

RAPPORT SCIENTIFIQUE



ECCOTER

Les mesures agroenvironnementales à enjeu « eau/pesticides » : Evaluation environnementale et économique de l'impact de modifications des pratiques agricoles par modélisation intégrée à partir de scénarios d'évolution

COMPLÉMENTS APPORTÉS SUITE À L'ÉVALUATION DU RAPPORT FINAL DANS LE CADRE DU PROGRAMME PESTICIDES

Auteurs : Françoise Vernier, Odile Leccia, Jean-Marie Lescot

Unité Environnement, Territoires et Infrastructures
Iirstea, Centre de Bordeaux
50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex
(Contact: francoise.vernier@irstea.fr)

24 Octobre 2014

Le conseil scientifique du programme « Pesticides » a souligné l'adéquation de la recherche menée dans le cadre du projet ECCOTER aux objectifs initiaux ainsi que l'originalité des résultats. Il a néanmoins demandé d'apporter un complément au rapport final en précisant les limites méthodologiques du modèle, les possibilités de transfert et les publications en cours ou validées sur le projet.

L'objet de cette note est de répondre aux questions posées par le conseil scientifique, en abordant les points suivants :

- Précisions sur les choix méthodologiques du projet et les limites de la modélisation
- Possibilités de transfert des travaux ECCOTER auprès de potentiels utilisateurs, en évoquant la suite des travaux en cours dans le projet Modchar2 financé par l'Agence de l'Eau Adour Garonne
- Publications en cours ou validées

I – Choix et Limites méthodologiques

1.1 Choix méthodologique des échelles spatiales mobilisées

L'intégration de la méthode présentée dans le cadre du projet ECCOTER ne consiste pas en un « couplage » informatique d'outils réalisant des tâches différentes au sein du même projet, mais se concentre sur l'homogénéité des données et des échelles spatiales en entrée et en sortie des modèles ou programmes de calcul utilisés. En particulier, l'**unité de réponse hydrologique (HRU)** qui est l'unité de calcul du modèle agro-hydrologique SWAT a été choisie comme **échelle de référence** pour les deux modèles agro-hydrologique ET économique. En travaillant au niveau de la HRU, les données d'entrée concernant les cultures, rotations et pratiques du modèle de calcul des coûts se doivent d'être identiques à celles utilisées pour la modélisation agro-hydrologique avec le modèle SWAT et cohérentes avec celles qui sont utilisées pour le calcul des indicateurs.

Le **sous-bassin versant** qui est l'échelle où le modèle agro-hydrologique fournit un bilan de flux a été choisi comme **échelle d'agrégation et de confrontation des résultats** : concentrations simulées par le modèle agro-hydrologique en différentes molécules pesticides, coûts privés associés calculés par le modèle économique et valeurs agrégées des indicateurs spatialisés calculés par le programme R (cf. Fig. 1 ci-dessous).

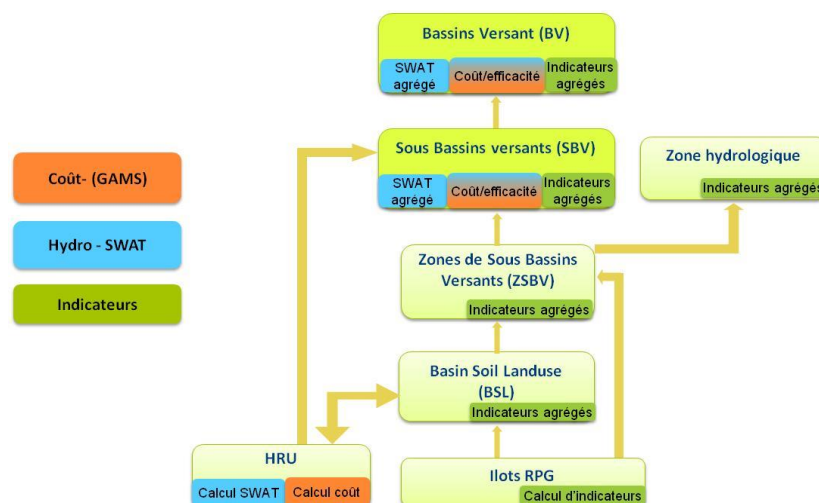


Fig. 1 : Modélisation intégrée et échelles spatiales de calcul et de confrontation des résultats

1.2 Lien entre la typologie des sols et des systèmes agricoles décrits sur la zone d'étude et la délimitation des HRU par le modèle agro-hydrologique.

Le modèle agro-hydrologique SWAT calcule pour chaque cellule de l'emprise spatiale du projet SWAT, les flux et direction d'accumulation des eaux en fonction de la topographie donnée par le modèle numérique de terrain utilisé. La maille de calcul du modèle est l'Unité de réponse hydrologique homogène (Hydrologic Response Unit ou HRU). **Cette maille de calcul est par construction la résultante de la combinaison spatiale unique d'un type de sol, d'un type d'occupation du sol et d'une classe de pente à l'échelle de chaque sous bassin.**

Le modèle ne spatialise pas les processus de calcul au sein de la HRU mais il route les flux de matières polluantes de la phase sol jusqu'au cours d'eau le plus proche pour les flux de transferts horizontaux, ainsi que les autres transferts (infiltration, percolation, flux sub-latéraux, etc.). Le modèle agro-hydrologique SWAT fonctionne donc avec comme unité de calcul des unités homogènes de sols (et leurs caractéristiques physico-chimiques), d'occupation du sol et de pente.

L'originalité des travaux menés dans ECCOTER est d'intégrer dans la définition de ces unités homogènes (HRU) les rotations-type définies sur la zone d'étude, permettant ainsi une vision dynamique de l'agriculture et non statique avec un assolement qui se répète d'année en année tout au long de la simulation. De même, la typologie des types de sols décrits sur la zone d'étude est prise en compte pour la délimitation de la HRU (Figure 2).

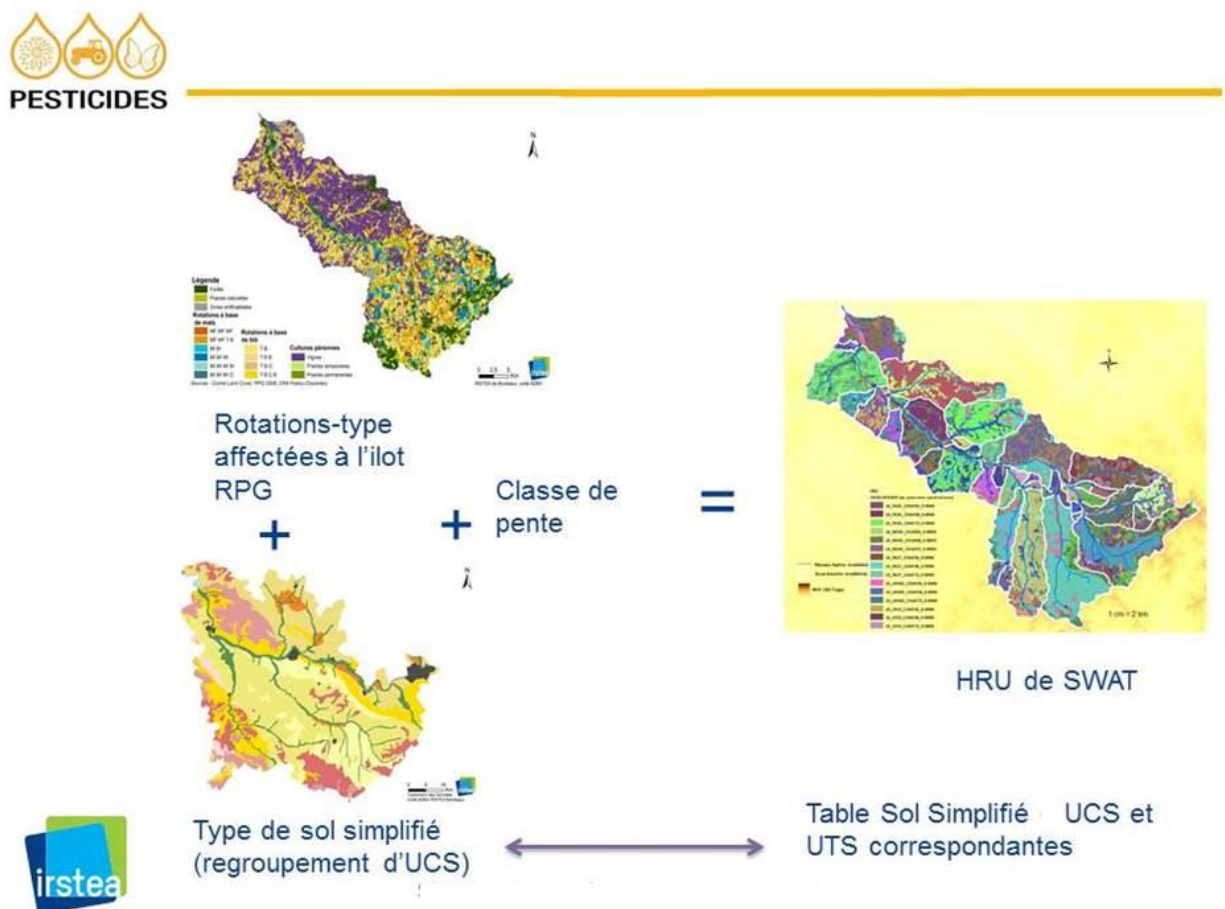


Fig. 2 : De la typologie des sols et des rotations à la HRU dans le modèle SWAT

La typologie des sols simplifiés a été réalisée à partir des données IGCS sur la région Poitou-Charentes : le retraitement des données thématiques et spatiales a donné lieu à une collaboration étroite avec les chambres d'agriculture et la carte résultante a été présentée à l'ensemble des acteurs locaux lors du séminaire de lancement du programme Modchar2 (2014). Les types de sols ont été décrits en fonction de la possibilité d'y associer des rotations et des itinéraires techniques (ITK) différenciés (Fig. 3), ce qui permet de simplifier la description de la zone par rapport aux types décrits dans la base DONESOL (unités de sol UCS et profils UTS de l'inventaire IGCS).

Toutefois, une correspondance a été établie entre les types de sol simplifiés, les unités de sol UCS qui les composent et les caractéristiques physiques des sols décrites dans les UTS associées (non spatialisées). Ceci permet de pouvoir déterminer les composantes physico-chimiques qui seront associées aux types de sol décrits dans le modèle SWAT.

En incluant les rotations-type définies dans la délimitation des HRU (comme type d'occupation du sol), on peut simuler une dynamique de l'agriculture (successions culturales) au sein du même projet SWAT grâce au module GENLU développé spécifiquement pour intégrer cette approche. Les pratiques sont affectées à chaque HRU en fonction de son type de sol et de la rotation qui y est pratiquée, avec un ITK pour chaque culture présente dans la rotation. Une certaine randomisation autour des dates de traitements ou d'interventions culturales permet d'éviter une masse d'interventions le même jour et donc des pics artificiels d'apports en fertilisants ou produits phytosanitaires. Cette randomisation ne prend pas en compte pour l'instant la pluviométrie journalière, c'est une voie d'amélioration qui a été identifiée.

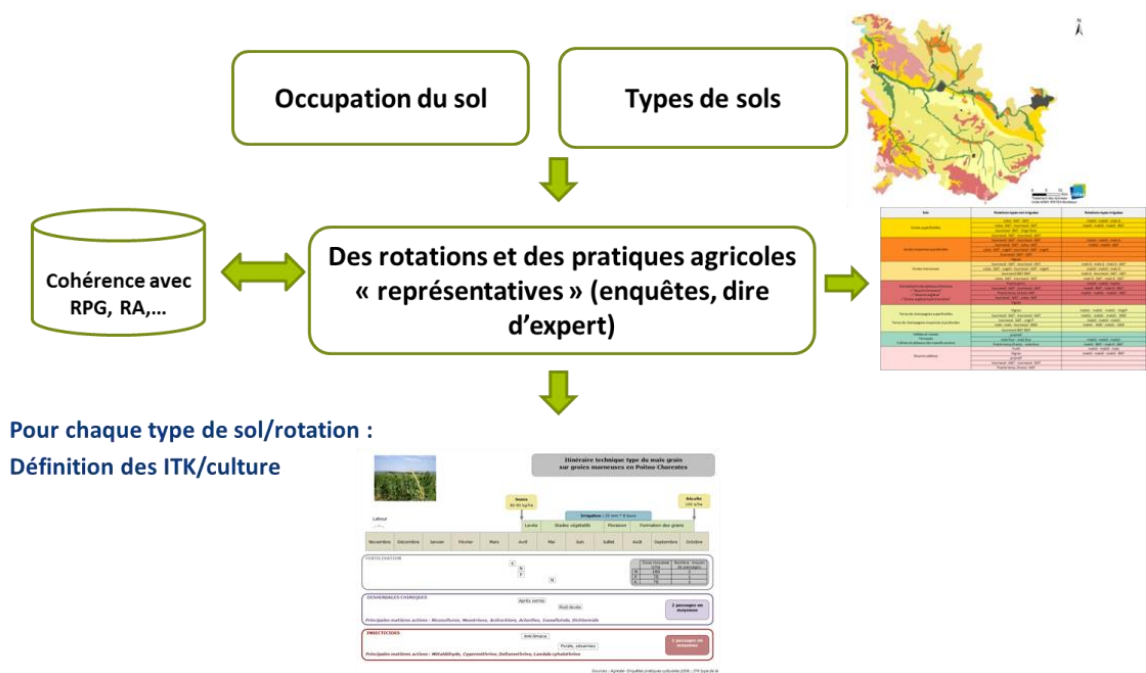


Fig.3 : description des systèmes et des pratiques par une approche type de sol/rotations/culture/ITK

1.3 Calibration du modèle agro-hydrologique.

Le sous-bassin versant du Né a été choisi pour développer notre méthode de modélisation intégrée non pas en fonction du critère de « meilleur calage possible » d'un modèle hydrologique mais parce qu'il s'agit d'une zone MAET, avec une animation spécifique, et qui présentait beaucoup de potentialités pour la définition des scénarios et le lien avec les acteurs locaux.

A noter toutefois, que sur l'ensemble des sous-bassins de la zone d'étude, se pose la question de séries temporelles fiables de monitoring en termes de mesure de débit et de paramètres de qualité,

notamment pesticides (majoritairement quelques mesures par an). Il est difficile de trouver des mesures de molécules pesticides en continu et même des séries de mesures ponctuelles sur plusieurs années à la même station.

Le modèle SWAT se cale sur les débits et à cet égard les résultats obtenus sont corrects, comme indiqué dans le rapport (p 34), au vu des coefficients obtenus, notamment le critère de Nash Suttcliffe. Ce critère rend compte de la performance prédictive et est le critère de performance le plus utilisé par les modélisateurs hydrologues. Ce critère exprime la différence relative entre l'erreur du modèle hydrologique testé et l'erreur d'un modèle de référence définie par la moyenne des débits. Le critère de Nash-Suttcliffe s'échelonne entre $-\infty$ et 1 (Nash et Suttcliffe, 1970)¹. Plus la valeur du critère est proche de 1, meilleure est l'adéquation entre les débits simulés et les débits observés. Il est équivalent au critère des moindres carrés tout en offrant l'immense avantage d'être normalisé ; il peut ainsi être comparé d'un sous bassin à l'autre. La valeur du critère de Nash Suttcliffe sur le bassin du Né est de 0.02 avant calibration et est de **0.8 après calibration**. Toute valeur de Nash Suttcliffe supérieure à 0.7 permet de témoigner de la bonne performance d'un modèle (Moriassi et al., 2007)².

1.4 Confrontation des résultats issus de la modélisation avec des valeurs « terrain » pour le scénario de référence et les scénarios alternatifs

Une fois les débits correctement calés, on considère que le modèle peut router correctement les molécules choisies. Il faut alors vérifier si l'ordre de grandeur des concentrations simulées est cohérent avec celui des mesures réalisées sur le terrain, qui sont elles-mêmes sujettes à de fortes incertitudes.

Il n'est pas possible d'aller beaucoup plus loin, car on ne peut pas comparer la simulation du transfert de dix molécules réalisée à partir de traitements pesticides calculés sur une vision « modélisée » de l'agriculture (scénario de référence) à la complexité de l'agriculture « réelle » sur la zone et aux mesures souvent ponctuelles réalisées sur le terrain, alors que le modèle travaille en continu au pas de temps journalier.

L'objectif est d'arriver à une vision modélisée, simplifiée mais réaliste, des traitements phytosanitaires associés aux principaux systèmes agricoles et aux transferts associés dans les cours d'eau. Une fois le scénario de référence validé par les acteurs agricoles et de terrain, une fois les débits calés de manière satisfaisante et les concentrations simulées jugées réalistes, les scénarios alternatifs décrits sur la zone d'étude donnent lieu à des modifications, à la hausse ou à la baisse, des transferts de ces dix molécules. **Chaque scénario est évalué en RELATIF par rapport au scénario de référence.**

En ce qui concerne la modélisation économique, la « valorisation » des ITK a été validée par les acteurs de terrain (chambres d'agriculture). **Les rendements des cultures simulés par SWAT à l'échelle de la HRU sont été utilisés par le modèle économique pour une meilleure prise en compte de l'hétérogénéité spatiale des rendements liée à la diversité des pratiques et des types de sols.** Si les données sur les rendements des cultures sont généralement disponibles au niveau régional, voire local, l'information plus précise au niveau de la HRU ne peut être obtenue qu'à partir d'un modèle « plante ». Le modèle intégré à SWAT est le modèle EPIC dont l'estimation des rendements peut théoriquement aider à prendre mieux en compte l'hétérogénéité liée à la diversité des pratiques et des types de sols. La calibration et validation du modèle plante nécessitent en général plusieurs années et de ce fait n'ont pas pu être totalement achevées dans le cadre de ce projet pour toutes les cultures considérées dans les rotations culturales prises en compte.). Des investigations sont poursuivies

¹ Nash, J. E. and J. V. Suttcliffe (1970), River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles, *Journal of Hydrology*, 10 (3), 282–290.

² Moriassi, D. N.; Arnold, J. G.; Van Liew, M. W.; Bingner, R. L.; Harmel, R. D.; Veith, T. L. (2007), "Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations", *Transactions of the ASABE*, 50 (3), 885–900.

dans le cadre d'autres projets pour en comprendre les causes et améliorer le rôle exact des cultures dans les bilans (hydriques, balance cations-anions Malgré cette limite, nous avons pris en compte la dispersion spatialisés des rendements obtenus avec SWAT en gardant le rendement obtenu s'il ne s'écartait pas de plus 20% du rendement de référence de la zone.

