

Programme RExHySS

-oOo-

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

-oOo-

Influence du taux de satisfaction du besoin en eau de STICS et du calendrier d'irrigation sur les rendements agricoles et les volumes d'eau mis en jeu

P. VIENNOT

**Références : R071206PVIE
ARMINES : 70294
MEDD : 0000457**

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION.....	4
2 PRINCIPE GÉNÉRAL DU MODÈLE STICS.....	4
3 SPATIALISATION DU MODÈLE STICS SUR LE BASSIN.....	6
3.1 PRATIQUES AGRICOLES SUR LE BASSIN DE LA SEINE : REGROUPEMENT EN ZONES HOMOGENES .	7
3.2 DOSES D'IRRIGATION CALCULÉES SUR LE BASSIN	9
3.3 IMPACT DE L'IRRIGATION GÉNÉRALISÉE SUR LE RENDEMENT MOYEN DES CULTURES	11
4 DÉFINITION DE RÈGLES D'IRRIGATION SUR LE BASSIN - IMPACT SUR LES DOSES MOYENNES À APPORTER ET SUR LES RENDEMENTS.....	17
4.1 DOSES MOYENNES D'IRRIGATION SUR LE BASSIN.....	17
4.2 COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS AVEC LES PRÉLÈVEMENTS RÉELS OBSERVÉS EN BEAUCE EN 2004	21
4.3 INFLUENCE D'UNE IRRIGATION CONTRAINTE SUR LES RENDEMENTS MOYENS DES 4 CULTURES RETENUES	25

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Principe général des phénomènes pris en compte par STICS	4
Figure 2 : Entrées-sorties de STICS	5
Figure 3 : Organisation spatiale des données météorologiques, pédologiques et agricoles	6
Figure 4 : Cartographie des unités spatiales de simulation du modèle agronomique STICS	7
Figure 5 : Découpage du bassin de la Seine en 12 zones de paramétrisation des pratiques agricoles	8
Figure 6 : Irrigation moyenne annuelle (mm) calculée sur la SAU : taux de satisfaction en eau maximal (ratiol=1)	10
Figure 7 : Irrigation moyenne annuelle (mm) calculée sur la SAU : taux de satisfaction en eau moyen (ratiol=0.5)	11
Figure 8 : Évolution des rendements (en tonnes de matière sèche par hectare) calculés pour les principales cultures du bassin en fonction du taux de satisfaction des besoins en eau des plantes	12
Figure 9 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de pommes de terre. Faible taux de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.3)	13
Figure 10 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de pommes de terre. Taux moyen de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.5)	13
Figure 11 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de tournesol. Faible taux de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.3)	14
Figure 12 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de tournesol. Taux moyen de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.5)	14
Figure 13 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de maïs. Faible taux de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.3)	15
Figure 14 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de maïs. Taux moyen de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.5)	15
Figure 15 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de betteraves à sucre. Faible taux de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.3)	16
Figure 16 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de betteraves à sucre. Taux moyen de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.5)	16
Figure 17 : Doses d'irrigation (en mm) calculées par STICS sur la période 1995-2004 (Ratiol=0.5)	18
<i>Figure 18</i> : Figure 18 : Doses d'irrigation (en mm) calculées par STICS sur la période 1995-2004 (Ratiol=1).....	18
Figure 19 : Apports moyens annuels d'irrigation par commune effectués en 2004 (en mm par an)	19
Figure 20 : Volumes annuels d'irrigation par commune mesurés en 2004 (en m3 par an)	20
Figure 21 : Surfaces irriguées par commune en 2004 (en hectares)	20
Figure 22 : Surfaces agricoles irriguées en Beauce en 2004	21
Figure 23 : Irrigation moyenne annuelle mesurée en 2004 (exprimée en mm)	22

Figure 24 : Lamé d'eau moyenne calculée par STICS en Beauce	23
Figure 25 : Volumes irrigués calculés par STICS	24
Figure 26 : Volumes d'irrigation mesurés	24
Figure 27 : Différences relatives entre les volumes calculés et mesurés (en pourcent)	25
Figure 28 : Augmentations relatives de rendement calculées sur le bassin de la Seine	26

1 INTRODUCTION

Grâce à sa fonction « calcul automatique de l'irrigation », le logiciel STICS permet de calculer au pas de temps de calcul journalier des doses d'irrigation, optimales ou non vis-à-vis de la croissance des plantes cultivées par l'intermédiaire de la variable « ratiol » qui permet ainsi de « définir un taux de satisfaction des besoins en eau des cultures ». Mis en œuvre sur l'ensemble du bassin de la Seine, le logiciel STICS est donc utilisé pour calculer les doses d'irrigation mais également le bénéfice agronomique apporté en terme de rendement sur les cultures irriguées. La présente note précise la méthodologie retenue et présente les principaux résultats obtenus spatialement sur le bassin de la Seine en termes de volumes d'eau et de rendements des cultures irriguées.

2 PRINCIPE GÉNÉRAL DU MODÈLE STICS

STICS (Simulateur multIdisciplinaire pour les Cultures Standard) est un modèle générique de simulation du cycle agronomique des cultures ainsi que de leurs bilans hydrique, azoté et carboné. Il a été développé par l'INRA en collaboration avec différents organismes (ITCF, Agrotransfert, CIRAD, AGPM, CETIOM, CEMAGREF,...). Il est utilisé pour simuler au pas de temps journalier, le comportement du système sol-plante au cours de plusieurs années successives d'exploitation.

L'interface supérieure du modèle est l'atmosphère, caractérisée par plusieurs variables climatiques (radiation solaire, température minimum et maximum, précipitation, évapotranspiration potentielle). L'interface inférieure se situe dans le sol au niveau de la profondeur maximale (de l'ordre du mètre) accessible au système racinaire (figure 1). Celle-ci est fonction du type de sol et de la nature de la plante cultivée.

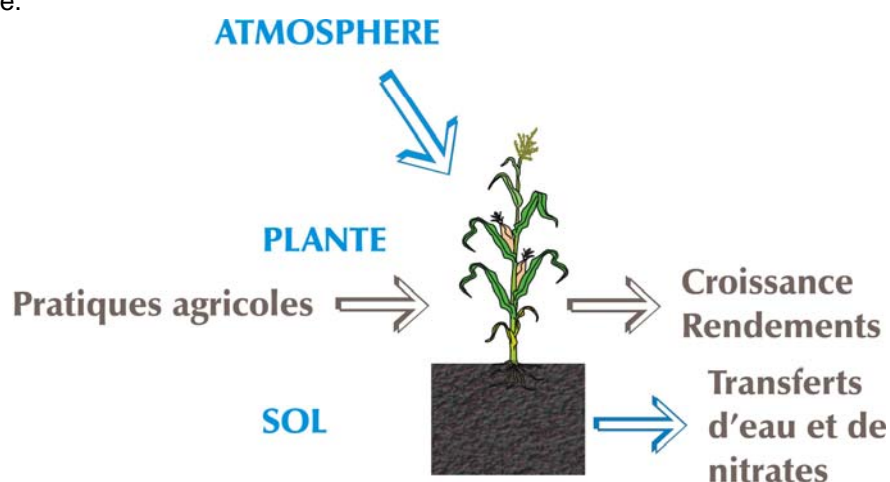


Figure 1 : Principe général des phénomènes pris en compte par STICS

La mise en oeuvre de STICS requiert quatre sources de données (figure 2) :

- **données climatiques** : température minimale, maximale, pluviométrie, évapotranspiration potentielle (ETP) et rayonnement global, au pas de temps journalier ;
- **données « sol »** : le sol est décrit comme une succession de couches horizontales caractérisées par leurs propriétés physiques (épaisseurs, masse volumique, teneur en eau à la capacité au champ et au point de flétrissement, teneur en cailloux). La couche de surface où se concentre l'activité biologique) se caractérise par ses paramètres physicochimiques (teneurs en argile, en calcaire, en azote organique, albédo, etc..) ;
- **paramètres « culture »** : il s'agit des paramètres relatifs aux différents processus agronomiques pris en compte (germination, levée, développement, etc..) incluant la prise en compte de l'effet des stress hydrique, thermique et azoté sur le fonctionnement de la plante ;
- **données « techniques culturales »** : elles déterminent les modalités et les dates des interventions culturales (semis, irrigation, apports d'engrais azotés, apports d'amendements organiques, récolte, travail du sol, incorporation des résidus de culture, etc..).

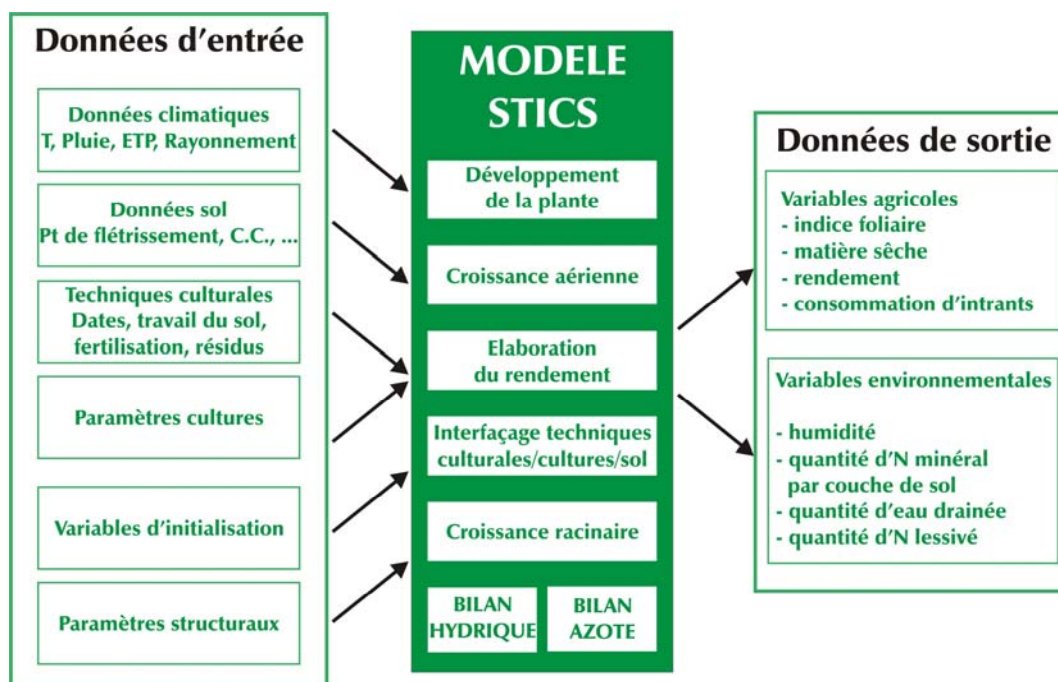


Figure 2 : Entrées-sorties de STICS

A ces données d'entrées, s'ajoutent celles concernant les variables d'initialisation (dates de début et fin de simulation ; humidité et quantité d'azote minéral initiales dans les couches du sol) et d'autres paramètres généraux communs à toutes les simulations tels que, par exemple, la profondeur maximale du sol affectée par l'évaporation.

Les données de sortie de STICS fournissent des grandeurs agronomiques (biomasse végétale, rendement en produit récolté, teneur en protéines des grains, bilan azoté de la culture, etc..) et des grandeurs environnementales (flux d'eau et de nitrate sortant de la zone racinaire).

