piézomètres du bassin, toujours dans le cas d'une irrigation généralisée sur le bassin et pour un taux de satisfaction des besoins en eau de 0.5.

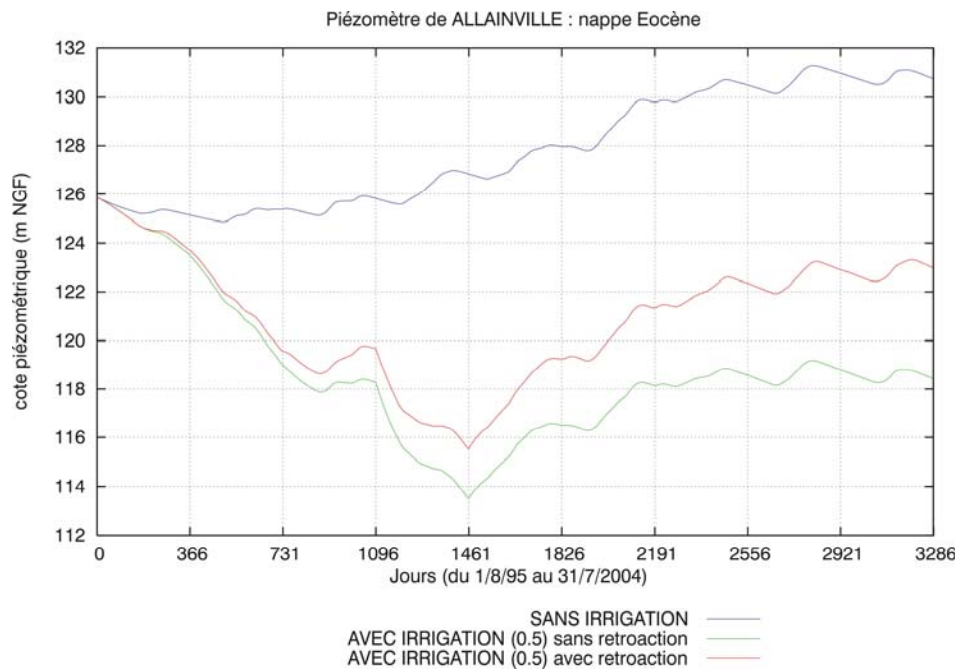


Figure 11 : Piézomètre d'Allainville : évolution piézométrique calculée en régime naturel et avec irrigation généralisée (avec et sans rétroaction de l'irrigation sur le bilan hydrique de surface)

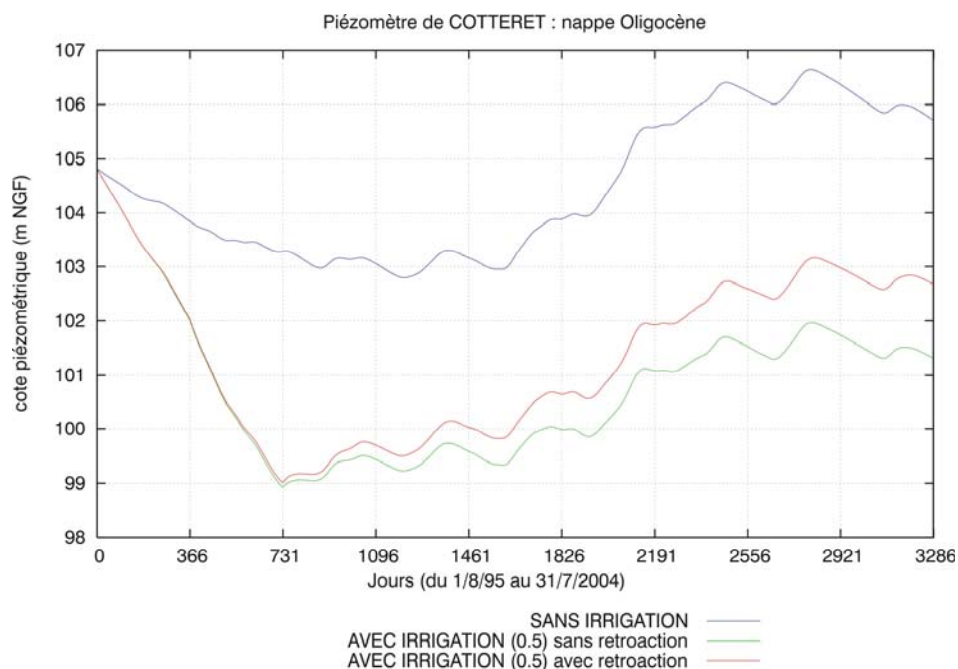


Figure 12 : Piézomètre de Cotteret : évolution piézométrique calculée en régime naturel et avec irrigation généralisée (avec et sans rétroaction de l'irrigation sur le bilan hydrique de surface)

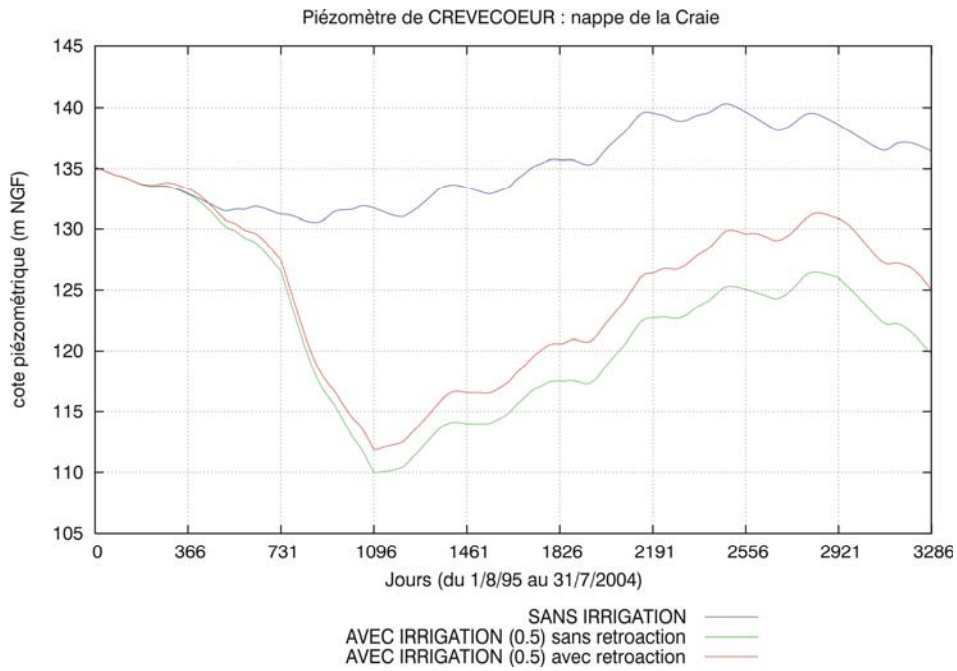


Figure 13 : Piézomètre de Crevecoeur : évolution piézométrique calculée en régime naturel et avec irrigation généralisée (avec et sans rétroaction de l'irrigation sur le bilan hydrique de surface)