Les raisons principales des difficultés de calibration tiennent au manque de données sur certains paramètres utilisés par le modèle plante de SWAT (table « crops » initialisée avec des paramètres adaptés aux USA et manque de références sur les paramètres utilisés par SWAT pour les cultures européennes). Dans le cadre du projet, différents tests ont été réalisés pour adapter ces paramètres, en prenant en référence soit les cultures les plus proches d'un point de vue taxonomie, soit en adaptant les paramètres disponibles pour d'autres modèles de croissance de plantes. **La base « crop » de SWAT a été néanmoins à l'occasion du projet ECCOTER largement adaptée d'un contexte américain originel au contexte des cultures françaises**, ce qui sera une avancée pour les autres projets voulant utiliser ce modèle dans le contexte français.

Ces différents tests ont permis dans la plupart des cas d'obtenir des rendements simulés cohérents avec les références techniques connues. Dans les quelques cas où les rendements simulés s'écartaient trop des rendements observés, nous avons recalculé les rendements de la manière suivante :

$$y_{c,hru} = Y_{c,s} \times \frac{\bar{y}_{c,hru}}{\bar{y}_{c,s}}$$

y_{c,hru}: rendement par culture et hru

Y_{c,s} : rendement moyen observé par culture et type de sol

ȳ_{c,hru}: rendement moyen simulé par culture et hru

ȳ_{c,s}: rendement moyen simulé par culture et type de sol

II - Possibilités de transferts et d'appui aux politiques publiques

Selon nous, la méthode peut être appliquée dans un autre contexte. Le guide méthodologique en cours de production sur les sols permet de produire une carte des sols simplifiés adaptée à un nouveau contexte. La description des rotations culturales par type de sol et les pratiques associées peuvent être réalisées avec les tableurs développés à cet effet, le programme de calcul des indicateurs est reproductible et adaptable. Il y a un travail de mise à jour de la base pesticide (produits et MA associées) mais qui est un problème plus général soulevé dans notre rapport.

Pour l'étape d'affectation des rotations sur les ilots du RPG, là encore la méthodologie peut être adaptée à un nouveau contexte, les programmes R pouvant être aménagés. Des développements spécifiques informatiques dans le cadre d'un véritable programme de transfert permettraient de gérer cela en « paramétrage » et d'éviter de toucher directement aux programmes.

La mise en œuvre du programme agro-hydrologique demande des compétences techniques mais qui existent dans des structures comme l'EPTB ou les Agences (idem pour le modèle économique). Le module GENLU permet de prendre en compte l'aspect dynamique de l'agriculture en amont de SWAT. Ce qui manquerait pour un véritable transfert aux gestionnaires locaux serait un partenariat avec des entreprises de développement informatique pour produire toutes les interfaces nécessaires.

Enfin, pour la partie « accès des acteurs locaux aux résultats de cette modélisation intégrée », nous attendons beaucoup du développement d'un entrepôt de données dédié et accessible via internet (cf. article SIE pesticides cité dans le rapport).

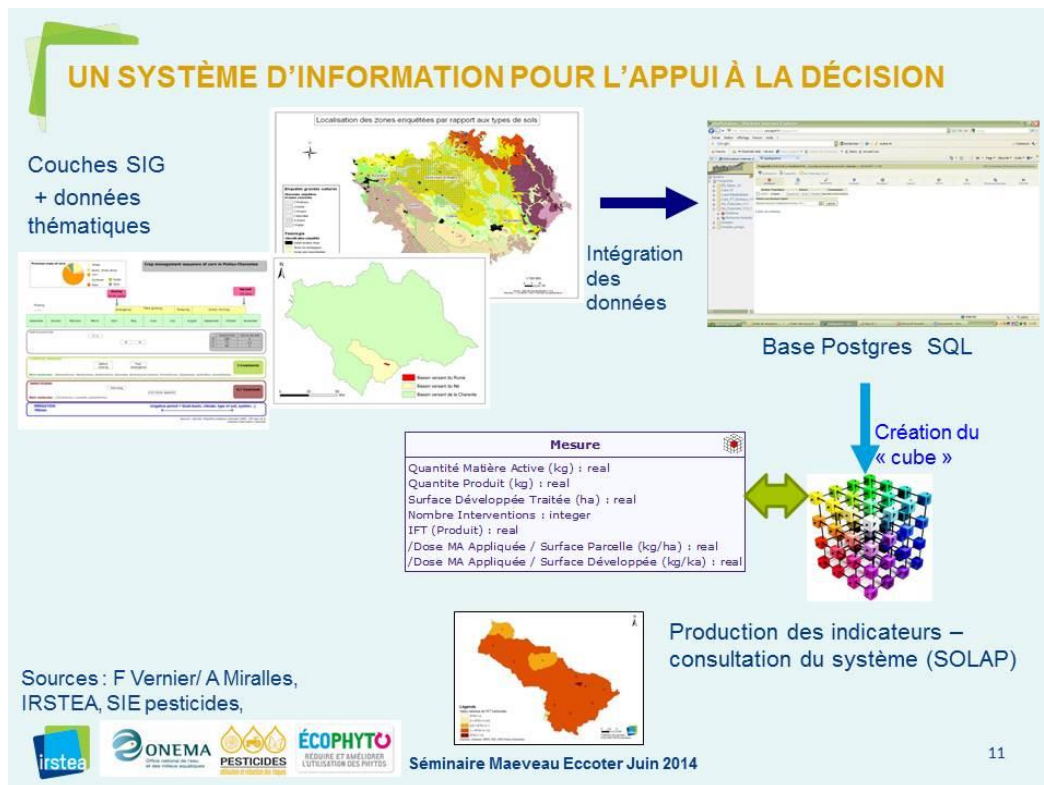


Fig. 4 : Développement d'un entrepôt de données dédié

Tout au long du projet, les acteurs locaux ont été associés et certains de manière étroite : la chambre d'agriculture régionale, les représentants des chambres départementales et experts agricoles du territoire, l'établissement public de bassin Charente et l'Agence de l'Eau. Un séminaire spécifique de présentation et prise en main du projet SWAT a été réalisé par Irstea pour l'EPTB du fleuve Charente et le bureau d'études qui gère le modèle de surveillance des débits d'étiage. Un deuxième séminaire plus approfondi est prévu fin 2014/début 2015.

Conscients que ces travaux demandaient un prolongement pour mieux définir les possibilités réelles de transfert aux gestionnaires publics, nous avons lancé avec l'Agence de l'Eau Adour-Garonne un projet permettant de poursuivre ces travaux de modélisation intégrée sur une zone d'action Grenelle (captages superficiels de Coulonges et Saint Hippolyte). Ces travaux vont permettre de tester la portabilité de notre méthode à une zone plus large (environ 360 000 ha) comprenant plusieurs sous-bassins aux contextes diversifiés. La définition conjointe avec les acteurs locaux et l'évaluation des scénarios choisis permettront de tester la mise en œuvre dans ce contexte d'un système d'information environnemental qui permette la restitution des résultats aux animateurs et à toutes les parties concernées (entrepôt de données spatial). Le partenariat a été élargi à l'ENSEGID pour la partie modélisation, et à l'UMR Tetis pour la partie système d'information environnemental. Le projet Modchar2 qui se termine en 2016 devrait pouvoir déboucher sur un véritable programme de transfert au profit des animateurs et des gestionnaires (EPTB Charente, Agence de l'Eau Adour Garonne).

Un autre transfert est possible pour toute la partie « description des milieux et des pratiques », réalisée en lien étroit avec les chambres d'agriculture y compris pour la partie économique. Il existe déjà des produits déjà opérationnels comme une carte des sols partagée par les acteurs sur le territoire. Une étude sur l'utilisation conjointe du modèle agro-hydrologique SWAT (et Genlu2) et du modèle MARTHE du BRGM est envisagée avec comme terrain d'application le bassin versant de la Boutonne (Nord Charente), portant en revanche sur le paramètre azote en termes de qualité de la ressource.

III – Valorisation scientifique dans le cadre du projet

Ces nouveaux travaux en cours (avec BRGM et Agence de l'Eau) ne pourraient avoir lieu sans le soutien du programme « Pesticides » apporté au projet ECCOTER et donc toutes les futures publications associées y feront référence de manière explicite.

Les publications scientifiques figurant en annexe du rapport final ECCOTER, qui n'incluaient pas la référence explicite au soutien financier du programme pesticides, concernaient :

- Soit de travaux antérieurs de l'équipe sur la même thématique qui ont pu être prolongés et améliorés grâce au programme « Pesticides »,
- Soit des travaux associés (cas de l'article sur le système d'information « pesticides ») qui illustrent une piste de recherche pour mettre à disposition les résultats de la modélisation intégrée aux acteurs locaux. L'organisation de l'information pour une aide à la gouvernance des programmes d'action pesticide fait actuellement l'objet d'une thèse (F Vernier).

La mention explicite du soutien du programme « pesticides » du MEDDE a déjà été réalisée dans plusieurs publications ou communications à des colloques, comme :

- Séminaire final de restitution Maeveau/ ECCOTER organisé en Juin 2014 dans le cadre des projets ECCOTER et Maeveau : présentations des partenaires du projet ECCOTER et site web mentionnant le soutien financier du programme pesticides (voir communications jointes en pdf)
- Séminaire « Gestion des pollutions diffuses agricoles et ressource en eau : méthodes et outils à destination des maîtres d'ouvrage » PolIDiff'Eau 2013 18 et 19 septembre 2013 Espace Saint-Martin, Paris Une méthode de modélisation intégrée de scénarios d'évolution de l'agriculture pour l'aide à la décision publique - application à des zones à enjeux « eau » dans le bassin de la Charente F. Vernier, O. Leccia, B. Galichet, V. Kuentz, K. Petit, C. Scordia, S Minette, F. Papin, H. Rethoret, S. Paulet, D. Rousset, M. Chatelier, S. Cussey, F. Bichot, D. Espalieu
- Séminaire de lancement du programme Modchar2 devant une quarantaine d'acteurs locaux sur le site du captage Coulonges St Hippolyte (Mai 2014) (communication introductive jointe en pdf)
- Colloque RST 2014 (Poster joint) Calibration du modèle SWAT avec le logiciel PEST sur le bassin de la Charente - Santos L., Pryet A., Leccia O., Vernier F.
- Séminaire Labex Cote - COTE & Flux : échanges / flux de nutriments et de contaminants entre les compartiments des écosystèmes et impacts sur leur fonctionnement – 15 mai 2014 : deux présentations
 - o Leccia O., Chatelier M., Vernier F., Bichot F. Modélisation des transferts d'azote du sol à la nappe par couplage SWAT (Irstea) – MARTHE (BRGM). Exemple du bassin de la Boutonne
 - o Vernier F, Leccia O, Lescot JM Impact des changements de systèmes et pratiques agricoles sur les transferts de pesticides à l'échelle de territoire à enjeu eau : une approche intégrée par modèles et indicateurs
- Une méthode de modélisation intégrée de scénarios d'évolution de l'agriculture pour l'aide à la décision publique : application à une zone à enjeu « pesticides » dans le bassin de la Charente. F. Vernier, V. Kuentz, O. Leccia, K. Petit, C. Scordia, S Minette, H. Rethoret, S. Paulet, D. Espalieu – communication présentée au colloque GFP Albi 2013 (résumé étendu joint)

Par ailleurs, plusieurs articles de communication sur les travaux ont été réalisés durant la durée du projet ou sont prévus prochainement :

- Un article sur les résultats des projets ECCOTER et Maeveau dans le journal SPOT de l'Irstea (prévu Octobre 2014)
- Mention des travaux dans la revue de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (Info Eau)
- Présentation des résultats du projet ECCOTER et participation à une table ronde à une journée organisée par la FNAB (agriculture biologique) à Bordeaux (prévu Octobre 2014)

Enfin, des publications scientifiques ou communications à des colloques sont déjà soumises et en cours, et le soutien du programme « Pesticides » est mentionné explicitement :

- LuWQ 2015 - International Interdisciplinary Conference on Land Use and Water quality – Agricultural production and the environment Vienne, Autriche 21-24 Sept 2015 – Plusieurs abstracts soumis : Leccia O., Lescot JM, Vernier F
- Evaluation of agricultural action plans at a regional scale using integrated modeling – article soumis à la revue Environmental modeling and software – Leccia, Lescot et Vernier
- Agro-environmental indicators to evaluate agricultural scenarios at the river basin scale - A case study : the Né watershed - SW France - F. Vernier, C. Scordia, K. Tinland, V. Kuentz, O. Leccia, JM Lescot, K. Petit soumission en cours revue Environmental management

Un fichier PDF est associé à l'envoi de la note.



Séminaire final MAEVEAU /ECCOTER



ECCOTER – Les mesures agroenvironnementales à enjeu « eau/pesticides » : Evaluation environnementale et économique de l'impact de modifications des pratiques agricoles par modélisation intégrée à partir de scénarios d'évolution (APR 2009)

Coordination : Françoise Vernier et Sylvain Rousset, Irstea

Equipe de projet : B Galichet, V. Kuentz, O. Leccia, JM. Lescot, S. Minette (CRA), K. Petit, C. Scordia, K. Tinland, F. Vernier
avec la participation de Laurence Guichard (INRA)

12 et 13 Juin 2014 (à Bordeaux Sciences Agro)





- Lien entre les projets Maeveau et Eccoter
 - un projet de recherche présenté à deux appels d'offres
 - la partie modélisation intégrée de Maeveau (Tâche 4) est devenue le projet Eccoter, le programme E&T finançant la partie politique publique
- Remerciements à tous nos partenaires

Animatrices du programme Re-sources
Animateurs du SAGE Charente
Représentant(e)s des administrations locales

Les chambres d'Agriculture Poitou-Charentes
Conseillers et Spécialistes culture/secteur
Equipes du BRGM et de l'EPTB Charente

Mise en place de Mesures agroenvironnementales centrées sur l'enjeu « qualité des eaux »

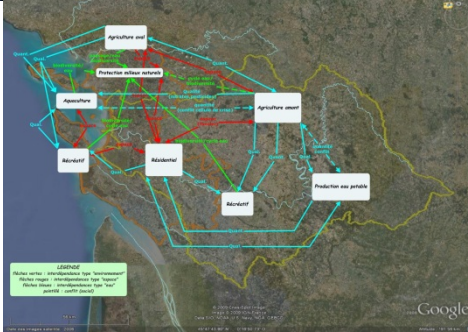
- Approche économique basée sur le volontariat
 - Contrats de 5 ans souscrits par des agriculteurs
 - Mesures de réduction des pesticides et des fertilisants
 - Zones prioritaires pour préserver la qualité de l'eau (BAC...)
 - Projets portés par des acteurs locaux

- Interrogations sur l'efficacité des mesures et leur coût



PESTICIDES

Le bassin de la Charente



- ❑ Une zone à fort enjeu eau que ce soit qualitatif ou quantitatif
- ❑ Un investissement recherche des équipes de l'Irstea sur le bassin versant :
 - projets Spicosa et Respireau (interactions science/décision publique, interdépendances BV/ZC),
 - projet Maeveau (E&T) et Eccoter (MEDDE pesticides) (évaluation de scénarios de MAET)
- ❑ des programmes d'action en cours : SAGE, 15 bassins Re-sources pour 218 000 ha , PAT du Né, nouvelles MAET....ces programmes impliquent de définir et d'évaluer ex ante des mesures AE





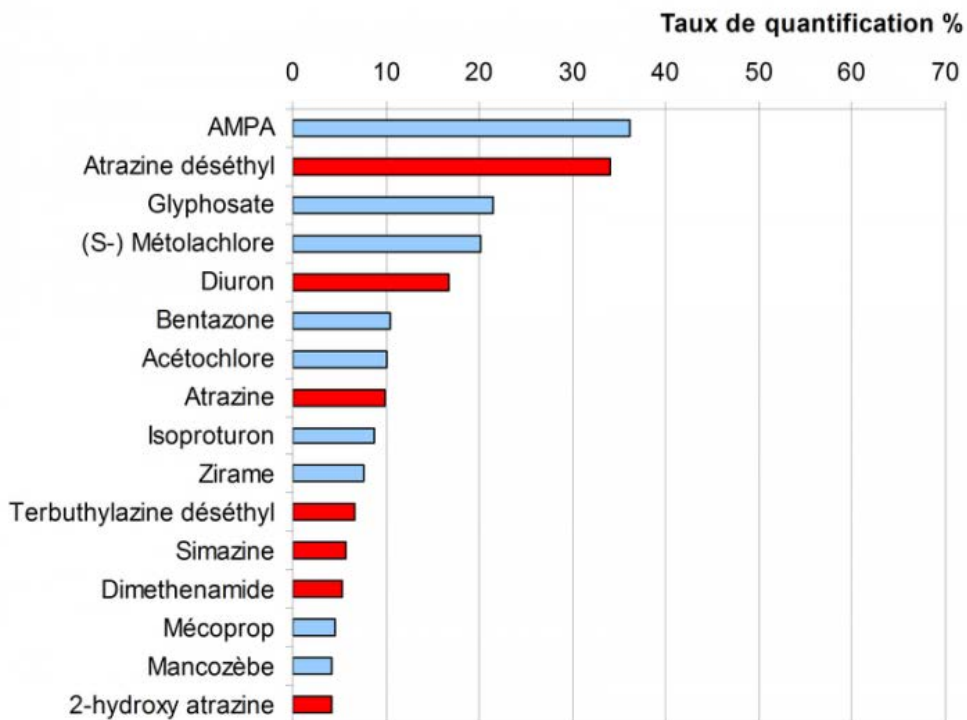
Une mobilisation pour la qualité de l'eau

PESTICIDES

Forte contamination constatée
des eaux

Superficielles (+ de 55% des
stations)

et souterraines (3/4 des nappes
libres)



Source : Ecophyto/AEAG 2006/2010

➤ Une agriculture (70% de la surface des bassins Re sources) qui doit trouver des solutions pour limiter ses impacts sur la qualité de l'eau

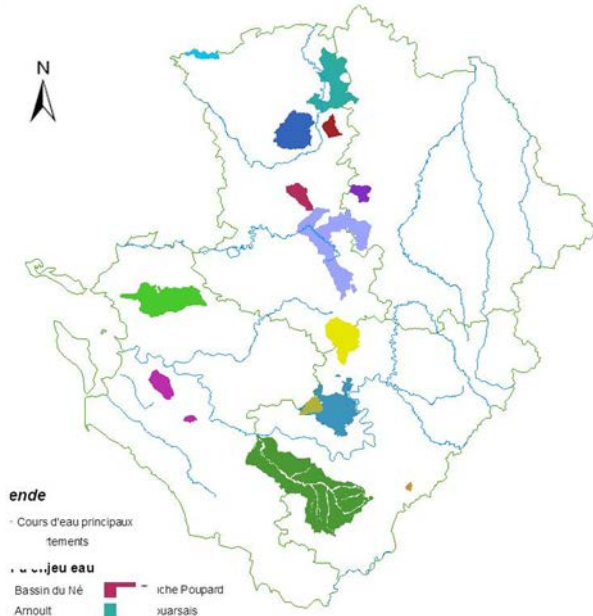
➤ Des collectivités mobilisées





MAET en Poitou-Charentes

PESTICIDES



- Localisation dans les zones « sensibles »
- Des contrats de 5 ans
- Pour quelle efficacité environnementale ?
- Où localiser les mesures ?