Les apports d'eau pris en compte dans le modèle STICS peuvent être de deux formes :

apports d'eau météorique : les quantités d'eau arrivant au sol proviennent des pluies et sont donc lues, au pas de temps de calcul, dans le fichier météorologique associé à l'unité générale de simulation (UGSM) ;

- **apports d'eau par l'irrigation** : les quantités/doses des apports par l'irrigation peuvent être imposées en entrée ou calculées par le modèle :
- **irrigations imposées** : le modèle utilise le calendrier d'irrigations donné en entrée dans le fichier des techniques ;
- **irrigations calculées** : le modèle calcul automatiquement les apports d'eau de façon à satisfaire les besoins en eau à hauteur d'un paramètre (RATIOL) fixé en début de simulation. RATIOL représente le taux de satisfaction des besoins en eau : le modèle déclenche une irrigation chaque fois que l'indice de stress stomatique est inférieur à ce taux de satisfaction. Les irrigations sont alors calculées de façon à remplir la réserve en eau du sol jusqu'à la capacité au champ, sans toutefois dépasser la dose maximale journalière autorisée par le système d'irrigation. L'utilisation de cette fonction de STICS a été appliquée à l'ensemble du bassin de la Seine.

3 SPATIALISATION DU MODÈLE STICS SUR LE BASSIN

Les doses d'irrigation journalières à apporter aux différentes cultures sont donc 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 3).

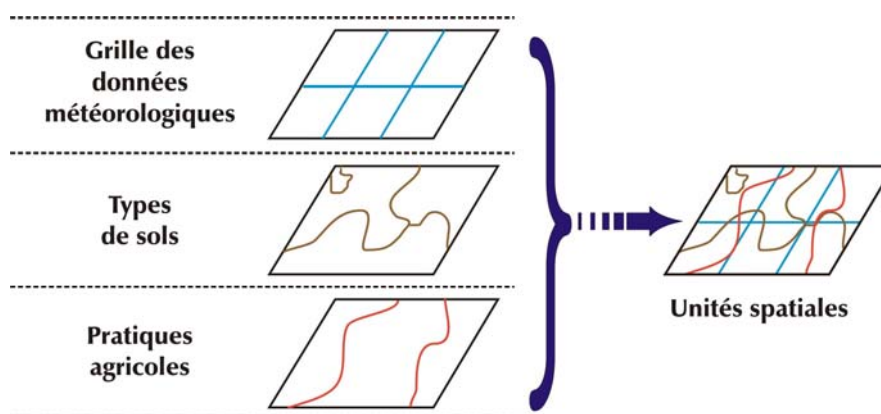


Figure 3 : Organisation spatiale des données météorologiques, pédologiques et agricoles

Sur le bassin, ce découpage spatial conduit à la création de 7826 unités de simulation (figure 4).

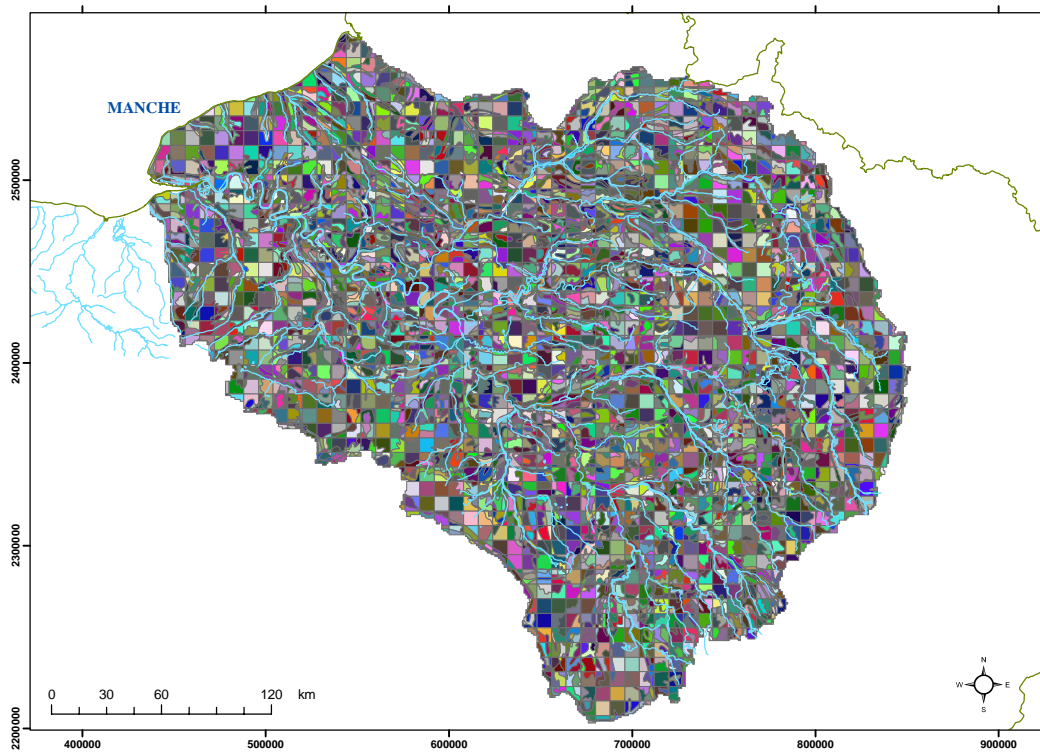


Figure 4 : Cartographie des unités spatiales de simulation du modèle agronomique STICS

3.1 PRATIQUES AGRICOLES SUR LE BASSIN DE LA SEINE : REGROUPEMENT EN ZONES HOMOGÈNES

Le bassin de la Seine ne peut être considéré comme un ensemble homogène en terme d'activité agricole. En effet, toutes les études sur le sujet montrent une grande hétérogénéité des systèmes de production adoptés par les agriculteurs, se traduisant par des assolements également très variables selon les régions agricoles. Cette grande hétérogénéité résulte à la fois des choix économiques (proximité des marchés, Industries Agro-Alimentaires ou consommateurs), des orientations politiques (de la PAC, notamment) et également des contraintes du milieu.

Afin de limiter volontairement le nombre de simulations STICS (liées au croisement du climat, des sols et des pratiques agricoles via le nombre des cultures et leurs successions), les PRA ont été regroupées en grandes zones caractéristiques sur la base de critères comprenant, le pourcentage de surfaces toujours en herbe (STH), particulièrement déterminant sur les marges du bassin parisien et les successions de cultures dominantes issues des résultats de l'enquête TER-UTI du Ministère de l'Agriculture pour la période allant de 1992 à 1998. TER-UTI s'appuie sur les données récoltées dans le cadre de l'Enquête d'Utilisation du Territoire menée depuis 1977 par le Ministère de l'Agriculture et qui inventorie annuellement les occupations par parcelles à l'échelle de l'ensemble du territoire français. Dans certains cas, la carte pédologique et celle des OTEX (Orientations technico-économiques des exploitations) dominantes ont été aussi utilisées pour confirmer certains

regroupements. Le résultat final de cette opération aboutit à un découpage du bassin de la Seine en 12 zones caractéristiques par l'équipe de l'INRA Mirecourt (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) :

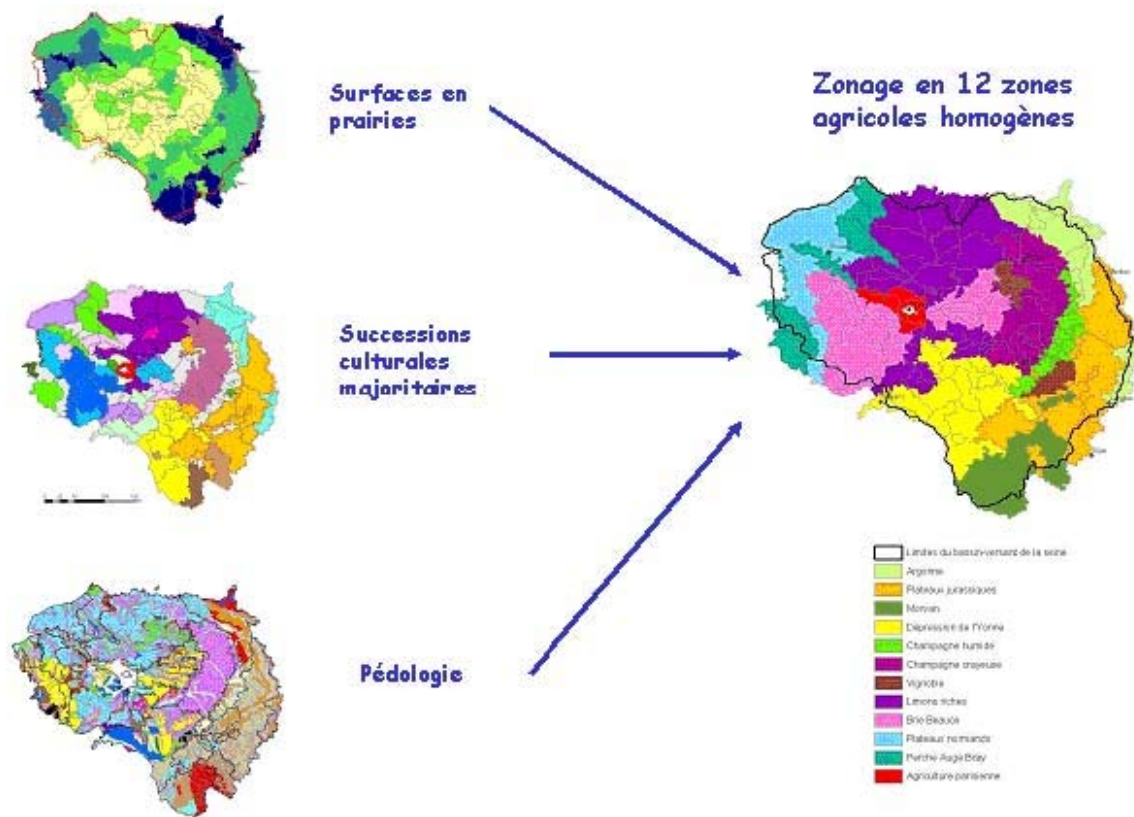


Figure 5 : Découpage du bassin de la Seine en 12 zones de paramétrisation des pratiques agricoles

La dénomination de ces zones est basée sur le nom des principales PRA situées dans chacune d'entre elles (Argonne, Morvan, Champagne humide...), sur le nom des grands ensembles géomorphologiques (plateaux jurassiques, dépression de l'Yonne,...) ou enfin sur un type d'agriculture caractéristique (vignoble, agriculture parisienne). Chacune de ces zones est décrite par un ensemble d'indicateurs socio-économiques représentatifs de son agriculture et par des pratiques culturales moyennes.

Chacune de ces zones se caractérise comme suit :

- Argonne : Très forte proportion de surface en herbe (> 50%), successions de culture basées sur les céréales, le maïs ensilage et le colza. Les OTEX dominantes sont "bovin lait et viande" et "polyculture-élevage".
- Plateaux jurassiques : Forte prépondérance de succession "colza-blé-orge" , surfaces en prairies inférieures à 30 %. OTEX dominantes : "céréales et oléoprotéagineux" et "polyculture-élevage". Bonne concordance avec les plateaux de calcaires jurassiques.
- Morvan : Très forte proportion de surfaces en herbe (autour de 70%), OTEX dominante : "bovin viande". Bonne concordance avec le socle cristallin granitique du Morvan.

- Dépression de l'Yonne : Surfaces en prairies autour de 10%, successions de cultures triennales de type "colza-blé-orge" ou "tournesol-blé-orge" : l'OTEX dominante est "céréales et oléoprotéagineux".
- Champagne Humide : Surfaces en prairies autour de 20%, successions de cultures à base de colza, tournesol, pois, maïs. Forte présence du maïs en monoculture ou assolé.
- Champagne crayeuse : zone caractérisée par la prépondérance de successions à base de luzerne, pois, betterave. Surfaces en prairies presque inexistantes. OTEX dominantes : "Culture générale" et "Céréales et oléoprotéagineux". Très bonne concordance avec le substrat crayeux de cette région.
- Vignoble : PRA caractérisée par une forte proportion de vigne dans l'assolement (16% en moyenne). Le reste de l'assolement est typique des PRA limitrophes.
- Limons riches : Moins de 10% de surfaces en prairies. Prépondérance de la betterave, associée ou non au pois ou à la pomme de terre. OTEX dominante : "Culture générale".
- Brie Beauce : Autour de 6% de surface en prairies. Prédominance du pois et du colza en tête de rotation et des céréales. OTEX dominante : "Céréales et oléoprotéagineux".
- Plateaux normands : Zone caractérisée par la coexistence de prairies (30% en moyenne) et de cultures industrielles (betterave, lin) et d'oléoprotéagineux (pois, colza).
- Perche, Auge et Bray : Cette zone discontinue est caractérisée par une forte proportion de prairies (autour de 50%) et des successions essentiellement basées sur le maïs ensilage. OTEX dominantes : "Bovins lait viande" et "polyculture-élevage".
- Agriculture parisienne : cette zone se distingue, du fait de sa proximité avec l'agglomération parisienne, par une forte proportion de l'assolement en légumes et potagers. On y trouve également des successions à base de maïs grain et de betterave.

3.2 DOSES D'IRRIGATION CALCULÉES SUR LE BASSIN

Les calculs de doses moyennes d'irrigation par unité de simulation sont effectués en faisant varier le paramètre « ratiol » et en supposant que :

- l'ensemble des exploitations agricoles du bassin a accès à l'irrigation ;
- toutes les cultures de chaque exploitation et de chaque rotation (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%) ;

Le calcul est effectué au pas de temps journalier sur la période 1995-2004

Les figures 6 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et 7 présentent les doses moyennes d'irrigation calculées par STICS sur la période de simulation 1995-2004 et selon deux taux de satisfaction des besoins en eau (ratiol=0.5 et 1).

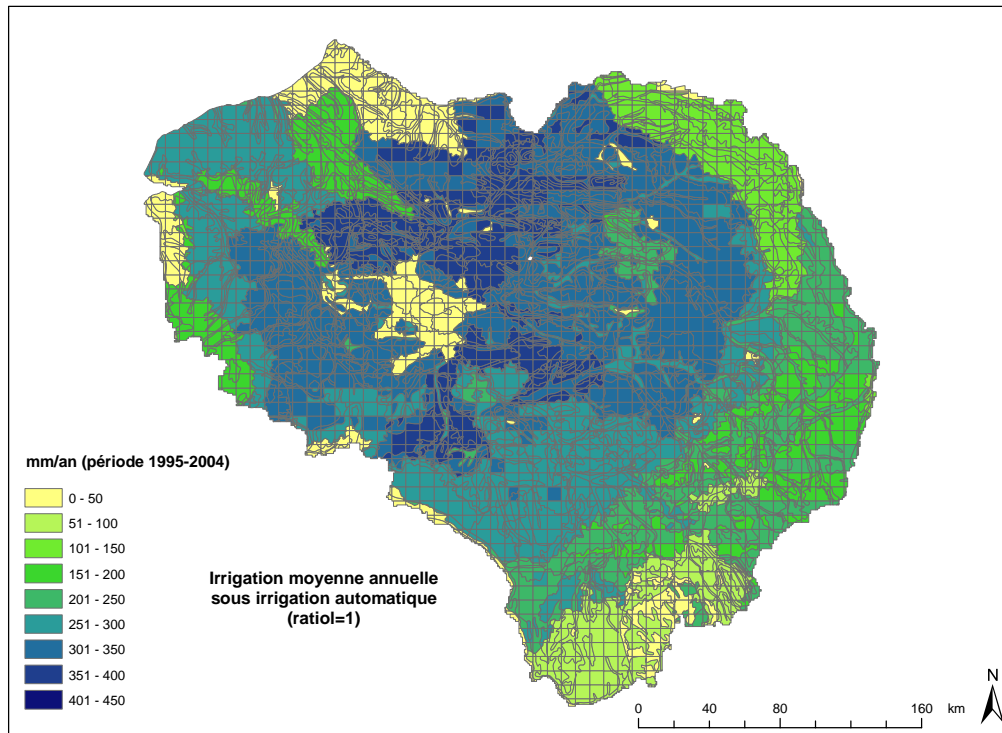


Figure 6 : Irrigation moyenne annuelle (mm) calculée sur la SAU : taux de satisfaction en eau maximal (ratiol=1)

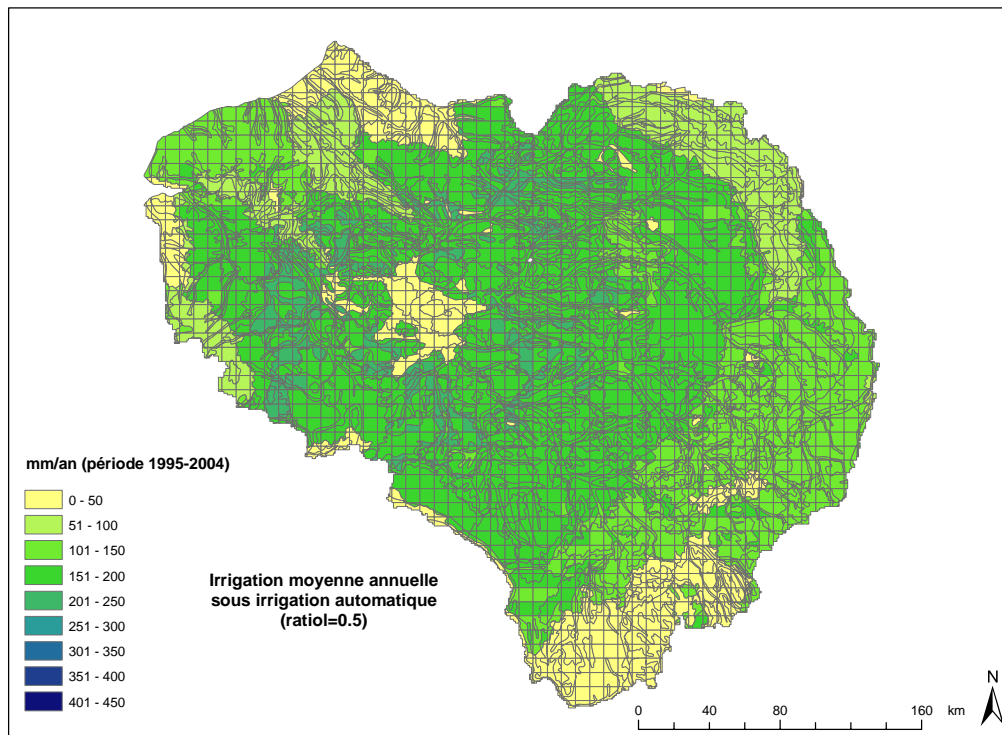


Figure 7 : Irrigation moyenne annuelle (mm) calculée sur la SAU : taux de satisfaction en eau moyen (ratiol=0.5)

3.3 IMPACT DE L'IRRIGATION GÉNÉRALISÉE SUR LE RENDEMENT MOYEN DES CULTURES

Si l'irrigation, principale consommatrice d'eau du secteur agricole, a pour vocation principale de favoriser une activité agricole stable en l'affranchissant, tout ou partiellement, des aléas climatiques, elle joue également un rôle important sur la qualité et la quantité des produits. L'irrigation tend donc à s'étendre vers les grandes cultures industrielles (betterave industrielle, pomme de terre de conservation) pour lesquelles l'exigence de régularité dans le rendement amène les agriculteurs à s'équiper.

La figure 8 montre l'évolution des rendements moyens calculés sur 10 ans (1995-2004) par STICS pour l'ensemble des types de cultures régulièrement présents sur le bassin, sans ou avec différents degrés de satisfaction de besoin en eau des plantes par irrigation.

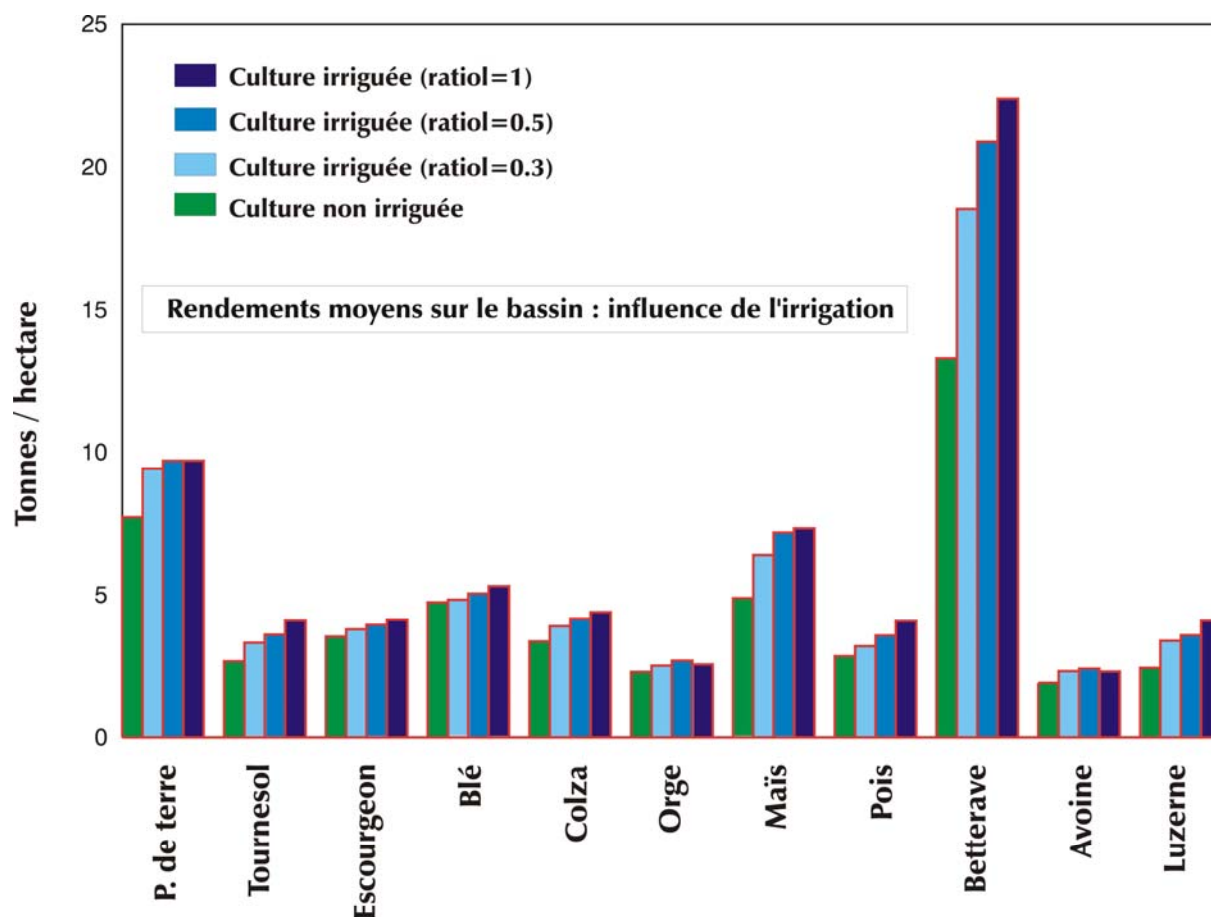


Figure 8 : Évolution des rendements (en tonnes de matière sèche par hectare) calculés pour les principales cultures du bassin en fonction du taux de satisfaction des besoins en eau des plantes

Ces résultats font apparaître que les cultures les plus sensibles à l'irrigation sont bien sûr les cultures à cycle végétatif estival (maïs, tournesol, pomme de terre, betterave). Les cultures de printemps ou de début d'été (colza, blé) sont bien sûr moins sensibles.