| | Poitou-Charentes | Aquitaine | Midi-Pyrénées |
|---|------------------|-----------|---------------|
| SAU (en ha) | 1 720 955 | 1 377 204 | 2 291 498 |
| Territoires de projet (en ha) | 280 652 | 171 865 | 140 213 |
| Part des territoires sur la SAU (en %) | 16 | 12 | 6 |
| Surface contractualisée (en ha) | 7 332 | 2 631 | 10 612 |
| Taux de surface contractualisée dans les territoires de projet (en %) | 3 | 2 | 8 |
| Nombre de territoires de projet | 26 | 8 | 15 |
| Nombre d'exploitants potentiels | 4 473 | 5 499 | 2 676 |
| Nombres d'exploitants contractualisants | 193 | 91 | 293 |
| Nombre de contrats | 230 | 67 | 324 |





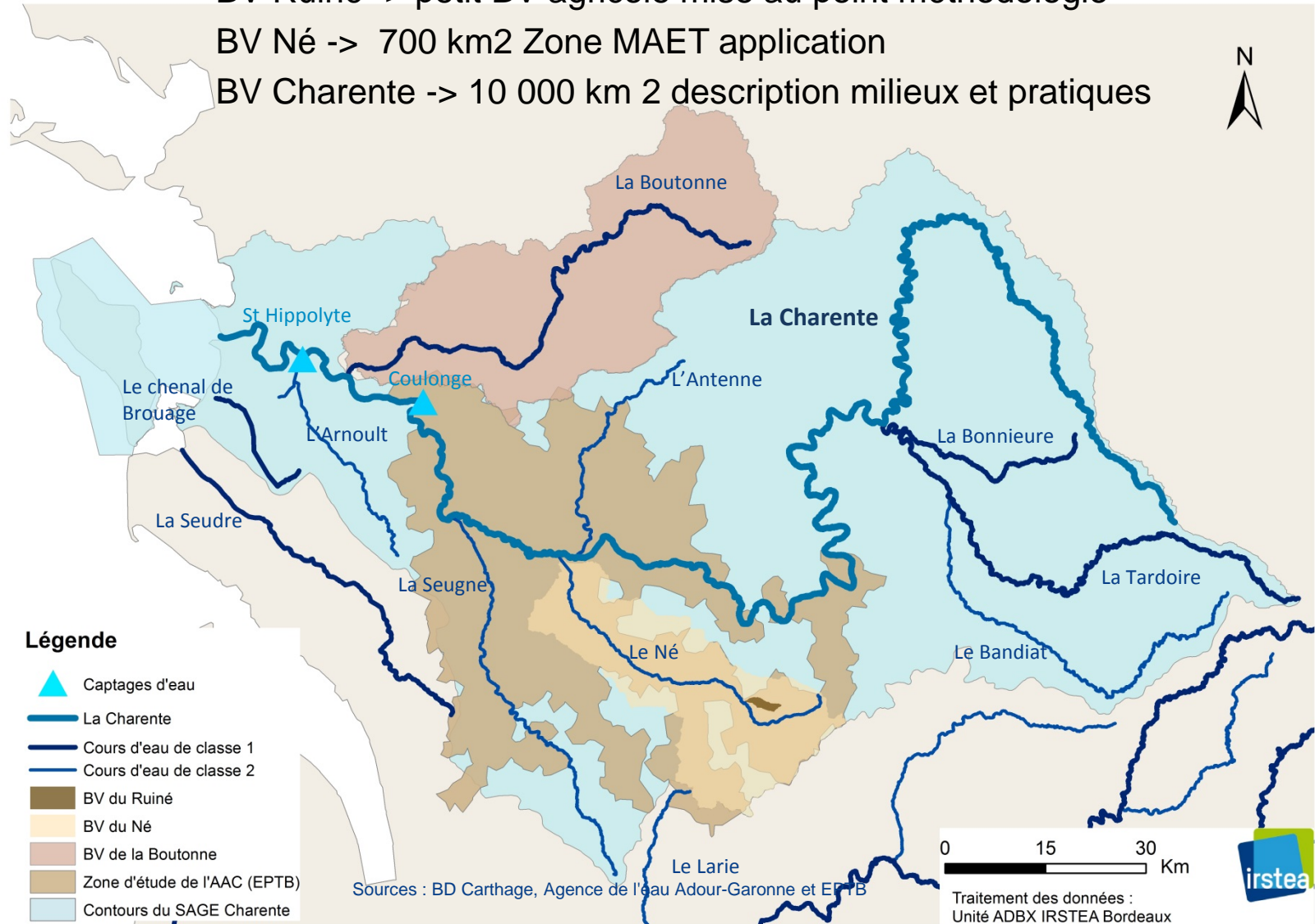
Zone d'étude et programmes d'action

PESTICIDES

BV Ruiné -> petit BV agricole mise au point méthodologie

BV Né -> 700 km2 Zone MAET application

BV Charente -> 10 000 km 2 description milieux et pratiques



- Améliorer la connaissance dans le domaine de l'évaluation des politiques agroenvironnementales par une approche de modélisation intégrée
 - « modélisation » des systèmes et des pratiques à l'échelle du bassin versant
 - calcul d'indicateurs environnementaux spatialisés
 - couplage entre modèles agro-hydrologique et économique

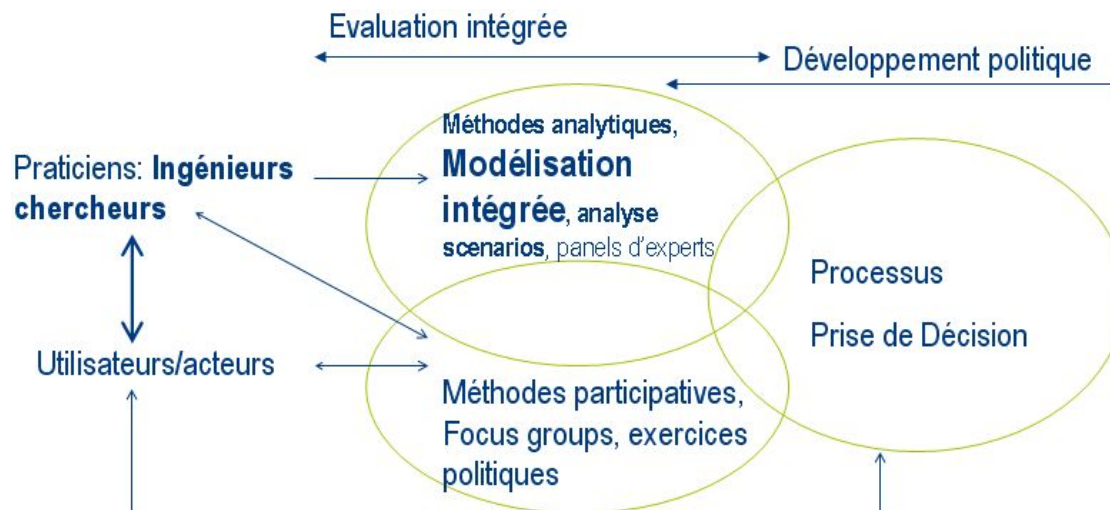
- L'espace comme facteur de différenciation/ciblage des politiques publiques

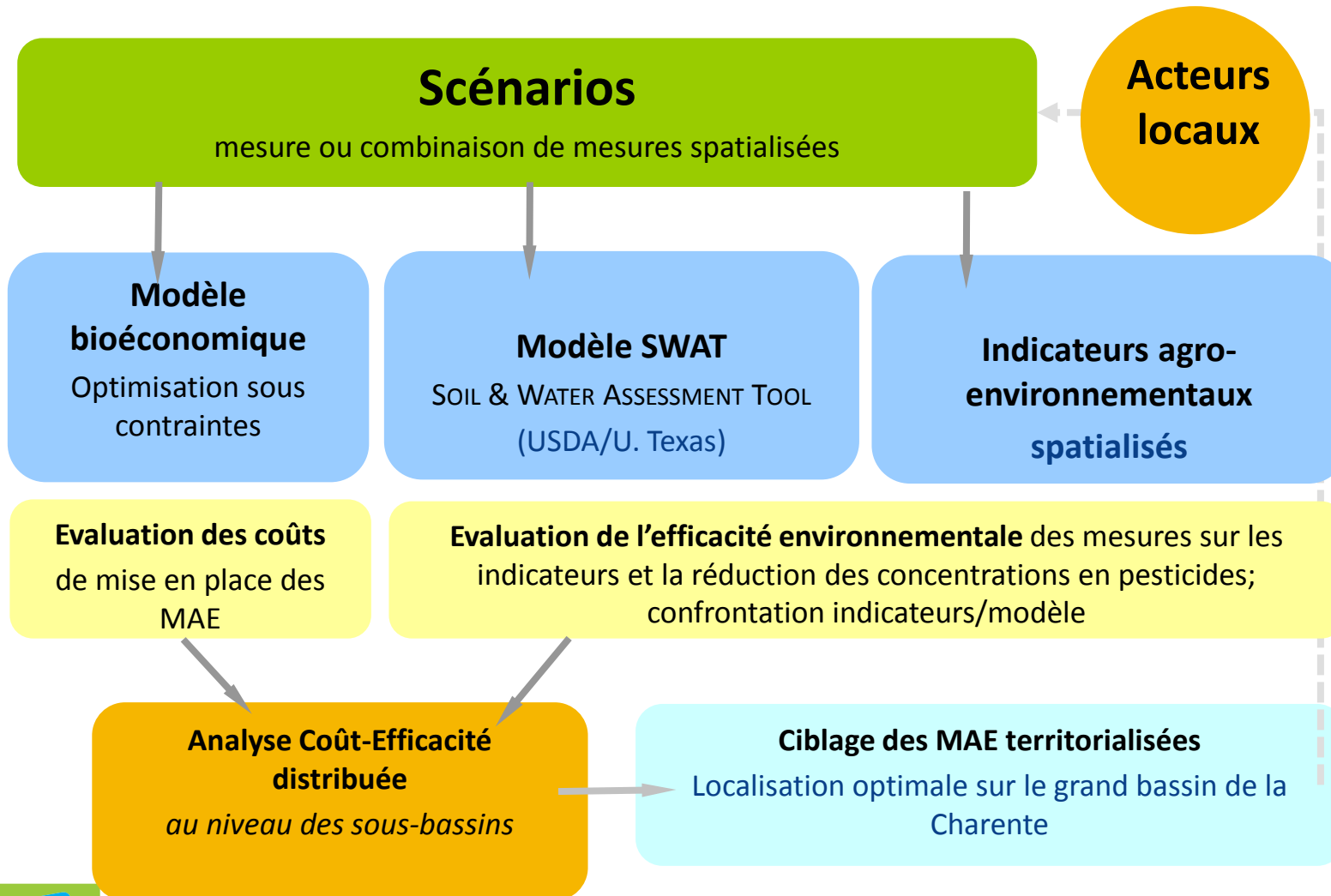


Cadrage théorique des travaux

PESTICIDES

- Integrated Assessment : processus interdisciplinaire d'intégration des savoirs des diverses disciplines et groupes d'acteurs sociaux afin de fournir une mesure d'un problème dans différentes perspectives et de fournir un support pour des processus politiques et de décision (travaux de la Integrated Assessment Society (<http://www.tias-web.info>)). Dans Eccoter, cette interdisciplinarité ne va pas dans notre cas jusqu'à intégrer la gestion participative en tant que telle.
- Nous parlons plutôt d'une **modélisation intégrée et spatiale** des systèmes et des pratiques agricoles à l'échelle d'un territoire à enjeu, et de leur **impact environnemental et économique** (Laurent, 1996, Lacroix 2006, O Callaghan, 1996; Volk et al. 2008; Jakeman et al. 2003)





- Intégration maximale des données d'entrée en partant de la même description de l'occupation du sol, des systèmes agricoles et des pratiques (fichiers communs)
- Prise en compte dans le modèle agro-hydrologique et par les indicateurs des successions culturales (approche dynamique de l'occupation du sol par l'agriculture)
- Une échelle spatiale commune de calcul et de confrontation
- Automatisation pour permettre échanges et interactions avec les acteurs locaux



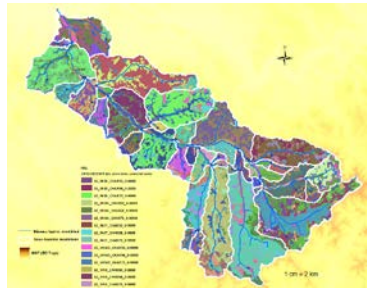
PESTICIDES

Échelles spatiales de calcul et confrontation

Modèle agro-hydro SWAT

Optimisation des coûts
(GAMS)

Indicateurs spatialisés



HRU

Calcul SWAT

Calcul Coûts

Bassins Versants
(BV)

SWAT agrégé

Coût

Indicateurs

Sous Bassins Versants
(SBV)

SWAT agrégé

Coût

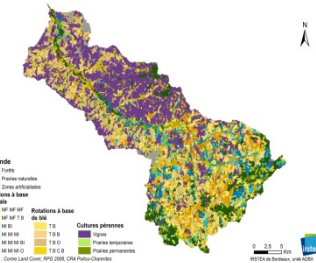
Indicateurs



Zones Hydrologiques
(ZH)

Bassin Sol Rotation
(BSR)

Indicateurs agrégés



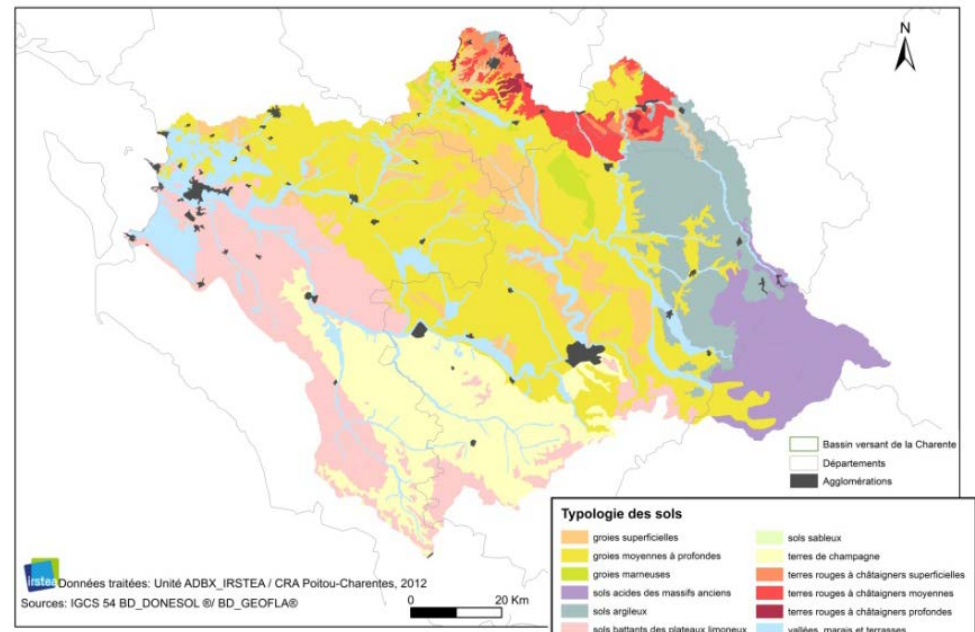
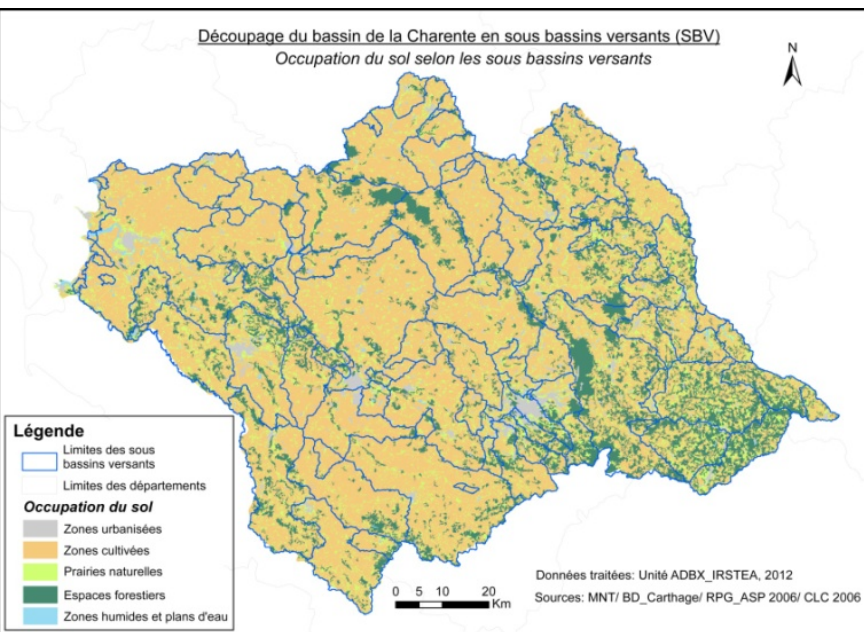
Ilots RPG

Calcul des indicateurs





- Caractérisation des activités agricoles sur le BV de la Charente
- Construction de scénarios et évaluation des mesures à l'échelle intermédiaire (BV emboîtés de la zone MAET BV du Né)