De plus, ces résultats montrent qu'une irrigation imposée avec un taux de satisfaction de 0.5 donne des rendements parfois assez proches de ceux obtenus avec un taux de satisfaction maximal, réduisant ainsi fortement les doses d'irrigation à apporter.

Spatialement, sur le bassin et dans certaines régions, les écarts obtenus peuvent être plus importants : une culture de betteraves à sucre ou de maïs irriguée en Beauce, par exemple, voit ses rendement pratiquement doubler même avec un taux de satisfaction des besoins en eau de 0.5 (figures 9 à 16).

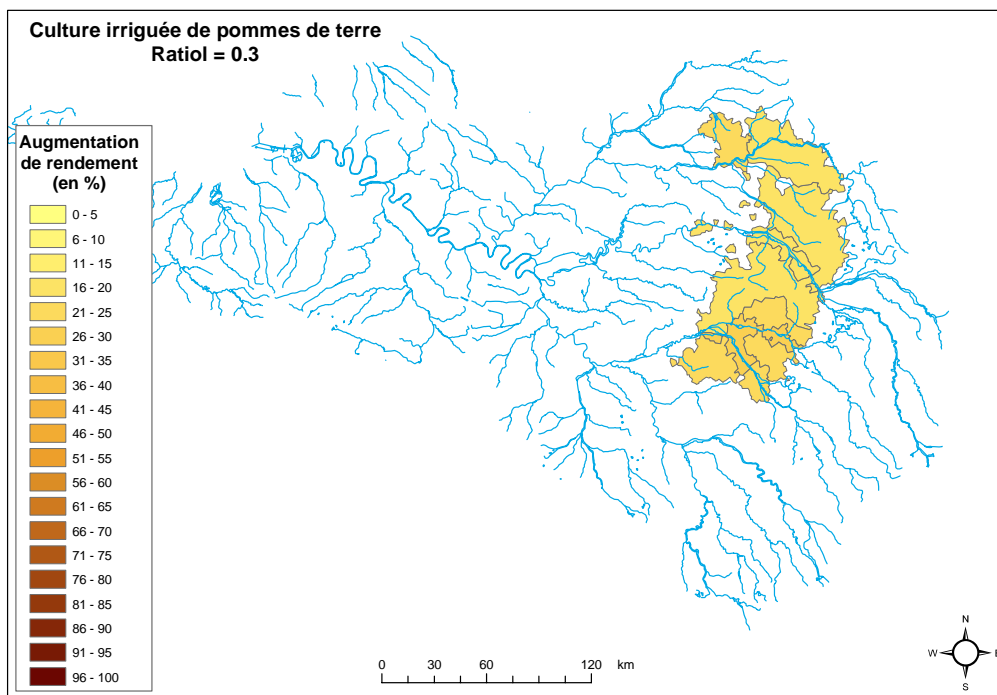


Figure 9 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de pommes de terre. Faible taux de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.3)

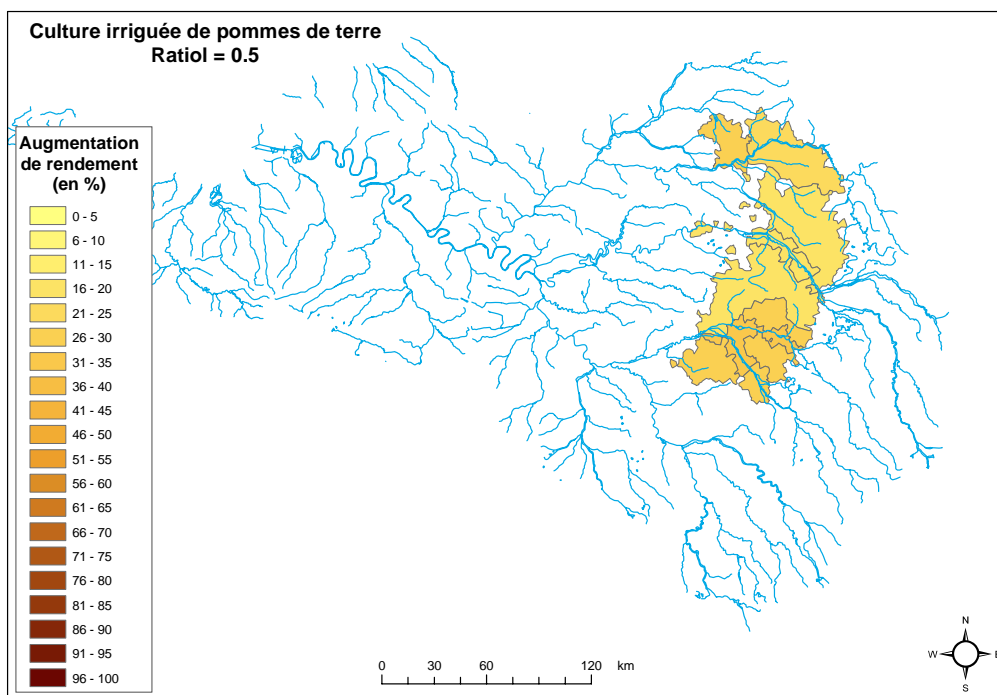


Figure 10 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de pommes de terre. Taux moyen de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.5)

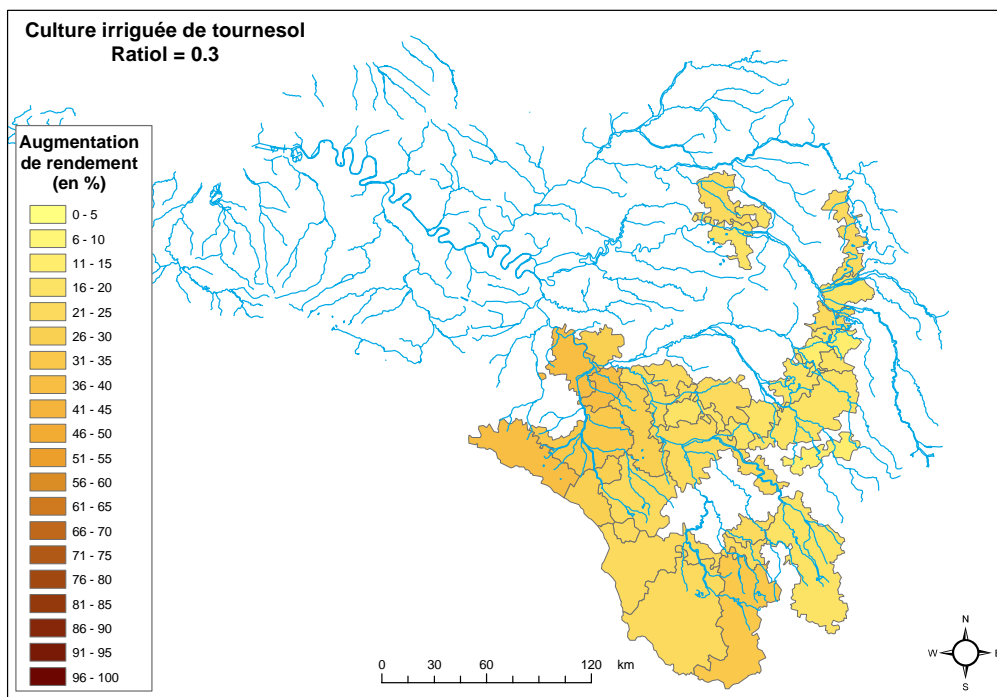


Figure 11 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de tournesol. Faible taux de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.3)

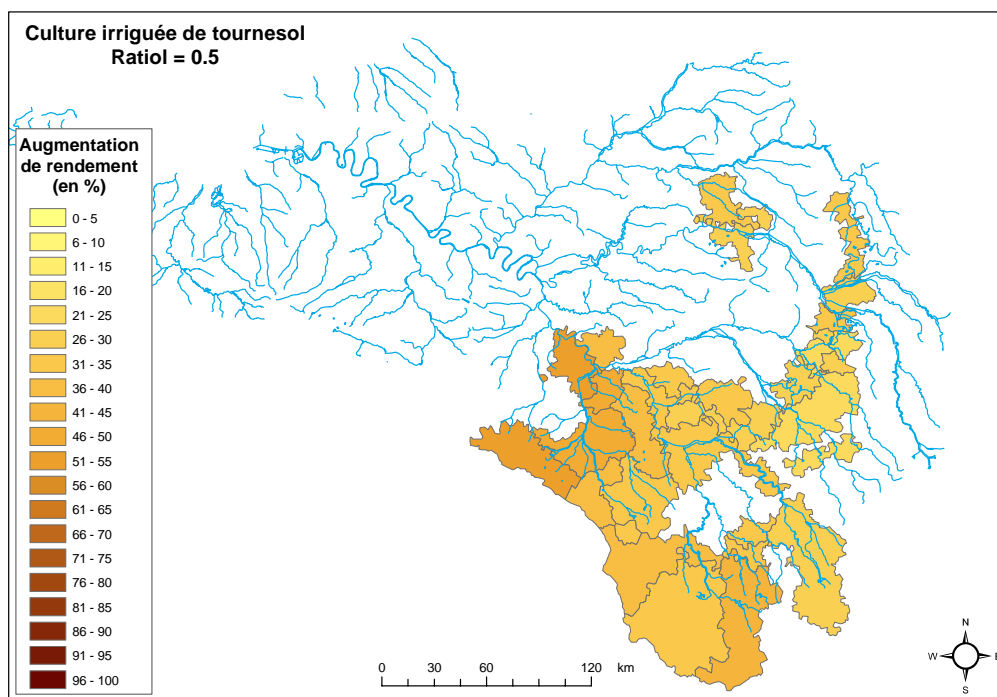


Figure 12 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de tournesol. Taux moyen de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.5)

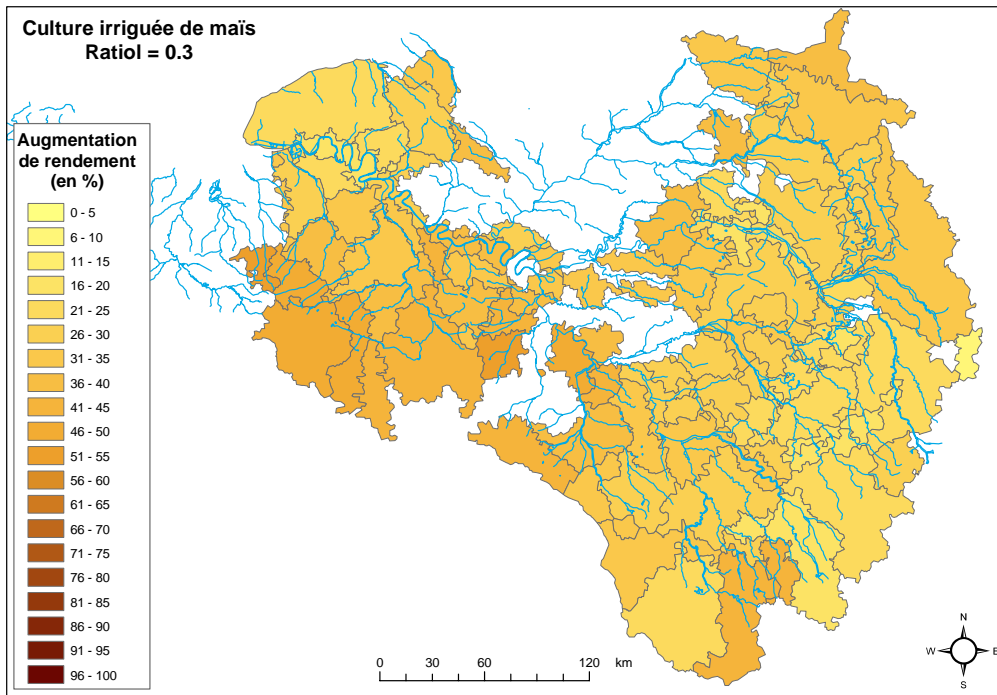


Figure 13 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de maïs. Faible taux de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.3)