Occupation du sol (CLC 2006 et RPG 2006) et typologie des sols

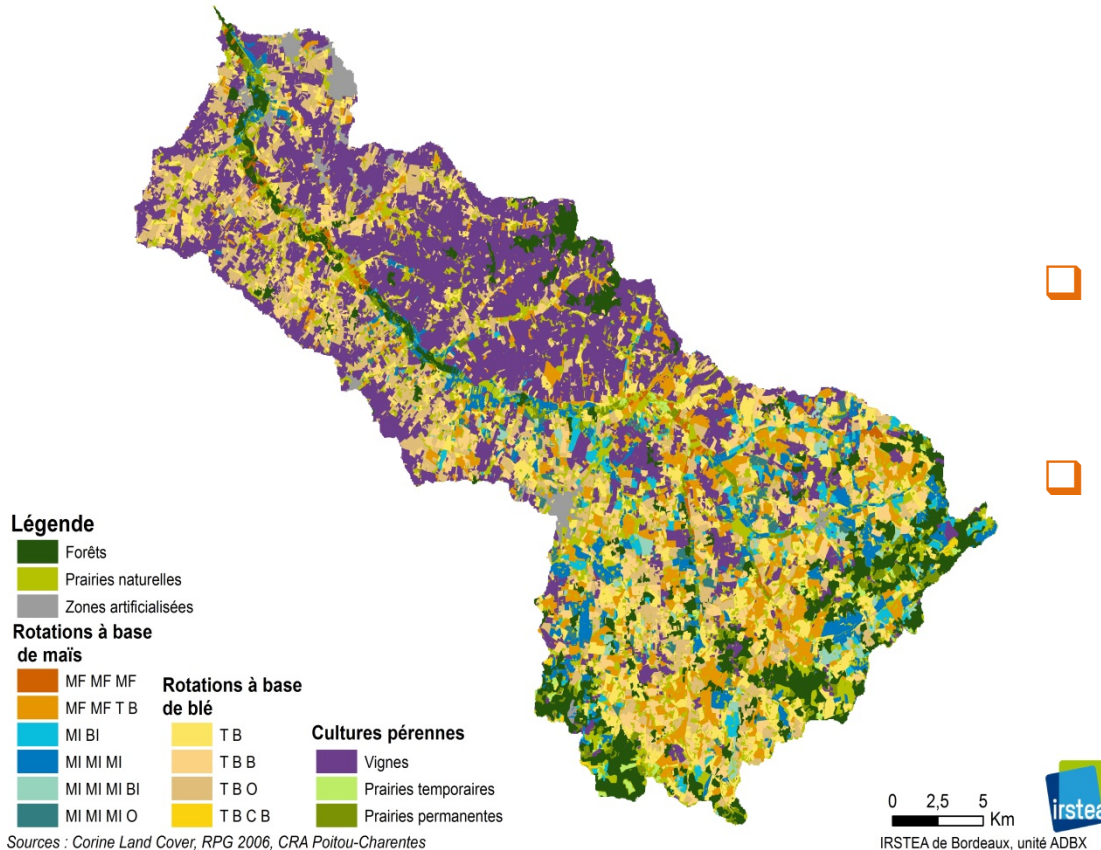
Source : Irstea ADBX et CRA Poitou-Charentes d'après IGCS



Evaluation Coût/Efficacité des scénarios de mesures agroenvironnementales (2)

PESTICIDES

- ❑ Modélisation de l'agriculture par une approche typologique
Sol/rotation/culture
- ❑ Définition de scénarios de mesures MAET
- ❑ Calcul d'indicateurs spatialisés pour chacun des scénarios
-> pression/risque potentiel de transfert





PESTICIDES

❑ Modélisation agro-hydrologique (SWAT)

pour évaluer l'impact des scénarios sur la qualité de l'eau

Simulations des transferts de

10 substances actives

Unité spatiale =HRU

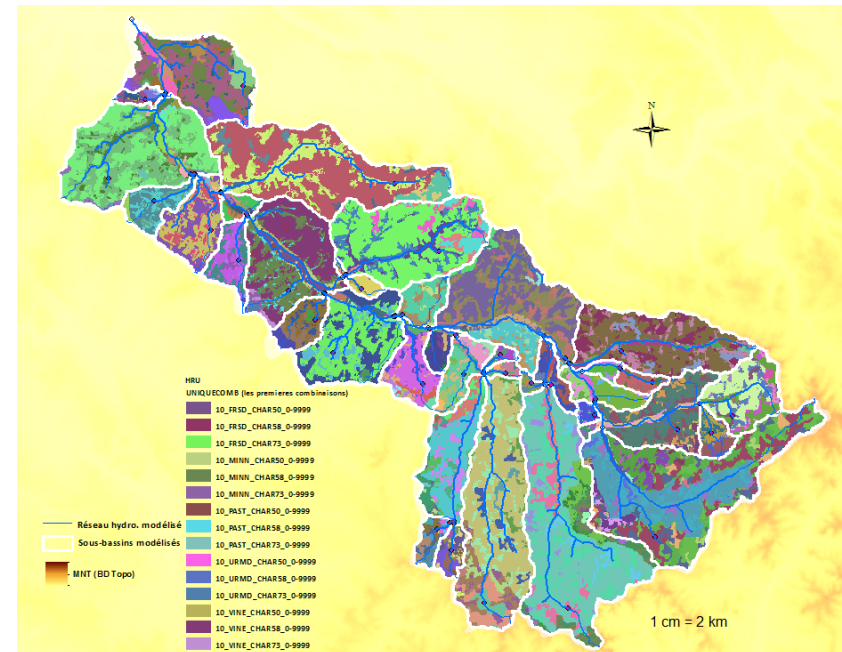
hydrological response unit

❑ Modèle bioéconomique

Pour le calcul des coûts directs

privés de mise en place de ces mesures

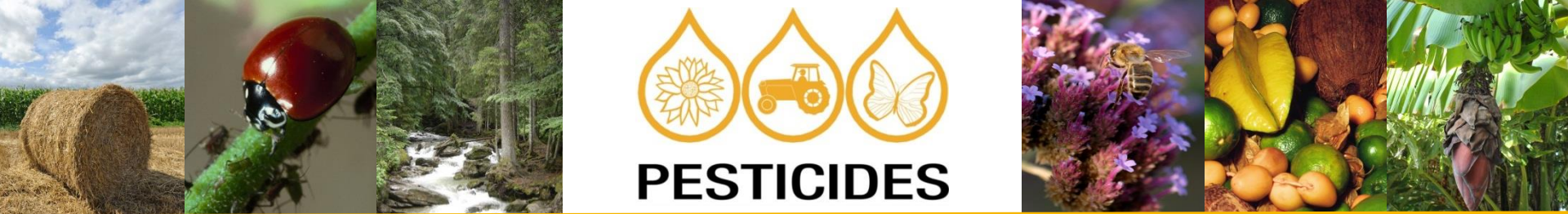
Coûts directs additionnels que l'exploitation-HRU aurait à supporter par la mise en place des mesures





PESTICIDES

- **14h30 - 15h00 : Démarche de construction des scénarios et évaluation de leur efficacité environnementale à partir d'indicateurs à l'échelle d'un territoire à enjeu « pesticides »** (*IRSTEA - ADBX **Françoise Vernier**, Sébastien Minette, Vanessa Kuentz-Simonet, Odile Leccia – Jean-Marie Lescot - Charlotte Scordia et Karen Tinland*)
-
- **15h00 – 15h30 : Évaluer l'efficacité environnementale par la modélisation agro-hydrologique à l'échelle de bassin versant** (*IRSTEA - ADBX - **Odile Leccia** – Jean-Marie Lescot - Charlotte Scordia- Karen Tinland – Françoise Vernier*)
-
- **15h45 – 16h20 : Évaluer les coûts directs liés aux changements de pratique à l'échelle des bassins versants. Démarche et résultats** (*IRSTEA - ADBX - **Jean-Marie Lescot** - Odile Leccia – Charlotte Scordia - Karen Tinland – Françoise Vernier*)
-
- **16h20 - 16h35 : Bilan de l'approche coût-efficacité des différentes MAET et des scénarios alternatifs évalués** (*IRSTEA-ADBX - Françoise Vernier, Odile Leccia et Jean Marie Lescot*).
- **DISCUSSION** animée par François Laurent



Séminaire final MAEVEAU /ECCOTER



Projet ECCOTER /MAEVEAU – Scénarios d'évolution de l'agriculture, modélisation des systèmes et des pratiques et calcul des indicateurs associés

F. Vernier, V Kuentz, JM Lescot, O Leccia, K Petit, C. Scordia, K. Tinland (Irstea)
S Minette (Chambre régionale Poitou Charentes) et Laurence Guichard (INRA)

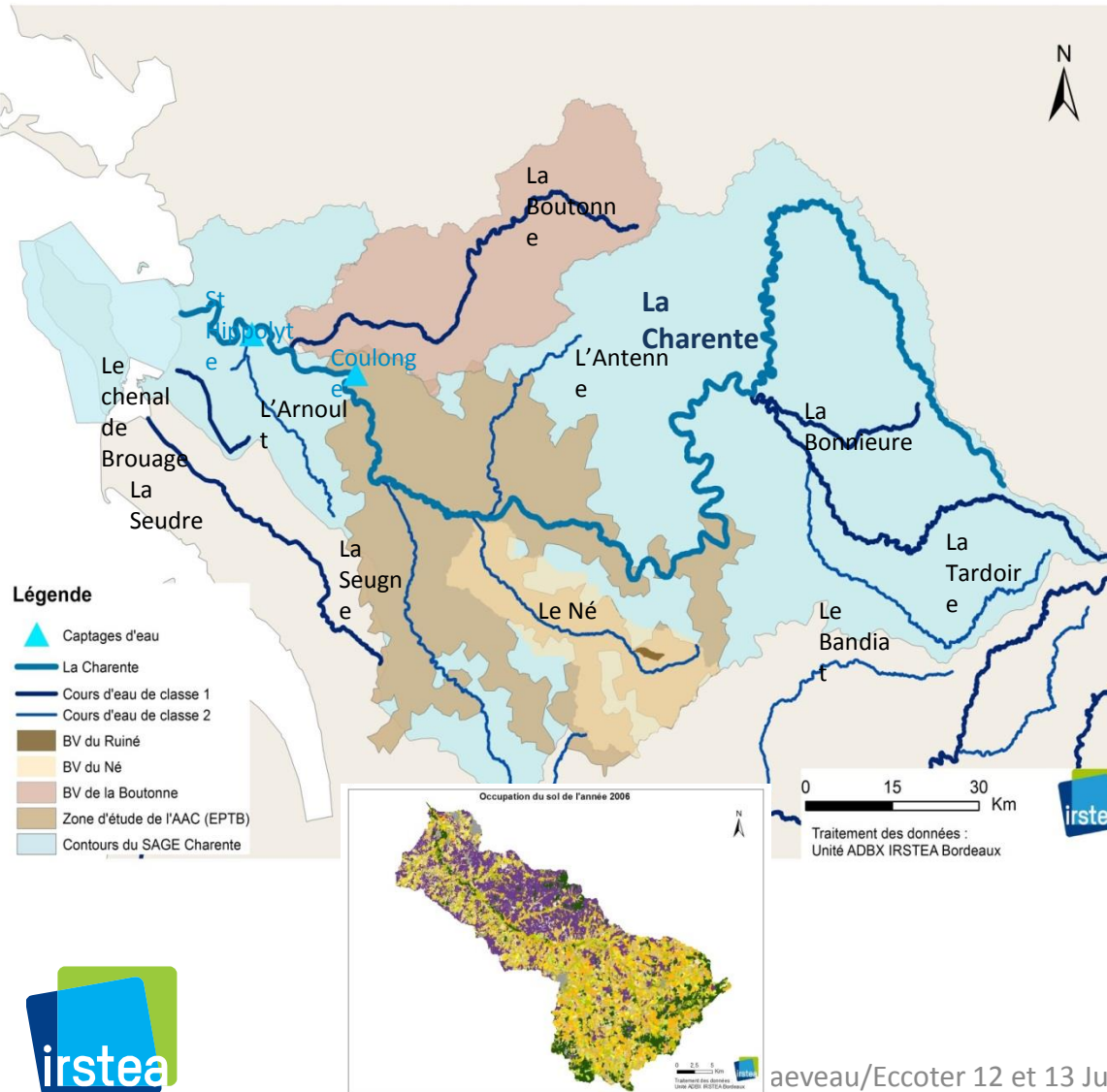
12 et 13 Juin 2014 (à Bordeaux Sciences Agro)





Présentation du BV du Né

PESTICIDES



- Bassin versant de 700 km² en terres de champagne
- classé RNABE au titre de la DCE et ZAP de lutte contre les effets des produits phytosanitaires
- site Natura 2000, (vison d'Europe)
- plan d'action territorial (PAT) démarré en 2007. 53 communes sont adhérentes du SIAH du Né
- Très agricole : SAU 76% de la surface. Les rotations principalement à base de tournesol et blé (36% de la SAU) ou de maïs et blé. La vigne représente 37% de la SAU





Mise en place du scénario de référence

PESTICIDES

- Une approche permettant de décrire la diversité des systèmes et des pratiques à une échelle de bassin versant intermédiaire
- Produire des fichiers communs à partir de bases de données institutionnelles : (RPG) Référentiel PAC graphique et la base de données IGCS (sols)
- Décrire des successions culturales et les pratiques associées pour les types de sols simplifiés
- Pour ces données pratiques, s'appuyer sur des données d'enquête auprès d'experts agricoles (conduites aux deux échelles grand bassin et zone d'étude MAET)



une approche typologique « type de sol/rotation/culture »

PESTICIDES

Occupation du sol

Types de sols

Des rotations et des pratiques agricoles « représentatives » (enquêtes, dire d'expert)

Cohérence avec RPG, RA,...



| Sols | Rotations types non irriguées | Rotations types irriguées |
|--|---|---|
| Groies superficielles | soja - BBT - BBT maïs - BBT - tournesol - BBT tournesol - BBT - Cigreflor | maïs G - maïs G - maïs G maïs - maïs - maïs - BBT |
| | tournesol - BBT - tournesol - BBT tournesol - BBT - tournesol - BBT tournesol - BBT - soja - BBT | maïs G - maïs G - maïs G maïs G - maïs - BBT |
| Groies moyennes à profondes | soja - BBT - Cigreflor - tournesol - BBT - Cigreflor soja - BBT - Cigreflor - tournesol - BBT - Cigreflor soja - BBT - BBT | maïs G - maïs G - maïs G - BBT maïs G - maïs G - maïs G maïs G - BBT - maïs G - BBT |
| | Vignes tournesol - BBT - tournesol - BBT soja - BBT - Cigreflor - tournesol - BBT - Cigreflor soja - BBT - tournesol - BBT | maïs G - maïs G - maïs G - BBT maïs G - maïs G - maïs G maïs G - BBT - maïs G - BBT |
| Sols battants des plateaux limoneux "Boucles limoneuses" "limons argileux" "limons argilo-silico-sableux" | Prata Jéna tournesol - BBT - tournesol - BBT Prata Jéna (4 ans) - BBT tournesol - BBT - soja - BBT | maïs - maïs - maïs maïs - maïs - maïs - BBT maïs - maïs - maïs - BBT |
| | Vignes tournesol - BBT - tournesol - BBT tournesol - BBT - Cigreflor maïs - maïs - tournesol - BBT | maïs G - maïs G - Cigreflor maïs G - maïs G - maïs G - BBT maïs - maïs - maïs |
| Terres de champagnes superficielles | Prata Jéna tournesol - BBT - BBT | maïs - maïs - maïs - Cigreflor maïs - maïs - maïs - BBT maïs - maïs - maïs |
| | Prata Jéna (4 ans) - BBT maïs - maïs - tournesol - BBT | maïs - maïs - maïs - BBT maïs - maïs - maïs - BBT |
| Vallées et marais | prata Jéna maïs four - maïs four | maïs - maïs - maïs maïs - BBT - maïs G - BBT |
| | Prata Jéna (4 ans) - maïs four Forêt | maïs - maïs - maïs maïs - maïs - maïs - BBT |
| Bocins sableux | Vignes prata Jéna | maïs - maïs - maïs - BBT |
| | tournesol - BBT - tournesol - BBT Prata temp. (4 ans) - BBT | |

Pour chaque type de sol/rotation :
Définition des ITK/culture



Itinéraire technique type du maïs grain sur groies marneuses en Poitou-Charentes

Labour

Semis 80-90 kg/ha

Récolte 100 c/ha

Irrigation : 25 mm * 8 tours

Levée, Stades végétatifs, Floraison, Formation des grains

Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars, Avril, Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre, Octobre

FERTILISATION

| | | | | |
|---|---|-----|---|--|
| | K | N | P | |
| N | | 150 | 2 | |
| P | | 70 | 1 | |
| K | | 70 | 1 | |

Dose moyenne U/ha, Nombre moyen de passages

DESHERBAGES CHIMIQUES

Après semis, Post-levée

2 passages en moyenne

Principales matières actives : Nicosulfuron, Mesotrione, Acétochlore, Aclonifen, Isoxaflutole, Dichlorimide

INSECTICIDES

Anti-limace, Pyrale, sésamies

2 passages en moyenne

Principales matières actives : Métaldéhyde, Cyperméthrine, Deltaméthrine, Lambda cyhalothrine



Sources : Agrisud - Enquêtes pratiques culturales 2006 ; ITK type de la chambre d'agriculture régionale



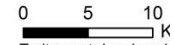
PESTICIDES

Une carte des sols « simplifiée » sur la zone d'étude comme base de départ de l'approche typologique

Saintes

Cognac

Angoulême



Traitement des données
Unité ADBX IRSTEA Bordeaux



| Types de sols | Surface (ha) | Surface (%) |
|------------------------------------|--------------|-------------|
| Marais | 570 | 0,2% |
| Vallées et Terrasses | 23 475 | 7,9% |
| Groies marneuses | 50 530 | 17,1% |
| Groies superficielles | 39 567 | 13,4% |
| Groies moyennes a profondes | 6 178 | 2,1% |
| Terres de champagne profondes | 78 475 | 26,5% |
| Terres de champagne superficielles | 33 590 | 11,4% |
| Doucins argileux | 26 664 | 9,0% |
| Doucins limoneux | 27 129 | 9,2% |
| Doucins sableux | 4 942 | 1,7% |
| Surface totale | 295 744 | 100,0% |

Sources : données IGCS - traitement CRA
Poitou-Charentes et Irstea Bordeaux



10 grands types de sols définis sur une zone plus large (AAC Grenelle Coulonges Ste Hippolyte) 3 principaux types de sols sur le bassin du Né





**Rotations-types sélectionnées par la CRA Poitou Charentes et l'IRSTEA de Bordeaux,
avec les pourcentages de répartition théorique par type de sol (base: RPG 2006-2010)**

Document de travail Projet MODCHAR, juin 2012 - IRSTEA de Bordeaux ADBX

| sol | rotation-type non irriguée | % de répartition base-théorique par type de sol | rotation-type irriguée | % de répartition base-théorique par type de sol |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------|---|
| Sols battants des plateaux limoneux | tournesol - bléT - tournesol - bléT | 13 | maïsG - maïsG - maïsG | 11 |
| Sols battants des plateaux limoneux | tournesol - bléT - colza - bléT | 8 | maïsG - maïsG - maïsG - bléT | 5 |
| Sols battants des plateaux limoneux | Prairie temp. | 10 | maïsG - BléT - maïs G - BléT | 2 |
| Sols battants des plateaux limoneux | Prairie perm. | 31 | | |
| Sols battants des plateaux limoneux | vigne | 21 | | |
| Terres de champagne | tournesol - bléT - orge P | 18 | maïsG - maïsG - maïsG | 3 |
| Terres de champagne | maïs - maïs - Tournesol - BléT | 16 | maïsG - bléT - maïsG - bléT | 1 |
| Terres de champagne | tournesol - bléT - Tournesol - bléT | 21 | maïsG - maïsG - maïsG - bléT | 1 |
| Terres de champagne | vigne | 27 | maïsG - maïsG - maïsG - OrgeP | 2 |
| Terres de champagne | Tournesol-BléT-BléT | 11 | | |
| Vallées, marais et terrasses | maïs - maïs | 20 | maïsG - maïsG - maïsG | 7 |
| Vallées, marais et terrasses | Prairie temp. | 15 | maïsG - BléT - maïs G - BléT | 4 |
| Vallées, marais et terrasses | prairieP | 53 | | |