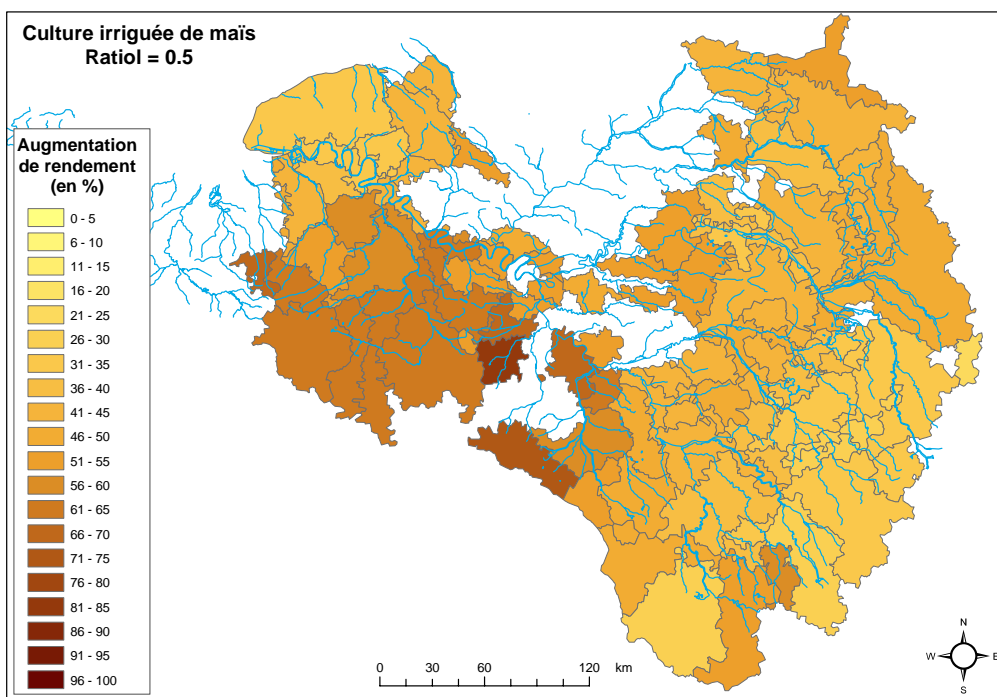


Figure 14 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de maïs. Taux moyen de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.5)

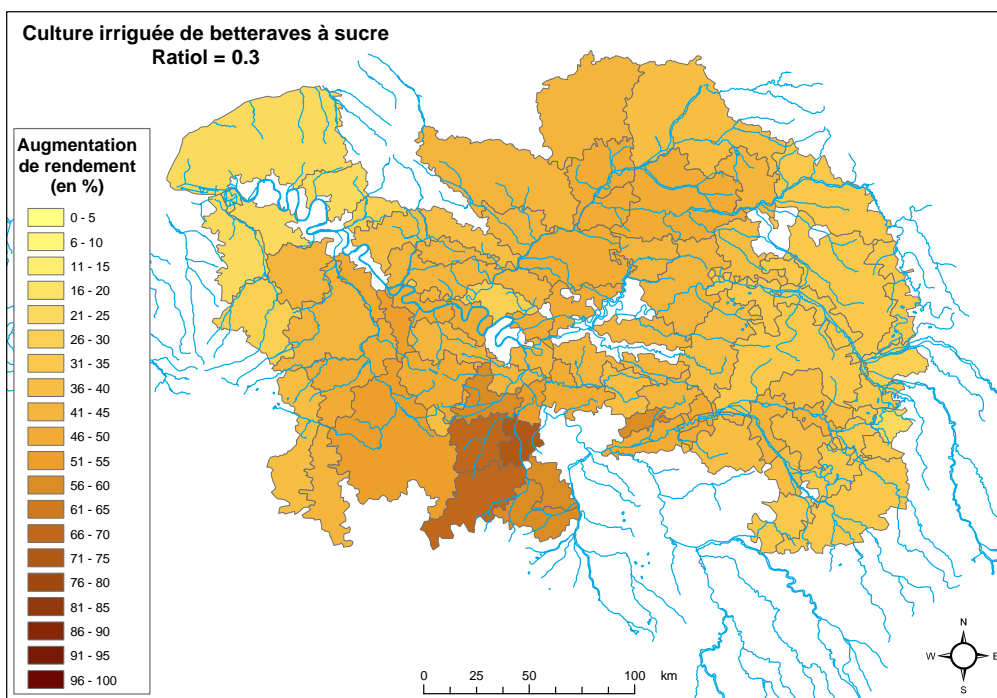


Figure 15 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de betteraves à sucre. Faible taux de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.3)

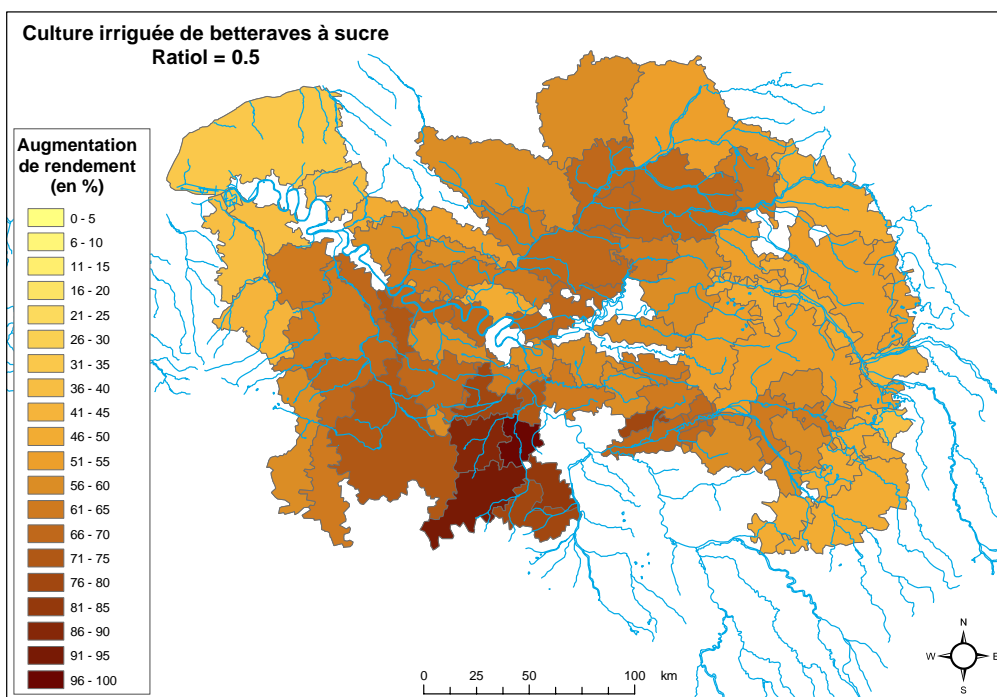


Figure 16 : Accroissement de rendement lié à l'irrigation sur la culture de betteraves à sucre. Taux moyen de satisfaction des besoin en eau (ratiol =0.5)

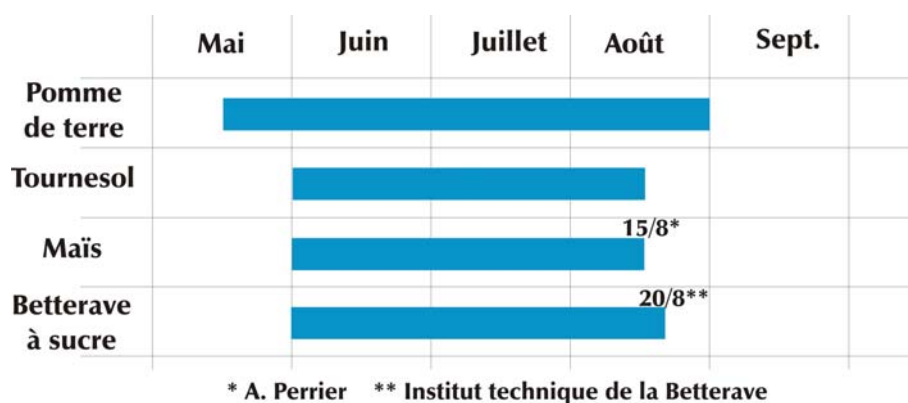
4 DÉFINITION DE RÈGLES D'IRRIGATION SUR LE BASSIN - IMPACT SUR LES DOSES MOYENNES À APPORTER ET SUR LES RENDEMENTS

Les calculs précédents, exploratoires, étaient basés sur une irrigation généralisée et complète (du semis à la récolte) de l'ensemble des principales cultures du bassin, regroupées en grandes zones agricoles. Ces calculs donnent lieu bien évidemment à des doses d'irrigation très importantes, rapidement incompatibles avec les ressources en eau du bassin.

A ce stade, nous avons donc essayé d'appliquer un calendrier d'irrigation plus réaliste et sur uniquement certaines cultures, cultures régulièrement irriguées en certaines régions du bassin (en Beauce notamment).

Les hypothèses suivantes ont été retenues :

- les calculs sont effectués à partir de la base de données des pratiques agricoles par PRA (et non plus par grandes zones comme précédemment) ce qui permet d'intégrer une diversité plus grande des cultures en place ;
- un calendrier d'irrigation, ou plutôt une période d'irrigation, est fixé pour les cultures dont l'accroissement de rendement est le plus sensible, à savoir la pomme de terre, la betterave à sucre, le tournesol et le maïs. Les périodes d'irrigation retenues sont présentées sur le tableau suivant.



4.1 DOSES MOYENNES D'IRRIGATION SUR LE BASSIN

Les figures 17 et 18 présentent respectivement les doses d'irrigation calculées par STICS à apporter sur les 4 cultures choisies et en moyenne sur la période 1995-2004. Les valeurs sont exprimées en lame d'eau annuelle (en millimètres).