A partir de la typologie des sols et du tableau théorique des rotations

Affectation d'une rotation à chaque ilot du RPG

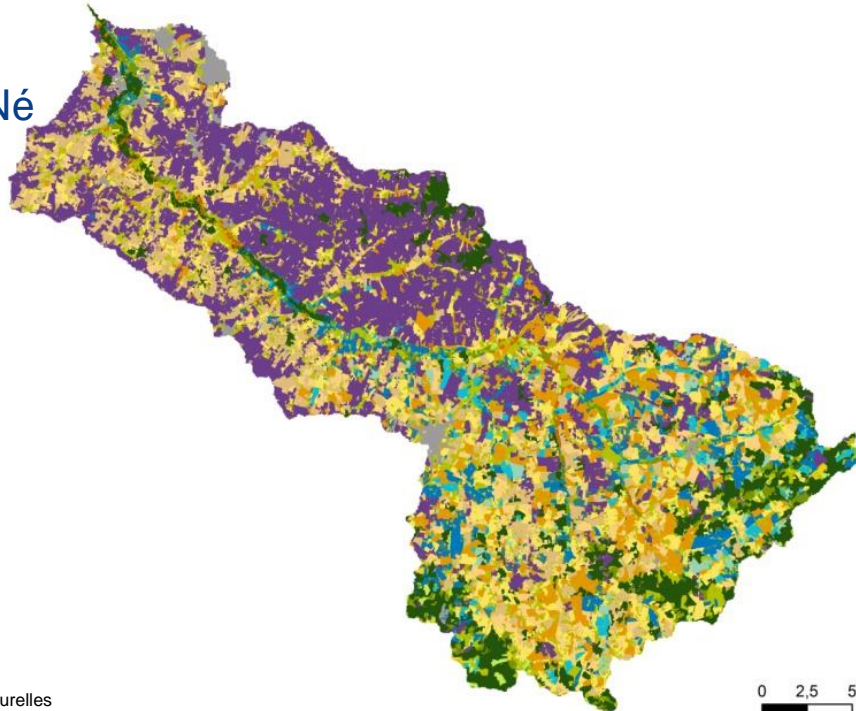
« modélisation » de la situation de référence (pratiques moyennes actuelles)



une vision « modélisée » et dynamique des cultures

PESTICIDES

BV du Né



0 2.5 5 Km
ADBx unit IRSTEA Bordeaux



Légende

- Forêts
- Prairies naturelles
- Zones artificialisées

Rotations à base de maïs

- MF MF MF
- MF MF T B
- MI BI
- MI MI MI
- MI MI MI BI
- MI MI MI O

Rotations à base de blé

- T B
- T B B
- T B O
- T B C B

Cultures pérennes

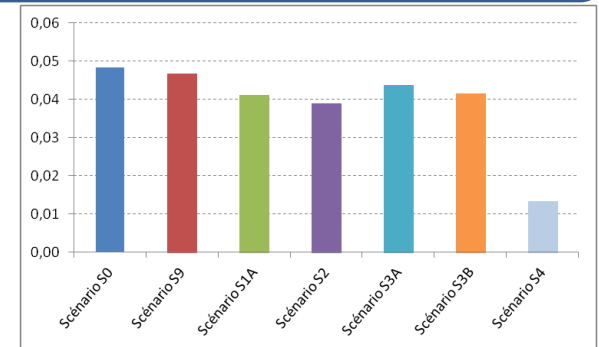
- Vignes
- Prairies temporaires
- Prairies permanentes

Sources : Corine Land Cover, RPG 2006, CRA Poitou-Charentes

RPG 2006-2010 – succession « réelle »

Programme de substitution des successions réelles par les rotations théoriques et leur %

Vérification des surfaces obtenues par année et par culture



Affectation d'une Rotation type affectée à chaque ilot en fonction du type de sol

Occupation de sol de départ = 2006



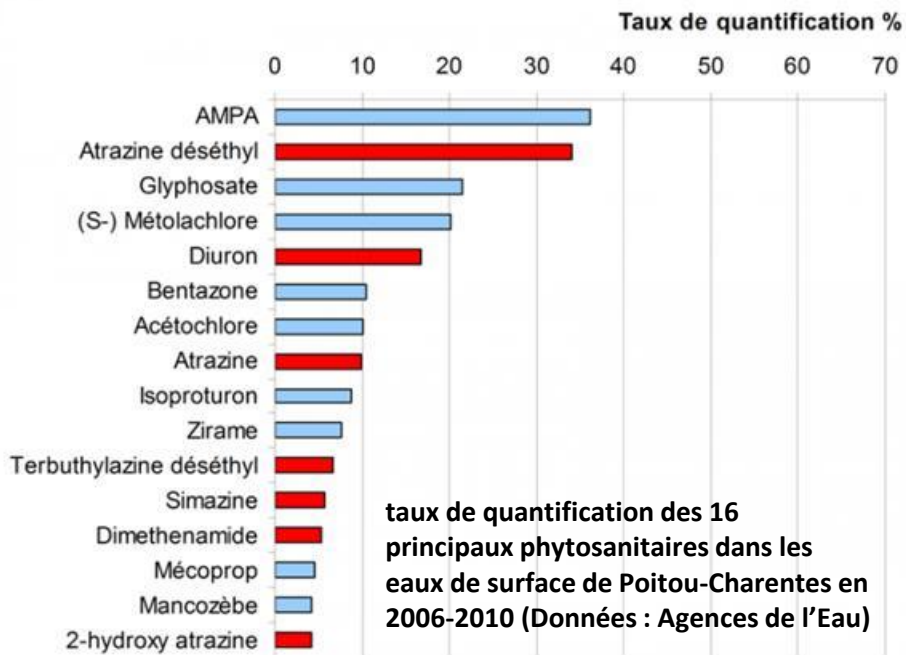
Séminaire Maeveau/Eccoter
12 et 13 Juin 2014



Choix d'une liste commune de 10 molécules phyto en fonction des contraintes des outils et de critères de choix

PESTICIDES

- toxicité (classement dans la liste des substances prioritaire de la DCE)
- Utilisation dans le bassin de la charente
- fréquence de détection dans les eaux superficielles
- construction des ITK en privilégiant les produits concernés par ces dix molécules



| Molécule | type d'action |
|---------------------|---------------|
| Glyphosate | Herbicide |
| S-métolachlore | Herbicide |
| Isoproturon | Herbicide |
| 2-4 MCPA | Herbicide |
| Aclonifen | Herbicide |
| Acétochlore | Herbicide |
| Mancozèbe | Fongicide |
| Tébuconazole | Fongicide |
| Chlorpyriphos-éthyl | Insecticide |
| Métaldéhyde | Molluscicide |

source : Rapport Modchar – IRSTEA - Vernier F., et. al, 2012



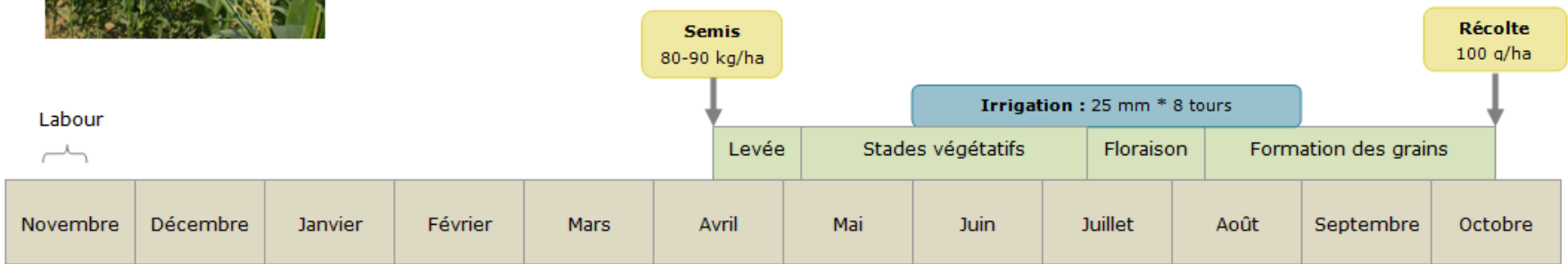
PESTICIDES

Exemple : le Maïs sur groies marneuses

ITKs Construits en privilégiant les 10 molécules choisies



Itinéraire technique type du maïs grain sur groies marneuses en Poitou-Charentes



FERTILISATION

K N P N

| | Dose moyenne U/ha | Nombre moyen de passages |
|---|-------------------|--------------------------|
| N | 180 | 2 |
| P | 70 | 1 |
| K | 70 | 1 |

DESHERBAGES CHIMIQUES

Après semis Post-levée

2 passages en moyenne

Principales matières actives : Nicosulfuron, Mesotrione, Acétochlore, Aclonifen, Isoxaflutole, Dichlormide

INSECTICIDES

Anti-limace Pyrale, sésamies

2 passages en moyenne

Principales matières actives : Métaldéhyde, Cyperméthrine, Deltamethrine, Lambda cyhaloth


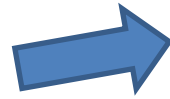
Source : IRSTEA/chambre régionale – Projet Eccoter

Sources : Agreste- Enquêtes pratiques culturales 2006 ; ITK type de la chambre d'agriculture régionale

- Scénario d'allongement des rotations (MAET)

Scénario « actuel »

| | | | | |
|----|----|----|----|---|
| S0 | MF | MF | T | B |
| S0 | MI | MI | MI | |
| S0 | T | B | C | B |

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|---|----|----|----|
| S2 | MF | MF | T | B | Lu | Lu | Lu |
| S2 | MI | MI | MI | O | Lu | Lu | Lu |
| S2 | T | B | P | O | C | B | |



Scénario « aménagement »
exemple prairies en bord de cours d'eau

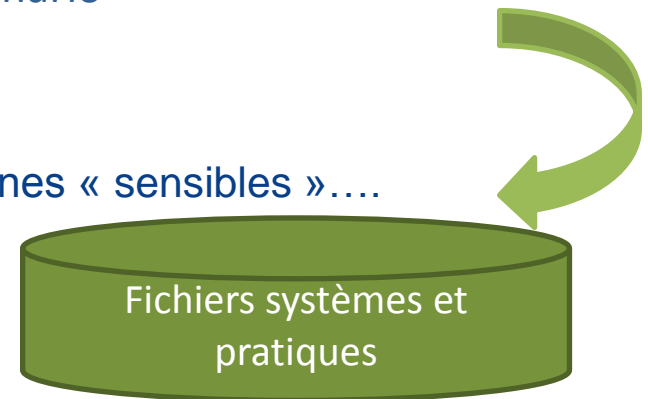


Application localisée (% du BV) ou combinaisons de scénario

75% « actuel » et 25% « MAET »

75% « actuel » et 25% « vigne bio »

Aménagements, pratiques en bord de cours d'eau, en zones « sensibles »....



Définition de scénarios alternatifs sur la zone d'étude

| | Description | Modification des pratiques | Modification de l'assolement | Pourcentage d'application |
|------|--|--|---|--|
| → S0 | Scénario initial et de référence | | | 100 % du bassin |
| S9 | Pratiques intensives | Variations des fréquences des traitements phytosanitaires | | 100% du bassin |
| S1A | Combinaison S0 et S2 | Pratiques de S0 et de S2 | Combinaison de S0 et de S2 | 75% de la SAU en S0 et 25% en S2 |
| S2 | Prise en compte des MAET (FERTI_01 et PHYTO_04 pour GC et PHYTO_04 pour V) | IFT Herbicide de 1,04 pour GC et de 0,56 pour V 140 UN d'azote par ha et an pour GC | Allongement des rotations (3 années de luzerne ou 1 année de pois de printemps) | 100% du bassin |
| S3 | Conversion d'une surface de vigne en vigne biologique | Pas de description d'ITK et azote sous forme organique | Vigne Biologique et Vigne Conventionnel | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S0 GC en S0 |
| | | | Vigne Biologique et Vigne MAET | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S2 GC en S2 |
| S4 | Conversion GC proches des cours d'eau en prairie temporaire MAET | 0 unité d'azote pour les prairies temporaires MAET | Introduction des prairies temporaires MAET | 100% des GC à moins de 20 m d'un cours d'eau en prairie temporaire MAET le reste en S0 |



Application d'un scénario : « traduction » dans les Itinéraires techniques

PESTICIDES

SCENARIO MAET

Blé

| année | Mois | jour | opération culturale | rendement moyen | quantité irrigation/pasage (mm) | nombre de tours d'irrigation | type de travail du sol | fertilisant | quantité de fertilisant | pesticide | quantité de pesticide | unité | fréquence | DH_cult (l ou kg) |
|-------|------|------|--|-----------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------|-------------------------|---------------|-----------------------|-------|-----------|-------------------|
| 1 | 10 | 1 | déchaumage | | | | | | | | | | | |
| 1 | 10 | 15 | déchaumage | | | | | | | | | | | |
| 1 | 10 | 25 | semis (+10% densité et choix variétal) | | | | | | | | | | | |
| 1 | 11 | 15 | insecticide | | | | | | | Sherpa 100 EC | 0,25 | l/ha | 10% | 0,25 |
| | | | molluscicide | | | | | | | | | | | |
| | | | herbicide | | | | | | | | | | | |
| 1 | 11 | 20 | herse étrille | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | 5 | fertilisation | | | | | Nminé | 40 | | | | | |
| 2 | 2 | 15 | fertilisation | | | | | S | 40 | | | | | |
| 2 | 3 | 1 | herbicide | | | | | | | allie express | 0,04 | kg/ha | 100% | 0,05 |
| 2 | 3 | 1 | herbicide | | | | | | | first | 1,00 | l/ha | 100% | 2 |
| 2 | 3 | 15 | fertilisation | | | | | Nminé | 90 | | | | | |
| 2 | 3 | 15 | fertilisation | | | | | P | 35 (60) | | | | | |
| 2 | 3 | 15 | fertilisation | | | | | K | 35 (60) | | | | | |
| | | | régulateur | | | | | | | | | | | |
| 2 | 4 | 5 | fongicide | | | | | | | Bell | 1,25 | l/ha | 100% | 1,5 |
| 2 | 4 | 15 | fertilisation | | | | | Nminé | 40 | | | | | |
| 2 | 4 | 25 | fongicide | | | | | | | Pyros | 0,50 | l/ha | 100% | 1 |
| 2 | 4 | 25 | fongicide | | | | | | | Opus | 0,50 | l/ha | 100% | 1 |
| 2 | 5 | 20 | fongicide | | | | | | | ngo S | 1,00 | l/ha | 50% | 2 |
| | | | insecticide | | | | | | | | | | | |
| 2 | 7 | 5 | recolte | | | | | | | | | | | |

Modification des pratiques
 → Impact de l'allongement des rotations...
 → Diminution des traitements phytosanitaires
 → Herbicide / désherbage mécanique





Evaluation de la pression ou du risque potentiel : les indicateurs spatialisés

PESTICIDES

▪ L'IFT : Indice de Fréquence de Traitement

- Evaluation de l'« intensité » des pratiques
- Calculé pour tout l'ITK

$$IFT_{\text{ilot}} = \sum_{t=1}^T \frac{\text{Dose Appliquée}_t}{\text{Dose Homologuée}_t} \times \frac{\text{Surface traitée de l'ilot}_t}{\text{Surface totale de l'ilot}}$$

$$IFT_{\text{SBV}} = \frac{\sum \text{IFT rotation du SBV}}{\sum \text{surface SBV (en ha)}}$$

▪ PREMA : Pression par Matière Active

- Evaluation de la pression phytosanitaire par molécule (pour confrontation au résultat du modèle agro-hydrologique)

$$PREMA_{\text{ilot}} = \frac{\sum_{\text{traitements avec la molécule traceur}} \text{Quantité de matière active [en g]}}{\text{surface de l'ilot (en ha)}}$$

$$PREMA_{\text{SBV}} = \frac{\sum \text{PREMA rotation du SBV}}{\sum \text{surface SBV (en ha)}}$$

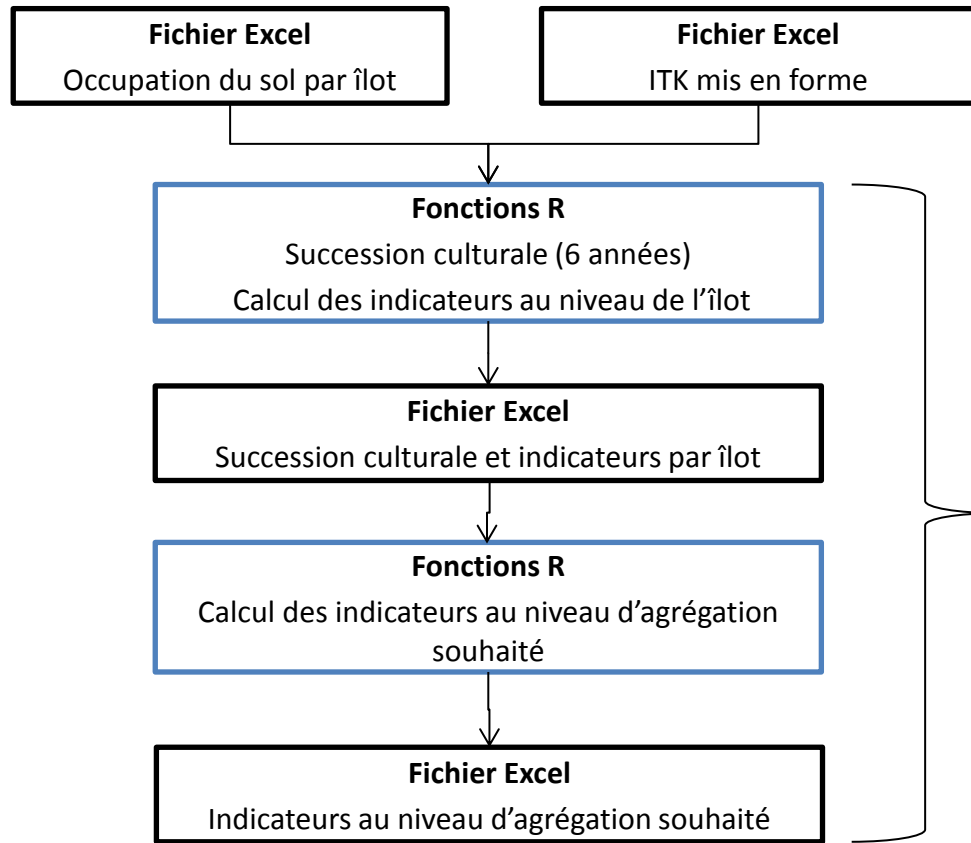
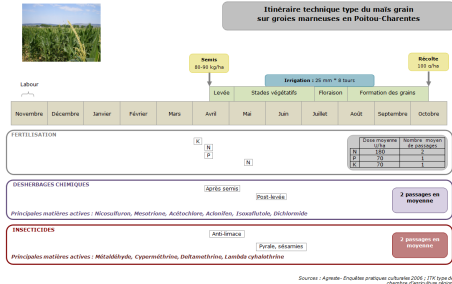
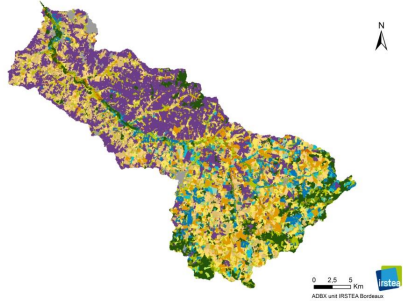
▪ ARTHUR (Analyse des Risques de Transfert de pPhytosanitaires vers les AqUifères) : échelle parcelle

- Evaluation d'un risque de transfert potentiel par parcelle
- Calculé à l'échelle du bassin à partir de « cas-types » d'îlots

▪ Indicateur composite spatialisé « risque potentiel de transfert » échelle BV

- Evaluation du risque potentiel à l'échelle du bassin versant
- Calculé facilement à cette échelle à partir de méthodes d'analyse de données et classifications (AFM- CAH)

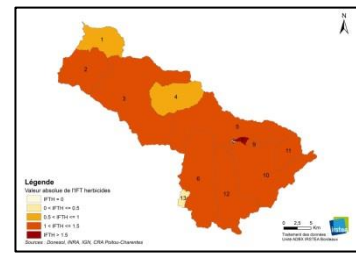
CALCUL DES INDICATEURS



Automatisation des calculs



Restitution Fichier/carte





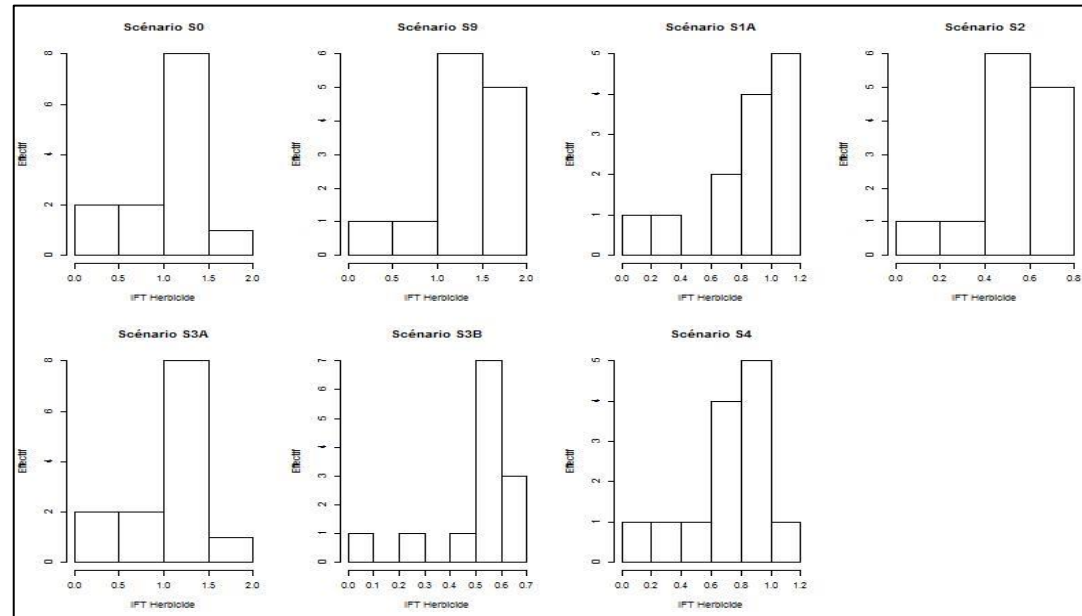
Méthode pour comparer les scénarios

PESTICIDES

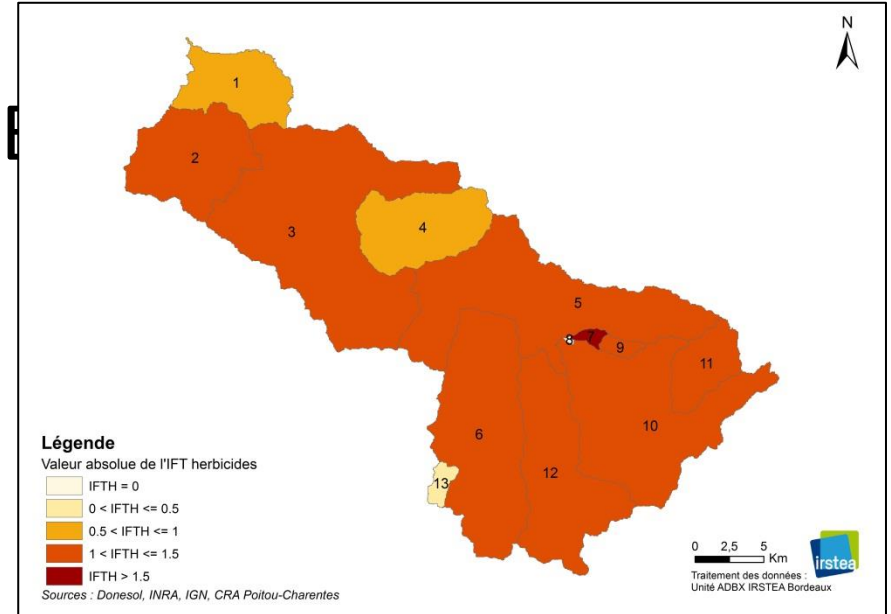
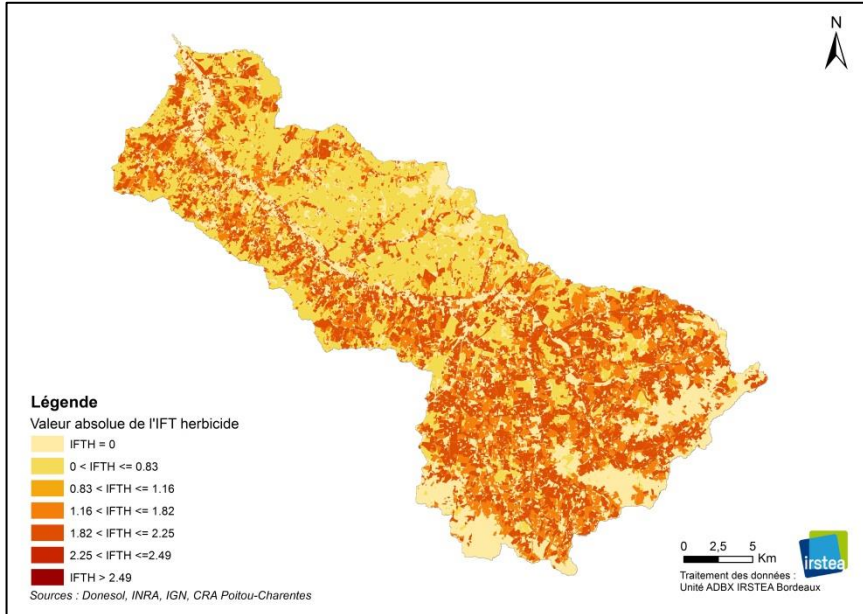
- Comparaison des scénarios
 - Comparaison au scénario de référence
 - pour séries appariées (seuil de 5%)
 - Calcul de la diminution / augmentation en pourcentage

| | Bornes des classes |
|----------|--------------------|
| Classe 1 | Egal à 0 |
| Classe 2 | Entre 0 et 0,5 |
| Classe 3 | Entre 0,5 et 1 |
| Classe 4 | Entre 1 et 1,5 |
| Classe 5 | Supérieur à 1,5 |

- Choix des seuils des classes pour la représentation cartographique
 - Basé sur la distribution de l'indicateur
 - Exemple de l'IFT Herbicide

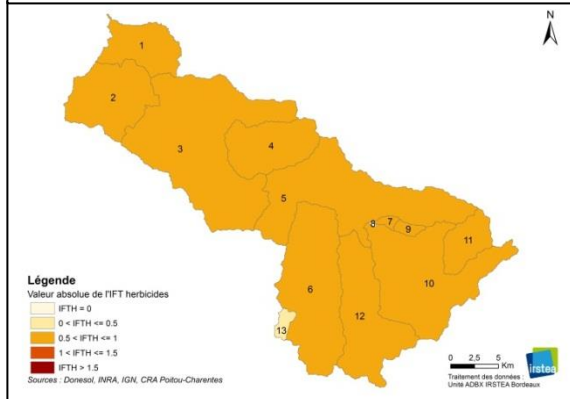
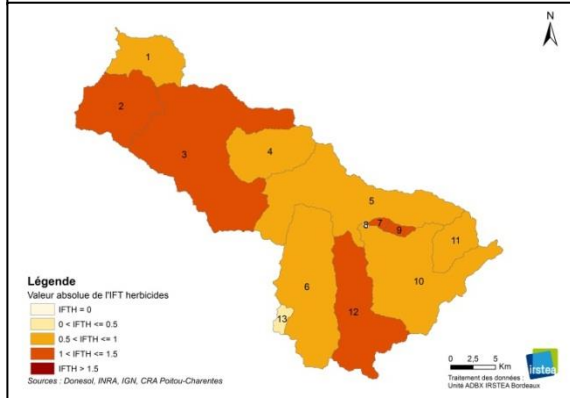
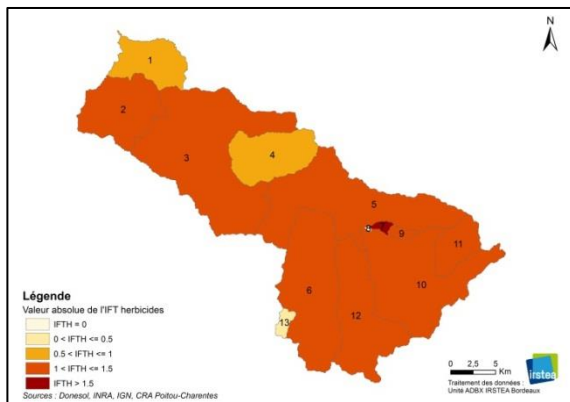


Exemples de restitutions à différentes échelles



- ❑ Les seuils de chacune des classes sont identiques pour l'ensemble des scénarios pour un indicateur donné et un niveau de restitution donné
- ❑ Chaque scénario est comparé au scénario de référence
- ❑ Les calculs peuvent être faits sur une année de la rotation ou sur l'ensemble de la rotation

IFT Herbicide



Scénarios et IFT

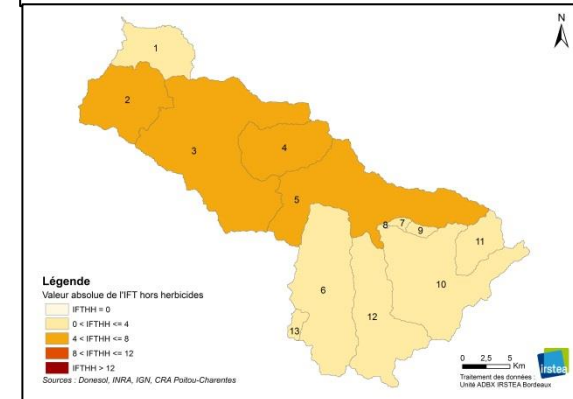
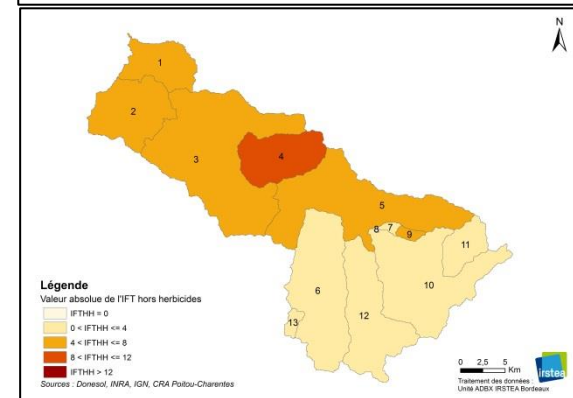
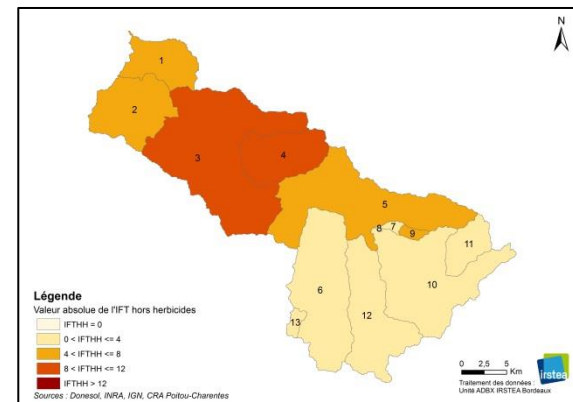
Scénario de référence
Pratiques actuelles sur le
bassin

Scénario mixte
75% scénario de référence et
25% scénario MAET

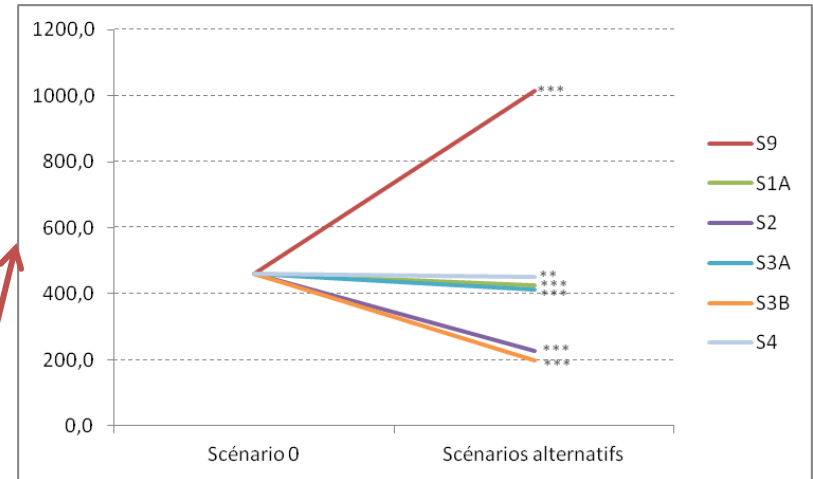
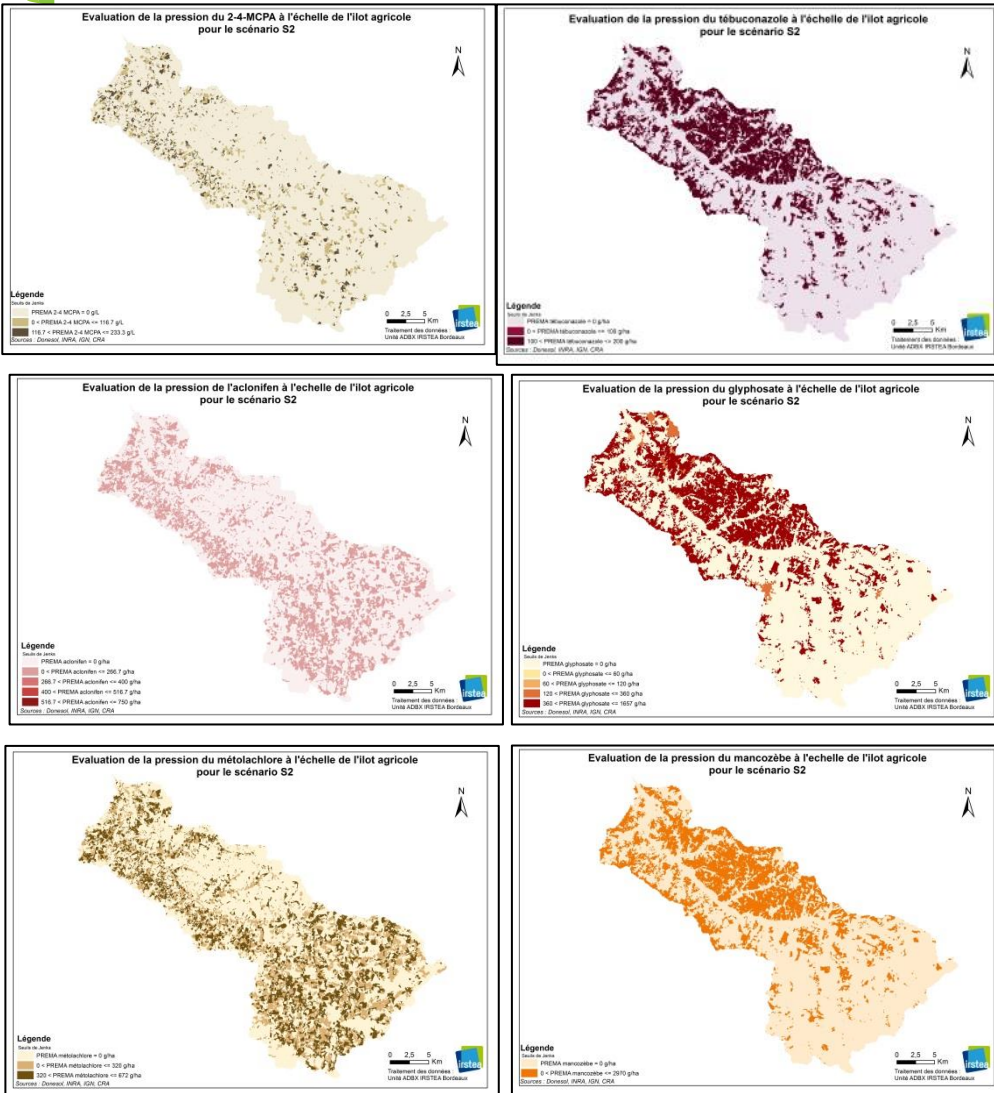
Scénario MAET (100%)
Allongement des rotations

Séminaire Maeveau/Eccoter – Juin 2014

IFT hors herbicide



Evaluation de la pression pour les dix molécules test



La cartographie des PREMA permet d'identifier les zones les plus sollicitées pour une molécule

L'agrégation à l'échelle du bassin permet d'évaluer la tendance en termes de pression pour un scénario donné et de discriminer les scénarios entre eux

Faisabilité d'un indicateur composite à l'échelle bassin versant



- Méthode utilisée : l'Analyse Factorielle Multiple (AFM)
- Approche qualitative
- 3 groupes de variables
 - Pratiques agricoles
 - IFT Herbicide/IFT Hors Herbicide
 - Sensibilité au ruissellement
 - Distance au cours d'eau : 4 classes
 - Pente moyenne de l'îlot : 3 classes
 - battance : 5 classes
 - Sensibilité à l'infiltration
 - L'hydromorphie : 3 classes
 - La teneur en Matière Organique (MO) : 2 classes