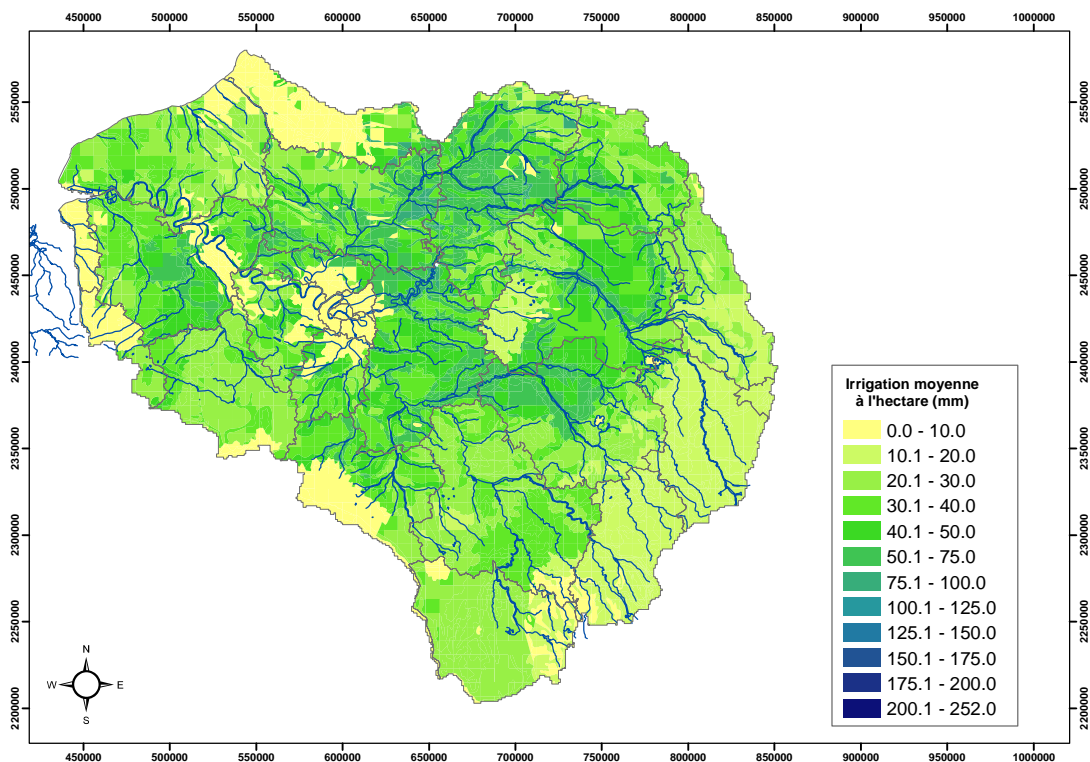


Figure 17 : Doses d'irrigation (en mm) calculées par STICS sur la période 1995-2004 (Ratiol=0.5)

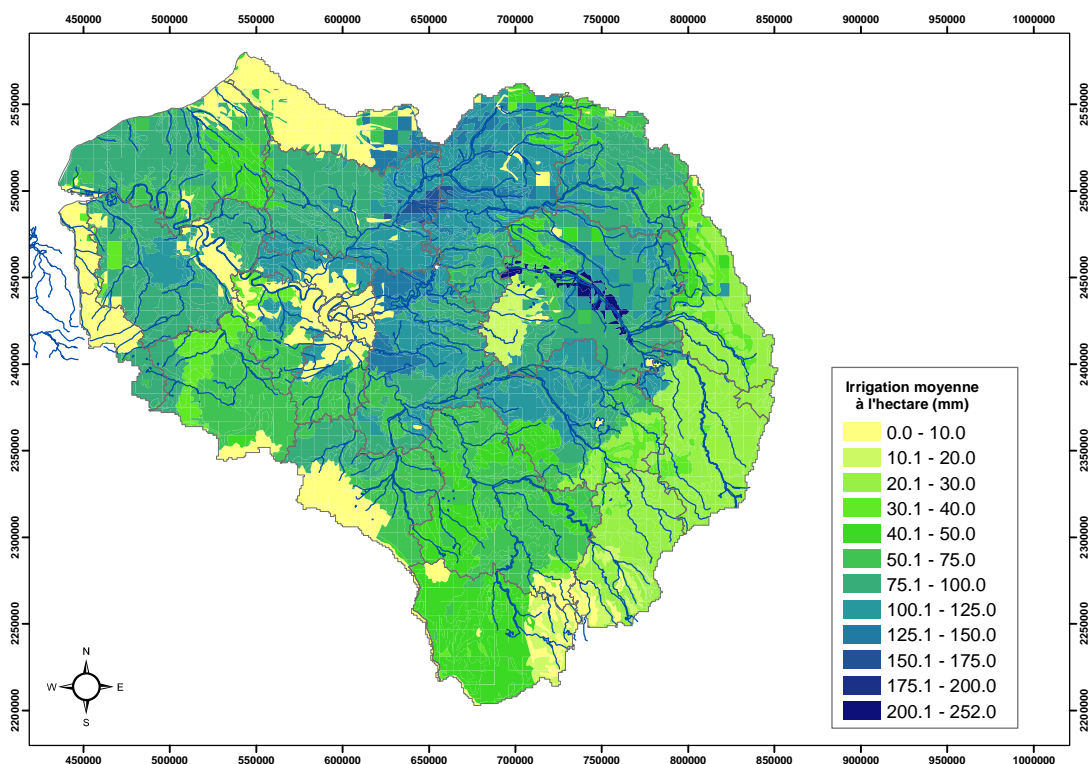


Figure 18 : Doses d'irrigation (en mm) calculées par STICS sur la période 1995-2004 (Ratiol=1)

Les doses les plus importantes sont calculées sur des UGSM où la culture majoritaire (voire la seule comme dans la vallée de la Marne par exemple) est le maïs grain mais globalement, sur le bassin, les doses maximales à apporter (avec un taux de satisfaction des besoins en eau maximal) sont

comprises entre 70 et 150 mm par an ce qui est de l'ordre de grandeur, même si cela est légèrement inférieur, aux doses réellement apportées sur la bassin.

Les figures 19, 20 et 21 précisent respectivement, pour l'année 2004, les lames d'eau apportées sur le bassin, les quantités globales annuelles et les surfaces effectivement irriguées.

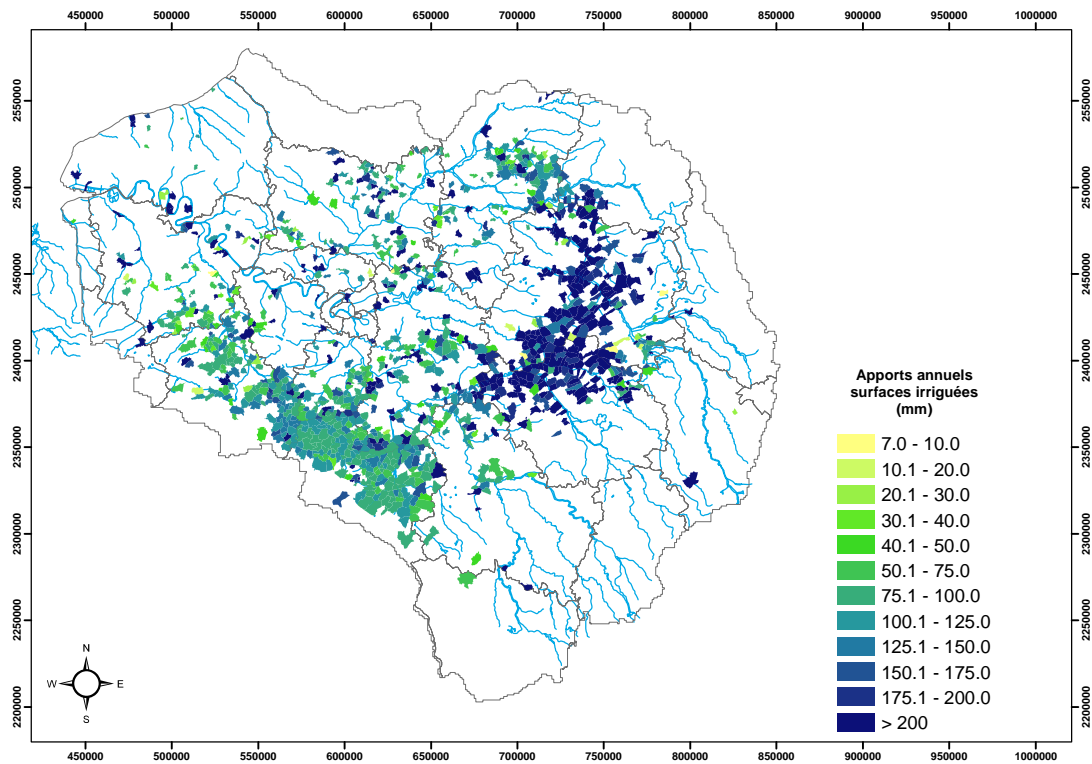


Figure 19 : Apports moyens annuels d'irrigation par commune effectués en 2004 (en mm par an)

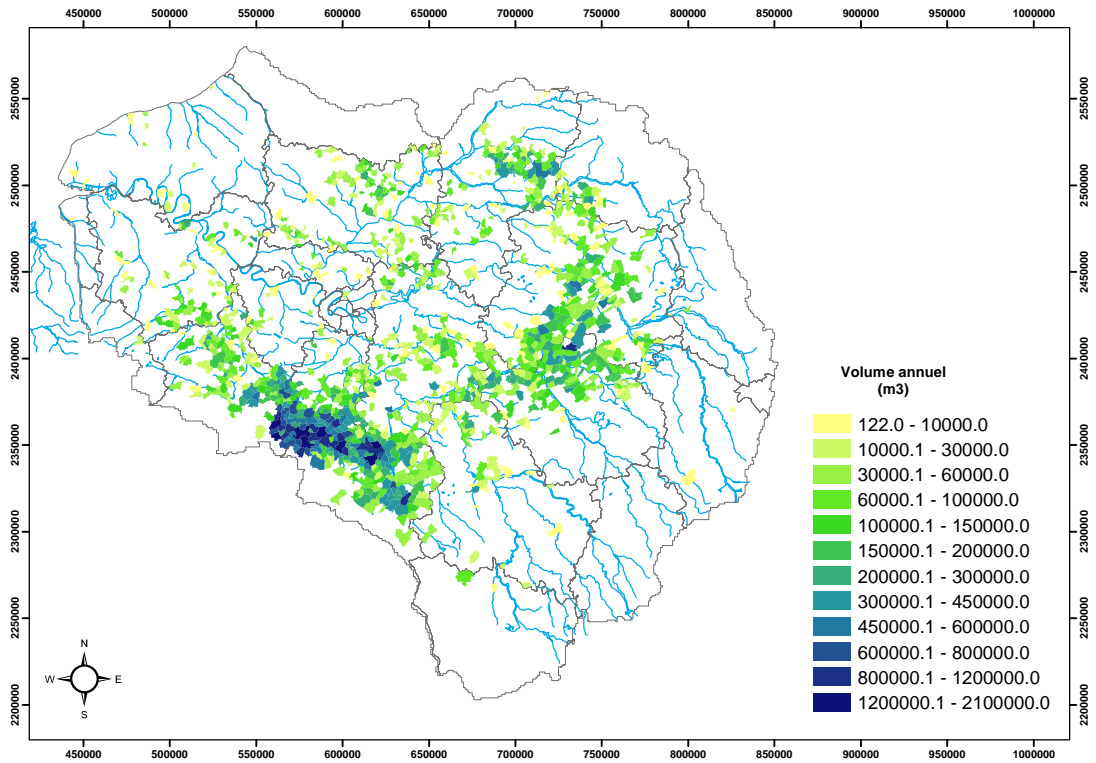


Figure 20 : Volumes annuels d'irrigation par commune mesurés en 2004 (en m³ par an)

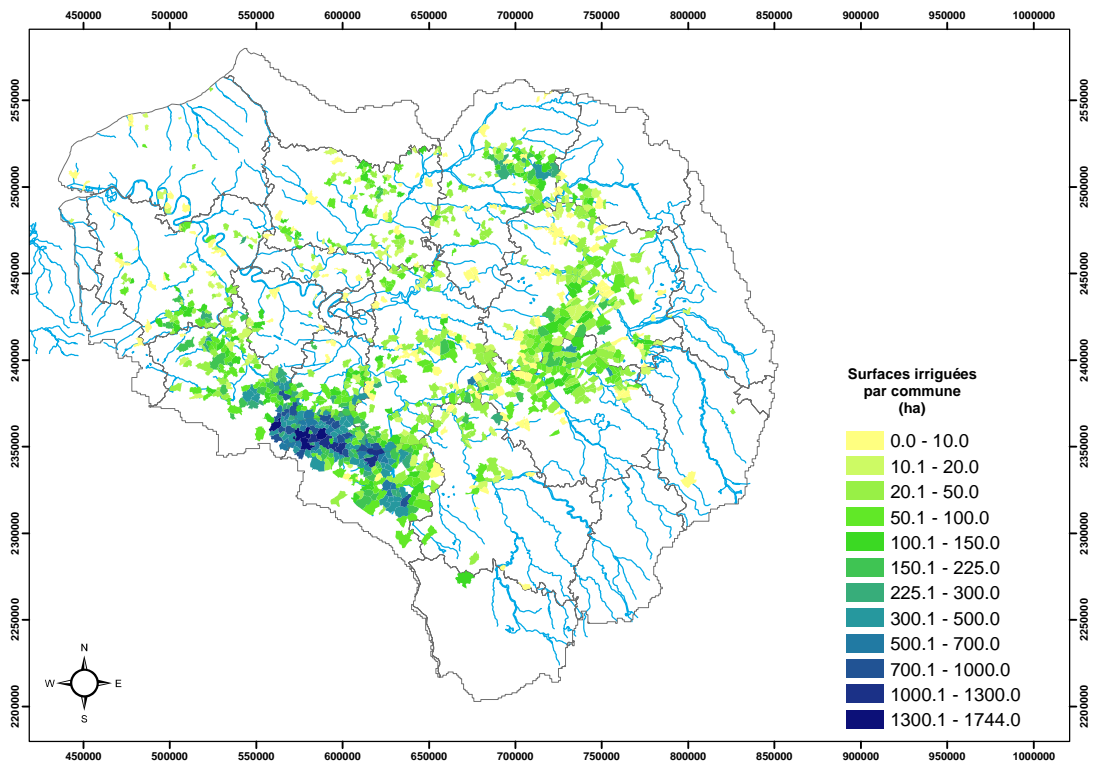


Figure 21 : Surfaces irriguées par commune en 2004 (en hectares)

4.2 COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS AVEC LES PRÉLÈVEMENTS RÉELS OBSERVÉS EN BEAUCE EN 2004

La comparaison des résultats présentés ci-dessus a été effectuée sur une zone délimitée par la masse d'eau « Beauce », limitée à son extension sur le bassin versant de la Seine, et qui représente la région où l'irrigation est la plus répandue (Figure 22).