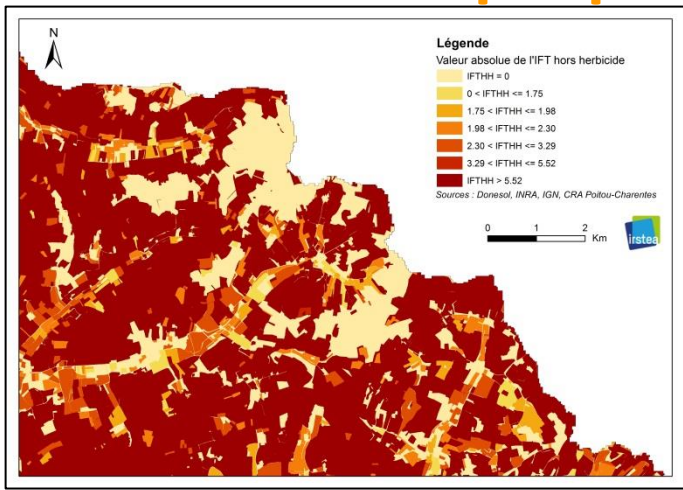


PESTICIDES

Un éclairage complémentaire :

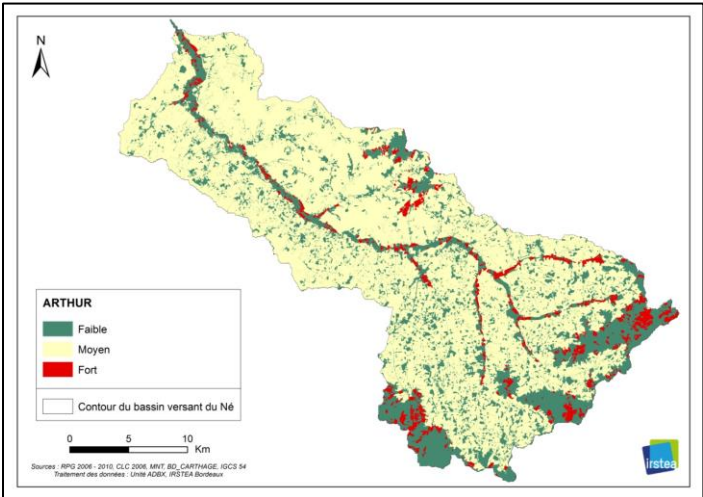
vers des indicateurs de risque potentiel de transfert

Indicateur composite :
Des résultats à
confirmer (sensibilité)

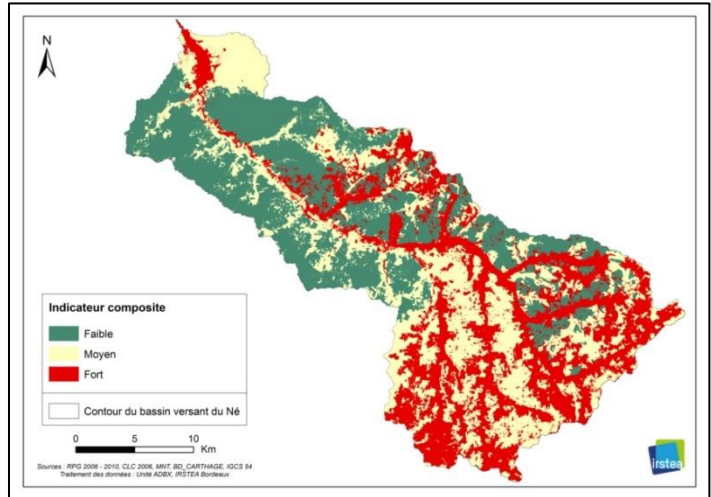


IFT Hors Herbicide

ARTHUR



Indicateur composite



Combinaison de la pression et de la vulnérabilité du milieu pour un meilleur ciblage des actions

Résultats de l'évaluation des scénarios par les indicateurs à l'échelle du bassin versant

| | IFT | | | PREMA | | | | | | | | | |
|------------|-----------|----------------|--------|------------|----------------|-------------|-------------|-----------|----------|-------------|-----------|---------------------|--------------|
| | Herbicide | Hors Herbicide | Azote | Glyphosate | S-metolachlore | Acetochlore | Isoproturon | Mancozebe | 2-4-MCPA | Metaldehyde | Aclonifen | Chlorpyriphos-ethyl | Tebuconazole |
| S0 | 1,27 | 9,04 | 86,55 | 460,55 | 126,99 | 127,06 | 125,57 | 1548,48 | 31,64 | 47,07 | 240,77 | 130,38 | 52,14 |
| S9 | 41,89 | 20,08 | -0,12 | 120,56 | 39,89 | 0,04 | 12,82 | 0,00 | 0,00 | 69,58 | -86,80 | 0,00 | 100,00 |
| S1A | -6,40 | -4,83 | -3,32 | -7,32 | 0,85 | -23,39 | -9,57 | 0,00 | -2,40 | -16,63 | -11,47 | -15,19 | 15,19 |
| S2 | -44,36 | -31,93 | -27,09 | -51,09 | -5,92 | Absence | Absence | 0,00 | -41,72 | Absence | -84,08 | -99,97 | 100,00 |
| S3A | -3,98 | -10,37 | -3,52 | -10,49 | -0,04 | 0,01 | 0,02 | -11,70 | 0,03 | -0,01 | -0,03 | -11,69 | -11,70 |
| S3B | -47,11 | -39,24 | -29,48 | -56,82 | -5,96 | Absence | Absence | -11,70 | -41,44 | Absence | -84,09 | -99,97 | 76,60 |
| S4 | -14,54 | -2,30 | -15,24 | -1,77 | -17,10 | -39,18 | -14,61 | 0,00 | -9,74 | -27,08 | -20,99 | -0,01 | 0,00 |

| échelle du BV | scénarios pour réduction IFT | Herbicide | Hors herbicide |
|-----------------------------|------------------------------|-------------|----------------|
| Efficace | S3B | -47% | -39% |
| | S2 | -44% | -32% |
| Moyennement efficace | S4 | -15% | -2% |
| | S3A | -4% | -10% |
| | S1A | -6% | -5% |
| Peu efficace | S9 | 42% | 20% |

| | Description |
|------------|---|
| S0 | Scénario initial 100% bassin |
| S9 | Pratiques intensives 100% du bassin |
| S2 | MAET GC et V 100% bassin |
| S1A | 75% de la SAU en S0 25% en S2 |
| S3A | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S0 GC en S0 |
| S3B | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S2 GC en S2 |
| S4 | 100% GC en prairies MAET à moins de 20m des cours d'eau le reste en S0 |

Conclusion sur la partie pratiques/indicateurs

- Description des milieux et pratiques qui permet de tester différentes hypothèses d'évolution de manière « automatisée » - partageable entre différents acteurs – évolutif
- Possibilité de discriminer les scénarios avec les indicateurs (cf. résultats sur le BV du Né) et avec la méthode développée d'en simuler de plus nombreux, de mieux adaptés
- Efficacité du scénario = augmentation ou diminution de l'indicateur par rapport





Introduction de la présentation suivante

- Les indicateurs permettent d' évaluer une pression ou un risque potentiel, pour autant qu'en est il des transferts vers les cours d'eau ?
- Un premier classement des scénarios en terme d'efficacité environnementale (indicateurs) a pu être réalisé avec des différences significatives
- mais d'autres éléments interviennent pour la réalité du transfert :
- les conditions météo, les mécanismes physico-chimiques à l'échelle des bassins versants, la dégradation des molécules....
- D'où l'intérêt de la mobilisation hydrologique



merci de votre attention

merciements :

aux financeurs

aux partenaires du projet,

tous les participants





Évaluer l'efficacité environnementale par modélisation agro-hydrologique à l'échelle de bassin versant

Séminaire de restitution – 12 et 13 Juin 2014



*Odile Leccia – Jean-Marie Lescot - Charlotte Scordia –
Karen Tinland – Françoise Vernier*



Pourquoi la modélisation ?

“On devrait tout rendre aussi simple que possible, mais pas plus. Les lois de la physique ne m’intéressent pas si elles ne peuvent être expliquées simplement”

Albert Einstein



PESTICIDES

I – Objectifs et méthodologie générale de modélisation

II – Présentation et justification du choix du modèle

III - Application au bassin versant du Né

IV – Résultats : zoom sur le Glyphosate

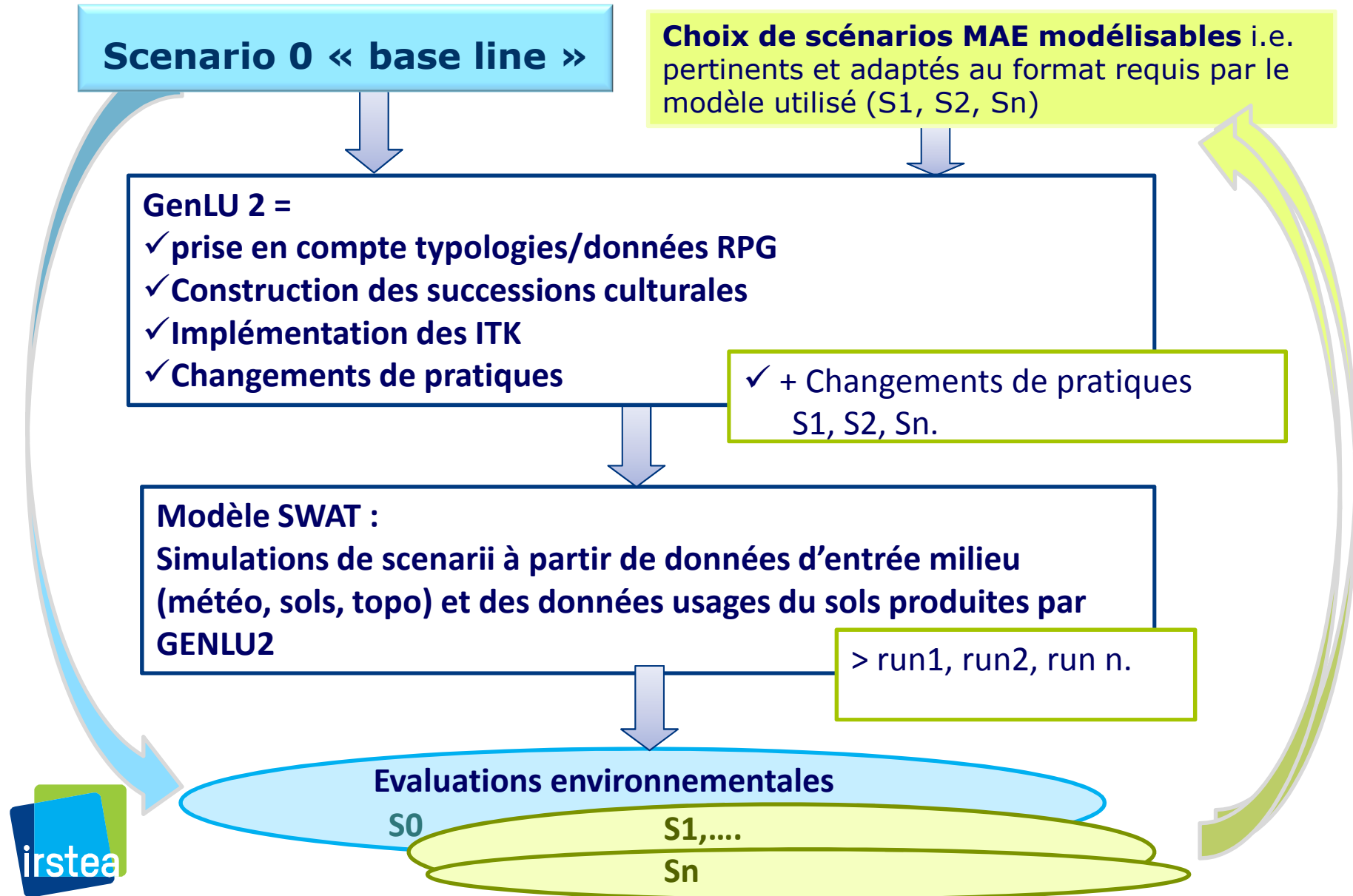
V – Conclusions, perspectives et commentaires



PESTICIDES

Partie I

Objectifs et méthodologie





PESTICIDES

Partie II

II – Présentation et justification du choix du modèle



Le modèle Soil & Water Assessment Tool (SWAT)

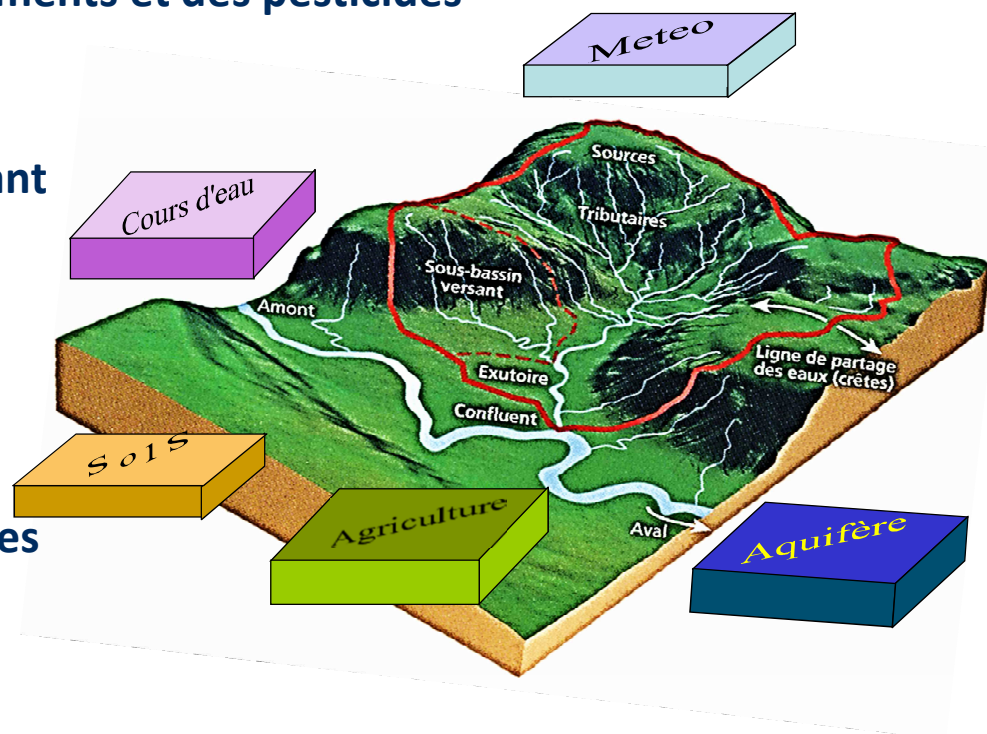
PESTICIDES

Le modèle de bassin versant déterministe semi distribué SWAT a été développé dans les années 1980 par le département recherche du ministère de l'agriculture états-unien afin de simuler les principaux processus suivants :

- L'hydrologie – Bilan de l'eau
- Erosion - Sédimentation
- La croissance des plantes
- Le transport et le devenir des nutriments et des pesticides
- Le bilan carbone
- Les contaminants pathogènes
- Le transport des flux d'eau provenant de retenues et de réservoirs.

Ces processus sont :

- Interconnectés (*influence des processus entre eux*)
- Impactés par les pratiques agricoles
- Sensibles à l'effet d'échelle



Principaux atouts & inconvénients :

- Prend en compte des mécanismes d'épuration
- Prend en compte de la variabilité interannuelle
- Capacité de simuler des scénarios « spatialisés »
- Optimisé pour une utilisation sur des bassins versants hétérogènes non monitorés (Di Luzio *et al*, 2002)

- Nombreux paramètres et calage délicat
- Une attention particulière à apporter au bilan hydrique et échange nappe rivière
- Ne route qu'une seule matière active par simulation et dix par scénario



Partie hydrologique du modèle

Cycle de l'eau en utilisant des compartiments

Bilan hydrique :

$$SW_t = SW + \sum_{t=1}^t (R_i - Q_i - Et_i - P_i - Qr_i)$$

SW_t : contenu final en eau du sol

SW : eau disponible pour les plantes (contenu initial – point de flétrissement)

R_i précipitation (mm)