En 2004, année moyenne, le volume total prélevé en nappe pour l'irrigation (source AESN) sur le secteur s'élève à près de 76 millions de m³. La surface totale irriguée est de près de 72 000 ha ce qui représente une lame d'eau moyenne apportée de l'ordre de 105 mm (figure 23).

Remarque : les valeurs très fortes observées (au nord ouest de Fontainebleau notamment) ne sont pas attribuables aux grandes cultures mais aux cultures maraîchères présentes localement.

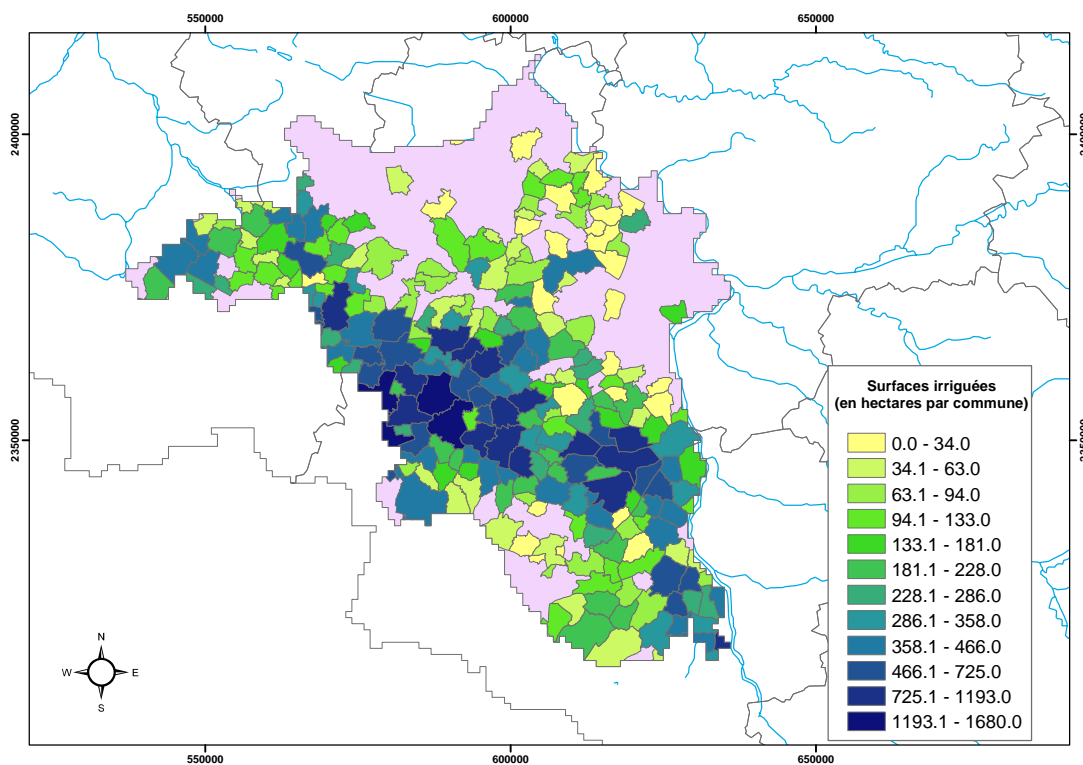


Figure 22 : Surfaces agricoles irriguées en Beauce en 2004

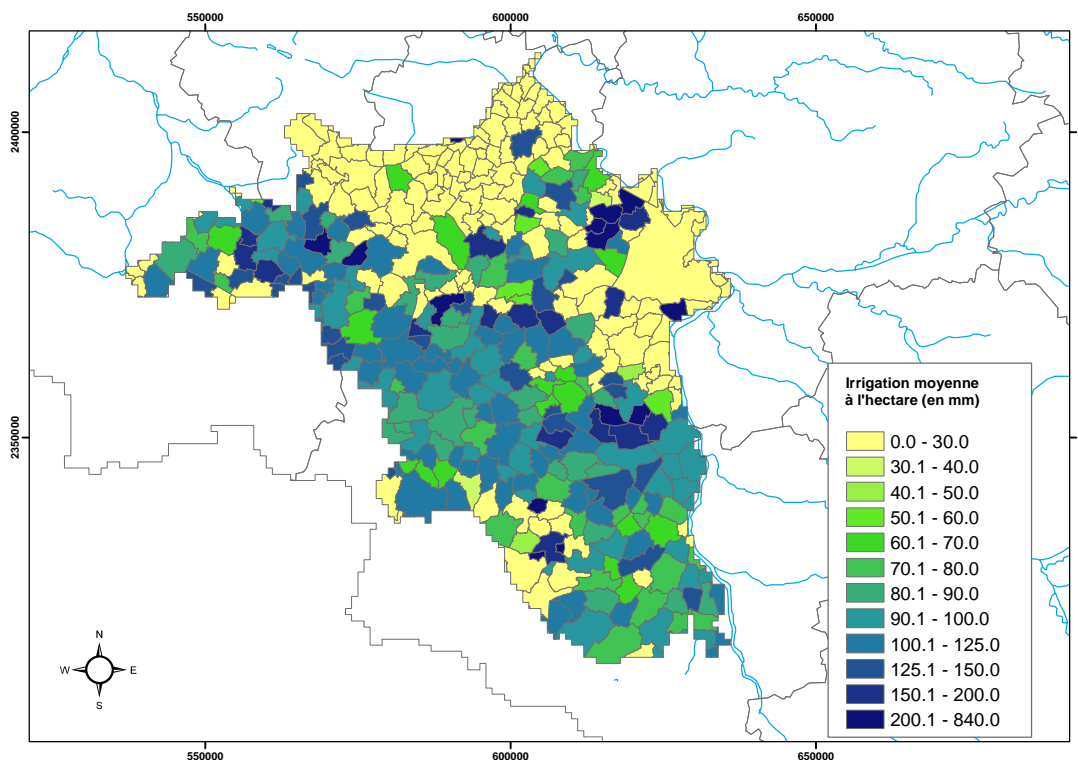


Figure 23 : Irrigation moyenne annuelle mesurée en 2004 (exprimée en mm)

Sur la période de calcul (1995 – 2004) les volumes d'irrigation moyens annuels calculés par STICS sur la même région sont présentés sur le tableau suivant.

Ratiol	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0.5	160	161	111	143	117	104	85	92	128	68
1.0	314	288	228	249	223	215	200	211	249	179

Volumes d'irrigation annuels (en millions de m³) calculés sur le secteur « Beauce » selon deux taux de satisfaction des besoins en eau STICS (paramètre Ratiol)

Sur la région considérée, la lame d'eau moyenne apportée par l'irrigation sous satisfaction optimale est de 75 mm, avec des valeurs globalement comprises entre 60 et 125 mm, ce qui, là encore, est proche des valeurs observées (figure 24).

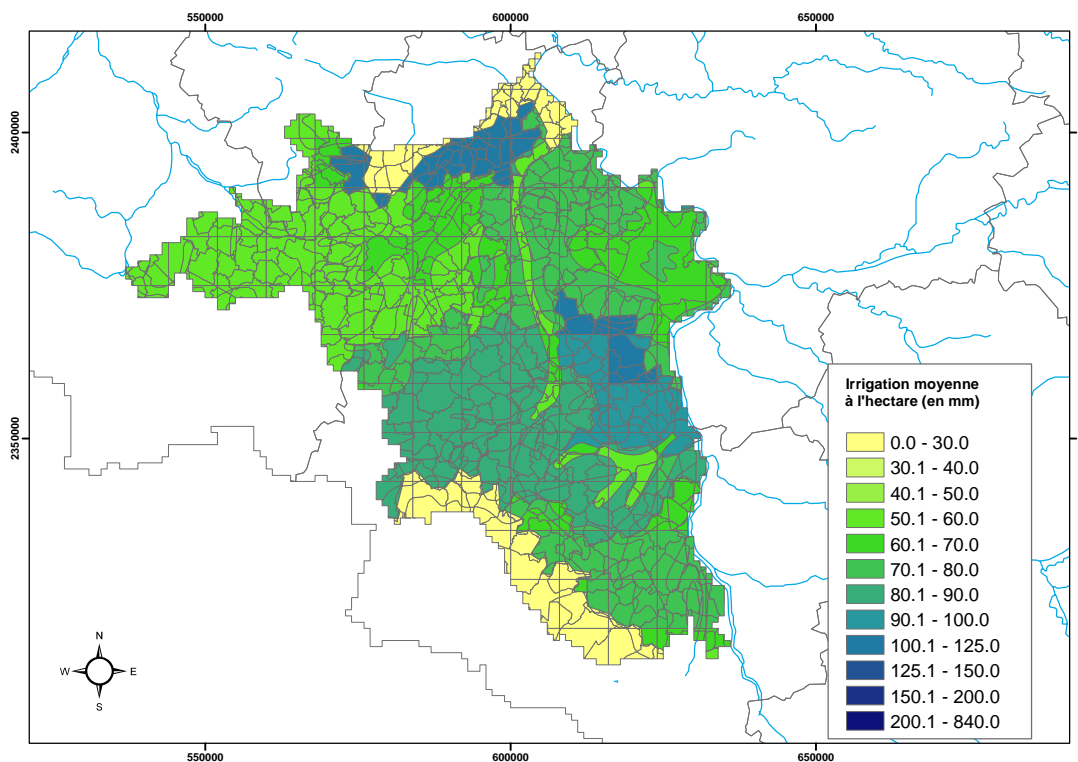


Figure 24 : Lame d'eau moyenne calculée par STICS en Beauce

Si l'on rapporte les volumes d'eau calculés à la surface réellement irriguée (figures 25 et 26), toujours sur le secteur Beauce, la quantité d'eau annuelle moyenne s'élève à près de 57 millions de m³ ce qui représente un peu plus de 76% de la quantité d'eau réellement utilisée. Plusieurs raisons pourraient expliquer cet écart :

- un calendrier d'irrigation trop restrictif ;
- la non irrigation des céréales pourtant de plus en plus observée en Beauce ;
- la non prise en compte des cultures particulières (maraîchage dans la plaine de Chailly en Bière, entreprise de gazon moquette à Bourron Marlotte par exemple) grosses consommatrices d'irrigation estivale ;
- quelques secteurs non renseignés par les bases de données pratiques agricoles car hors bassin Seine Normandie (au sud de la zone essentiellement) ;
- une irrigation non rationnelle de la part de certains agriculteurs ?

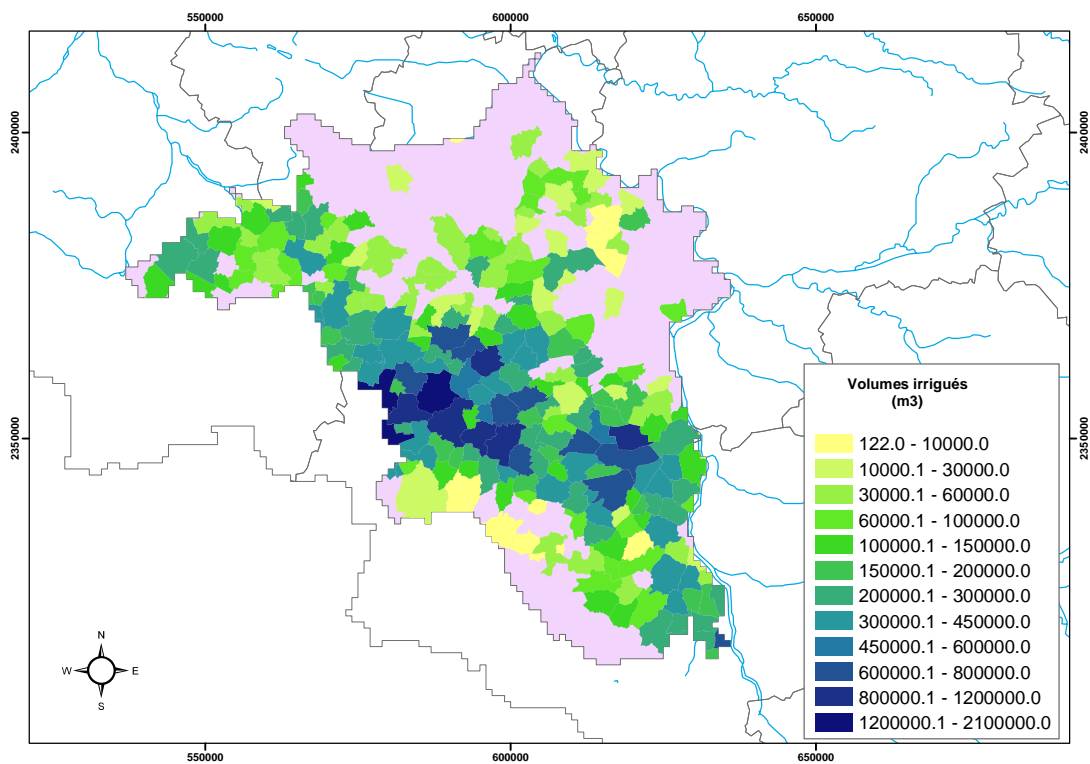


Figure 25 : Volumes irrigués calculés par STICS

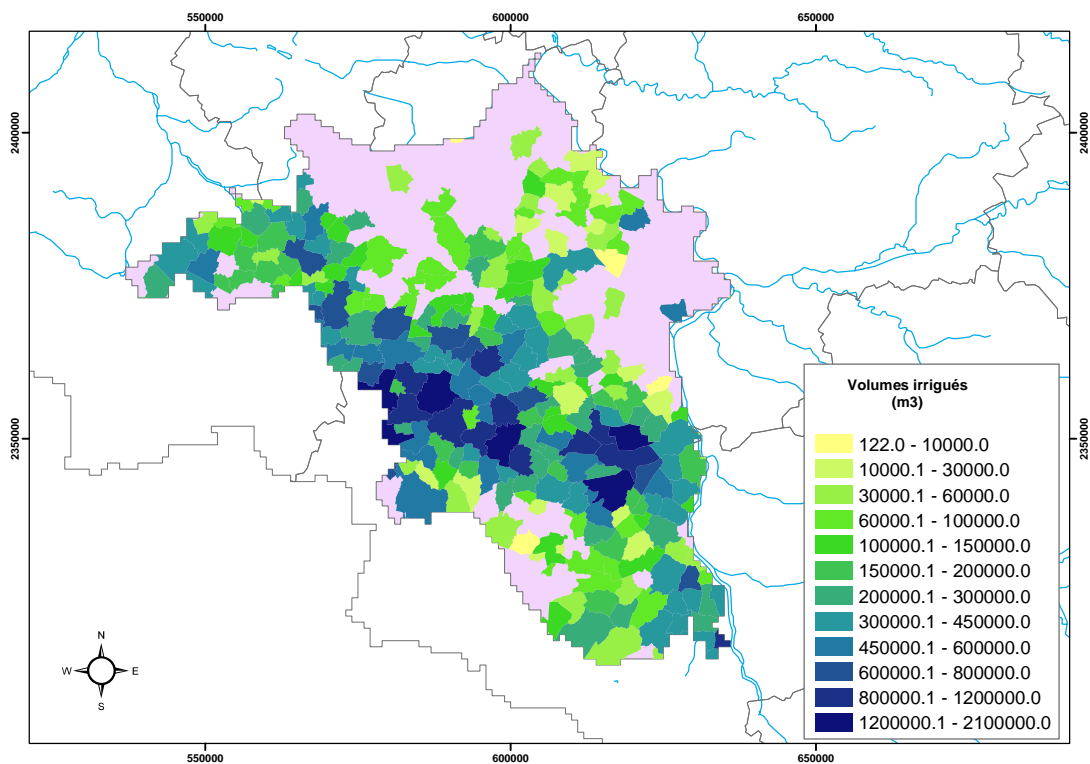


Figure 26 : Volumes d'irrigation mesurés

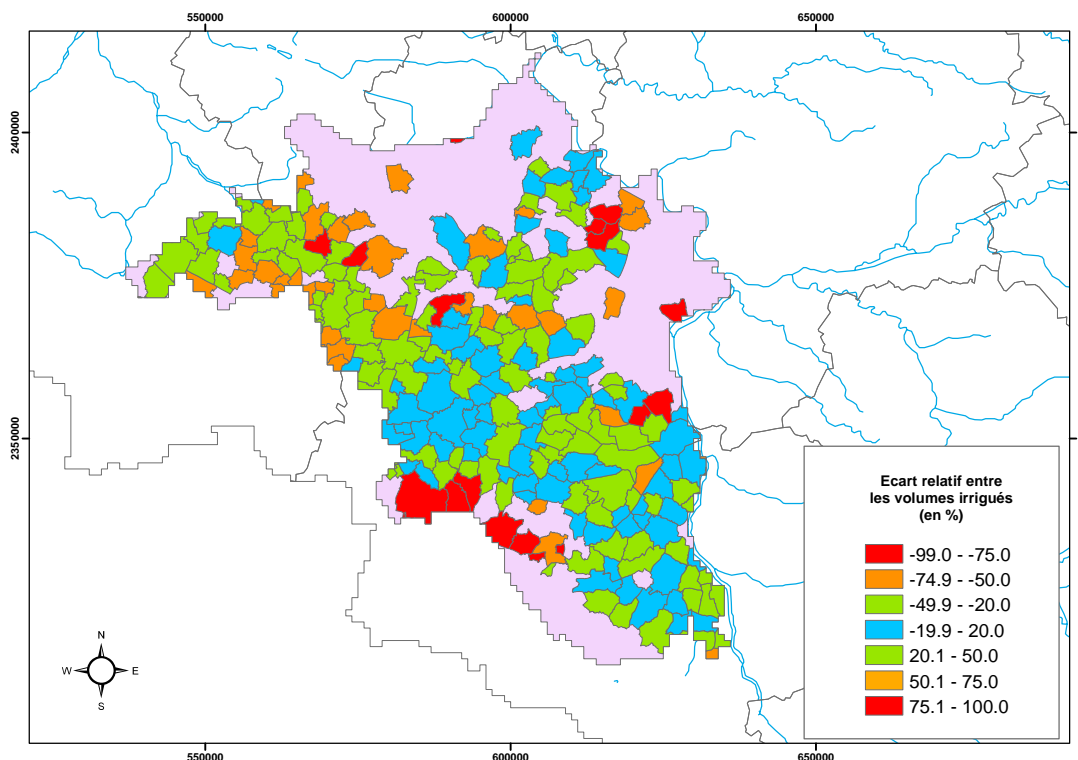


Figure 27 : Différences relatives entre les volumes calculés et mesurés (en pourcent)

A ce stade, il semble donc raisonnable de considérer que l'application d'un calendrier simplifié d'irrigation, tel que défini, associé à un taux de satisfaction optimal des besoins en eau dans STICS permet de calculer, en moyenne, des valeurs de lame d'eau irriguée sensiblement du même ordre de grandeur de ce qui est observé sur le terrain.

4.3 INFLUENCE D'UNE IRRIGATION CONTRAÎNTE SUR LES RENDEMENTS MOYENS DES 4 CULTURES RETENUES

La figure 28 présente l'évolution relative des rendements calculés par STICS, en moyenne sur le bassin. Les augmentations de rendement sont toujours supérieures à 20% par rapport au même calcul sans irrigation et avec un effet net de l'application d'une irrigation optimale pendant les périodes retenues (excepté pour la pomme de terre ou un indice de satisfaction optimal selon STICS donne des augmentations de rendements légèrement moindre). Ces augmentations reste du même ordre de grandeur que celles obtenues avec une irrigation généralisée du semi à la récolte.

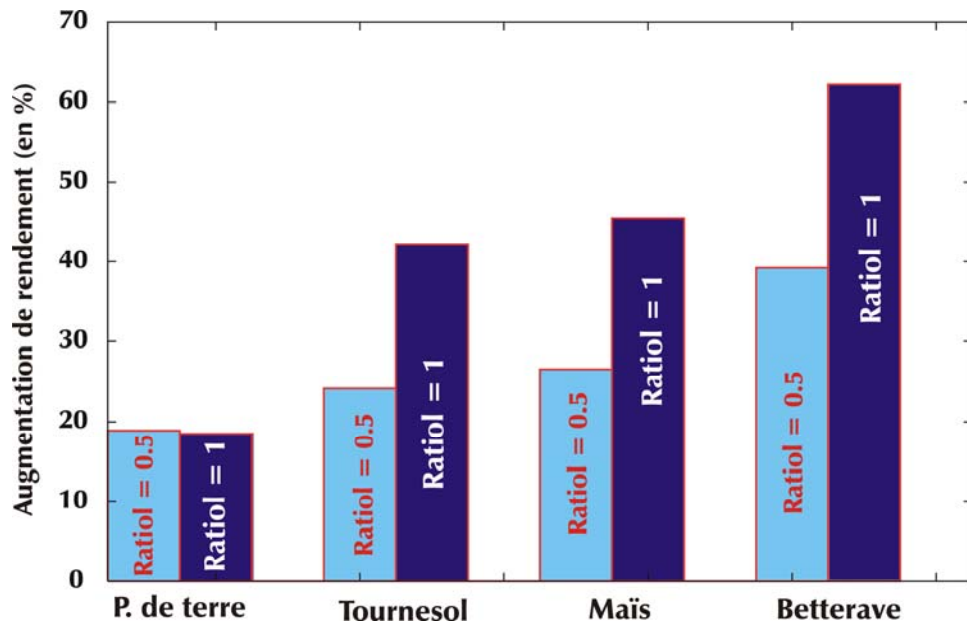


Figure 28 : Augmentations relatives de rendement calculées sur le bassin de la Seine