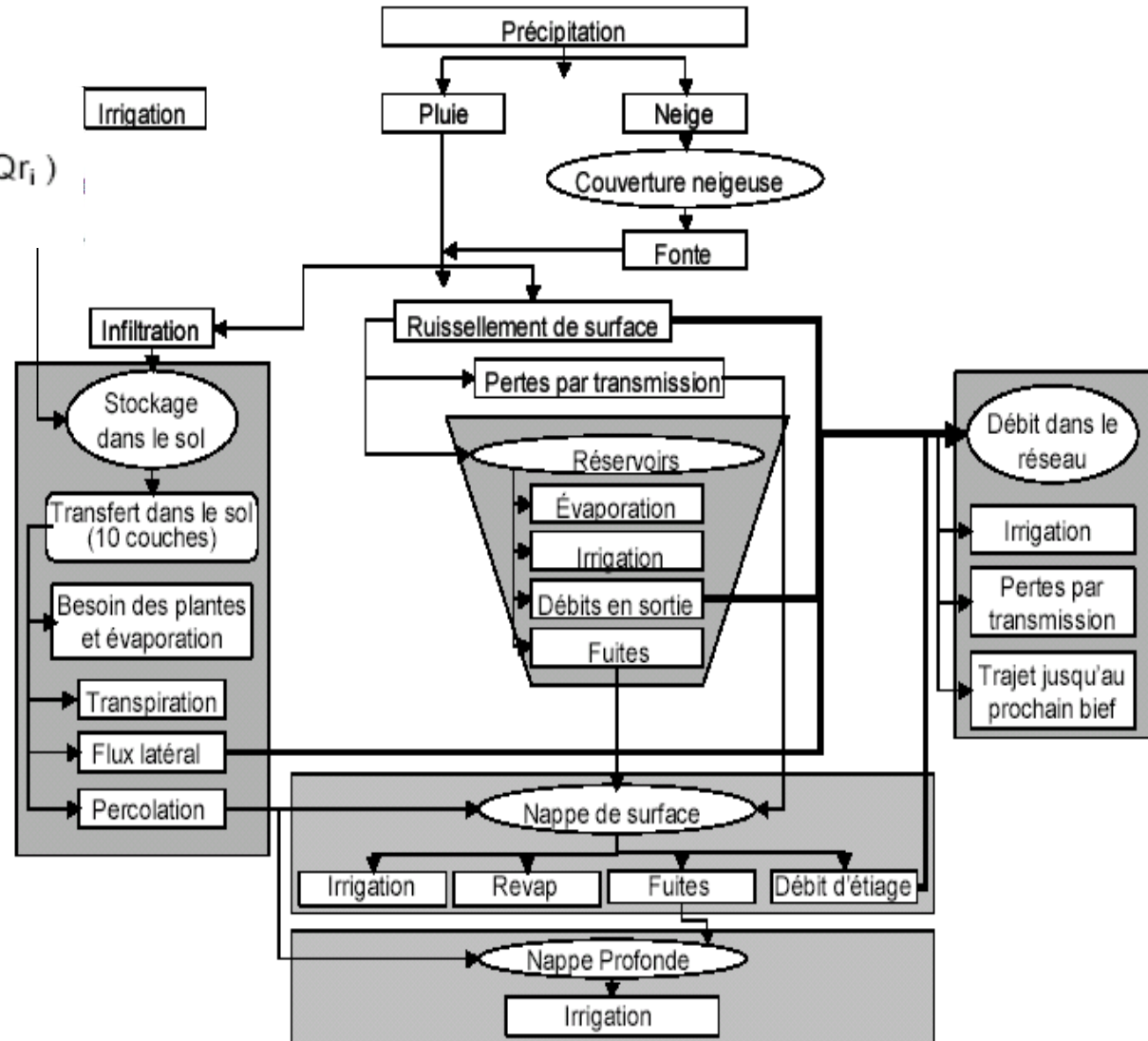
Q_i : ruissellement de surface

Et_i : évapotranspiration

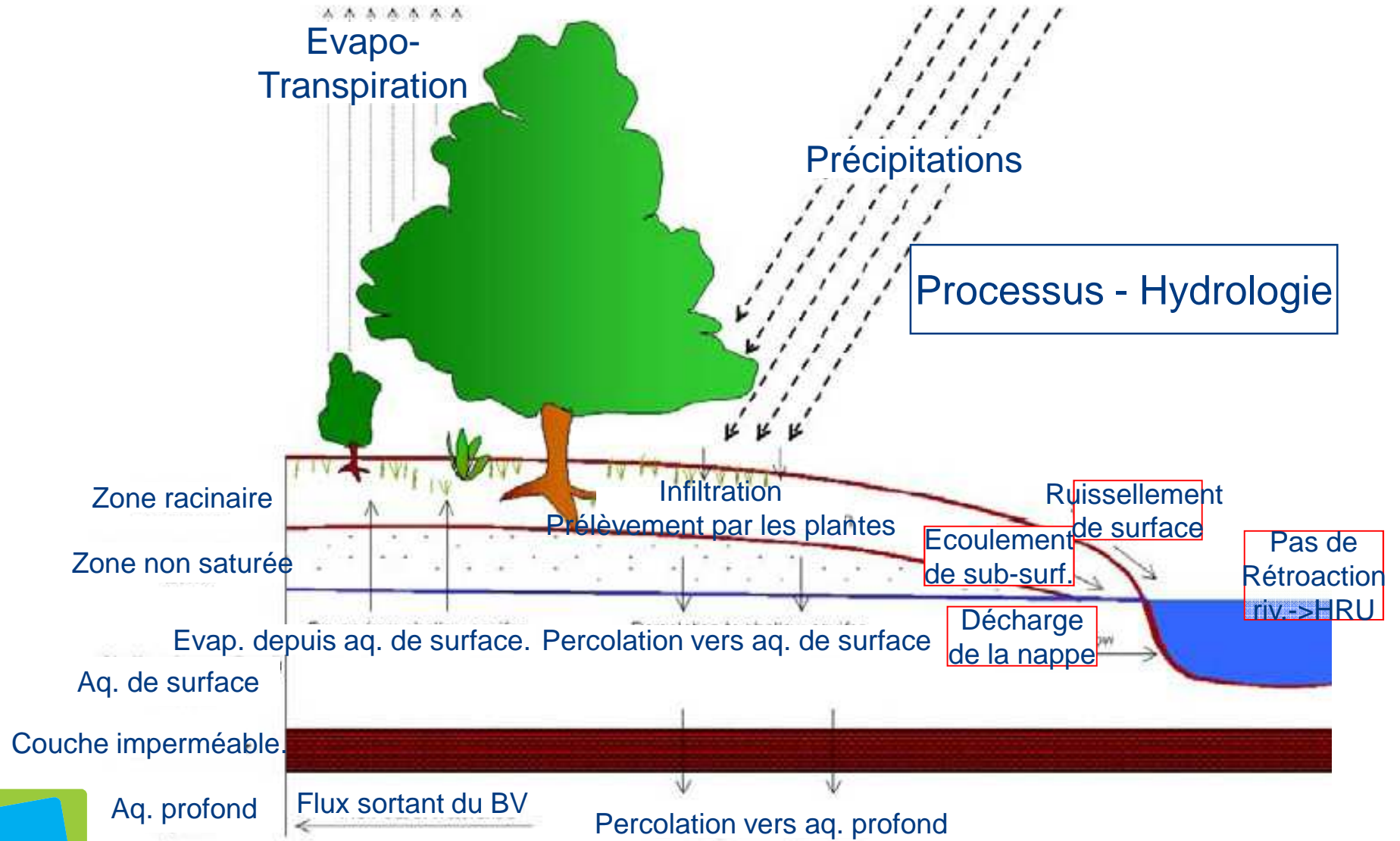
P_i : percolation

Q_{r_i} : débit

t : durée en jours



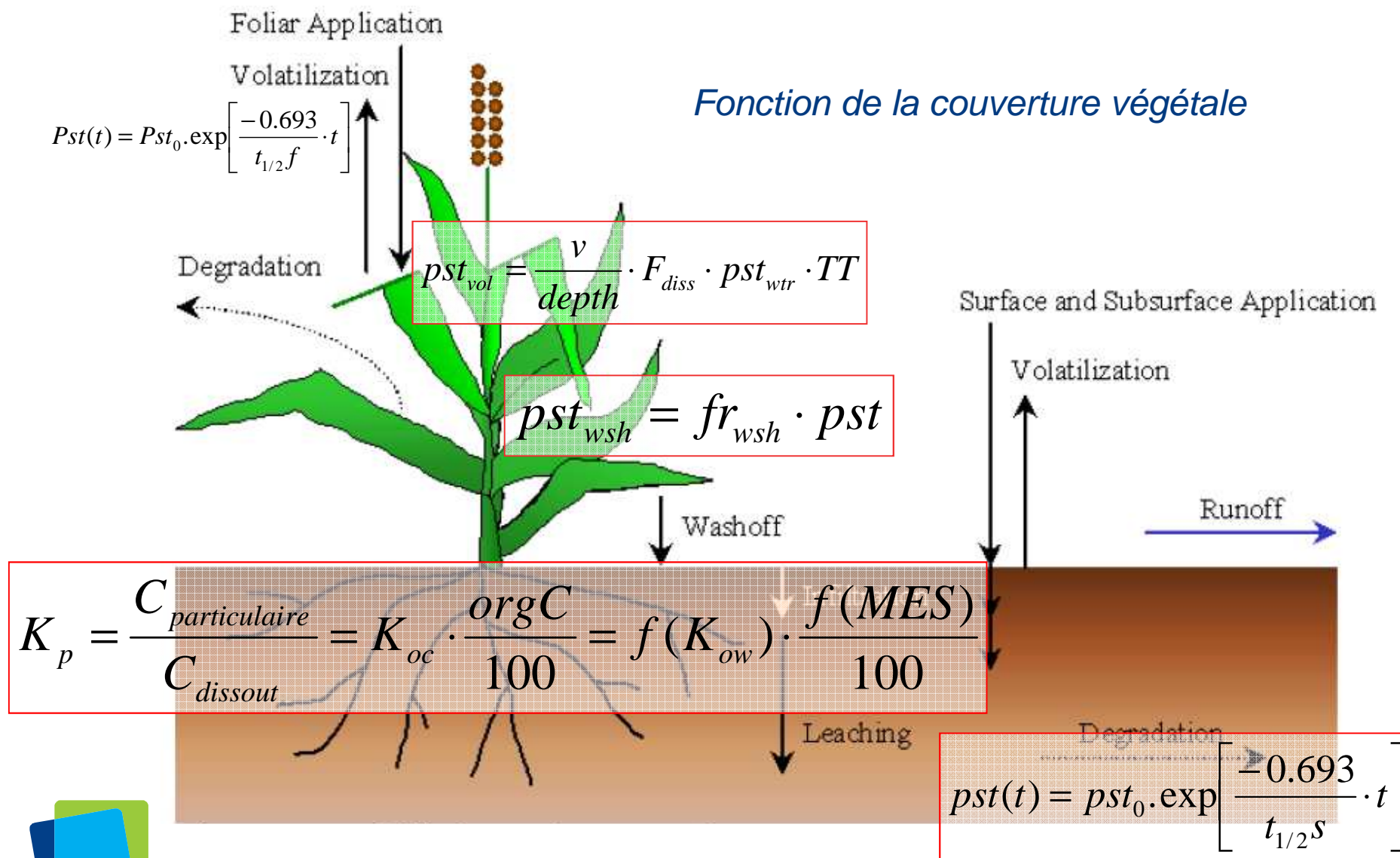
Cycle de l'eau modélisé





PESTICIDES

Calculs du transfert et du devenir des pesticides en phase sol





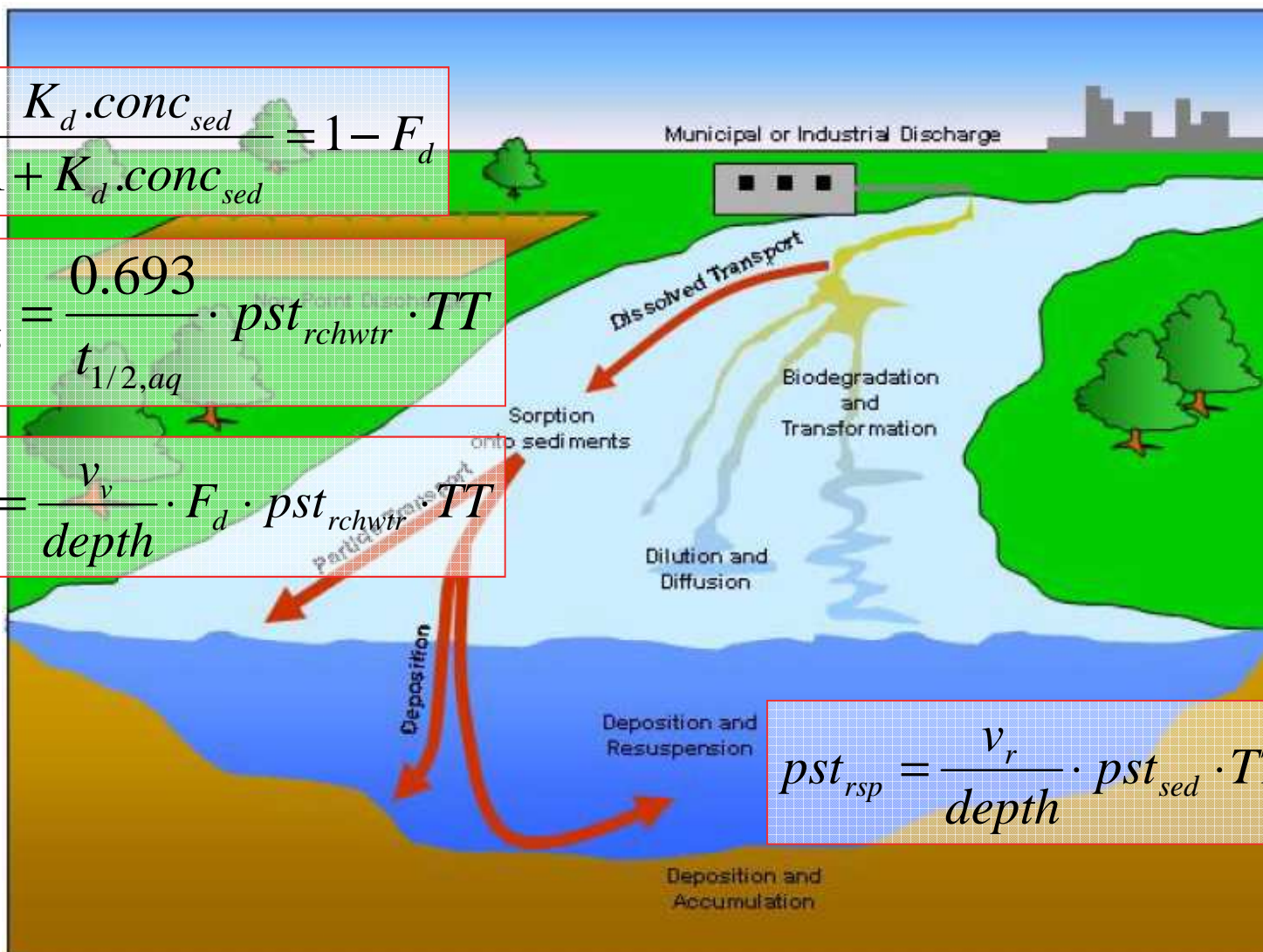
Calculs « in-stream » du transfert et du devenir des pesticides

$$F_p = \frac{K_d \cdot \text{conc}_{sed}}{1 + K_d \cdot \text{conc}_{sed}} = 1 - F_d$$

$$pst_{deg} = \frac{0.693}{t_{1/2,aq}} \cdot pst_{rchwtr} \cdot TT$$

$$pst_{vol} = \frac{v_v}{depth} \cdot F_d \cdot pst_{rchwtr} \cdot TT$$

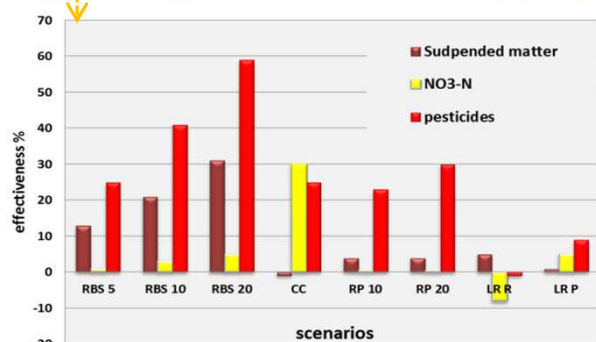
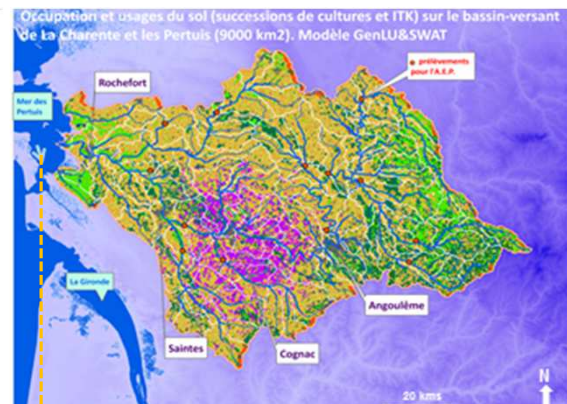
$$pst_{rsp} = \frac{v_r}{depth} \cdot pst_{sed} \cdot TT$$





PESTICIDES

Apports des projets précédents avec SWAT (Irstea)



RBS : bandes végétalisées de différentes largeurs (5, 10, 20 mètres le long du réseau hydrographique principal, sauf si déjà occupé par des prairies...)

RP : réduction de l'utilisation des pesticides sur les zones cultivées et urbaines 10 % et 20 %

LR : introduction de cultures supplémentaires dans la rotation.

LR R : introduction du colza. LR P : introduction du pois protéagineux.

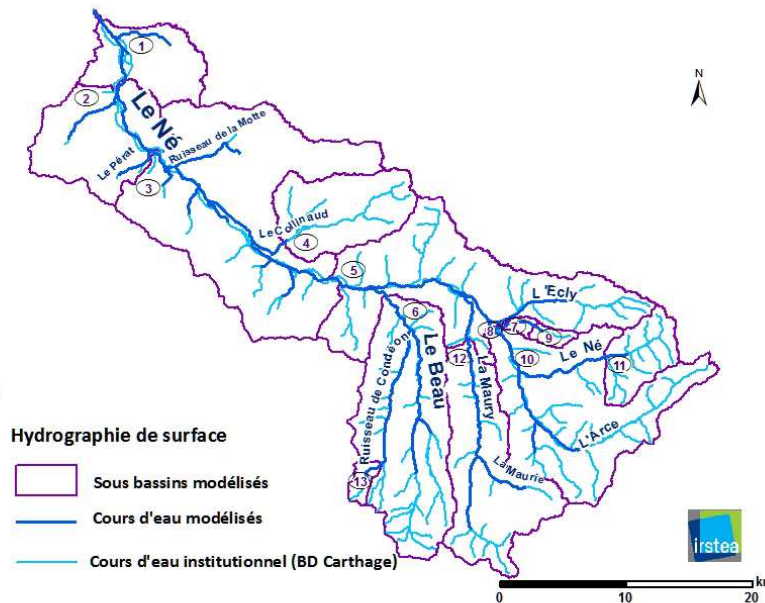
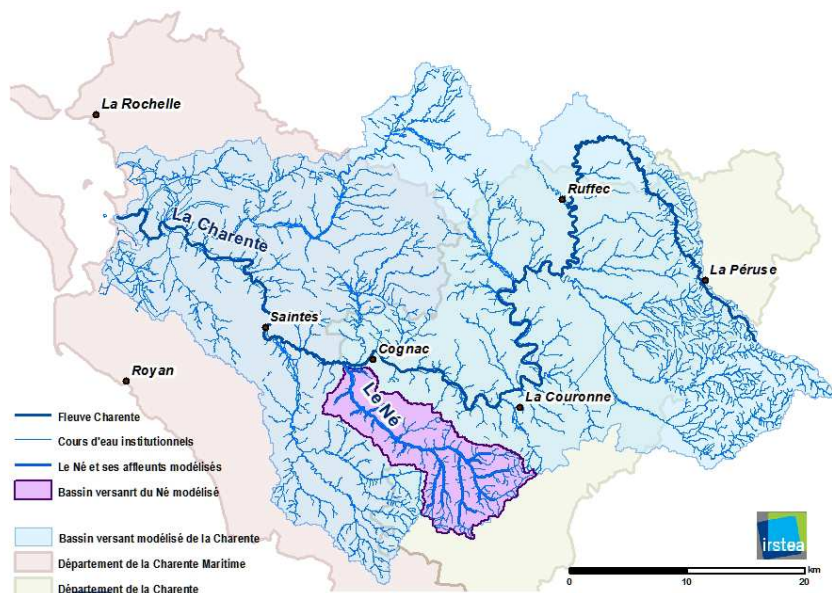
CC : cultures « piège » nitrate (CIPAN) entre les cultures annuelles d'hiver et celles de printemps (Ex courants : entre blé/orge et maïs ; entre blé/orge et tournesol...)

- Calage sur une grande partie du bassin de la Charente mais avec paramètres simplifiés (Spicosa).
- Développement de la méthode permettant d'intégrer la typologie des systèmes et pratiques agricoles (Eccoter) – modèle GENLU2.
- Adaptation des paramètres « cultures »
- Calage correct sur le BV du Né malgré un manque de données observées fiables.



Partie III

III - Application au bassin versant du Né





PESTICIDES

La maille de calcul du modèle semi distribué SWAT : la HRU

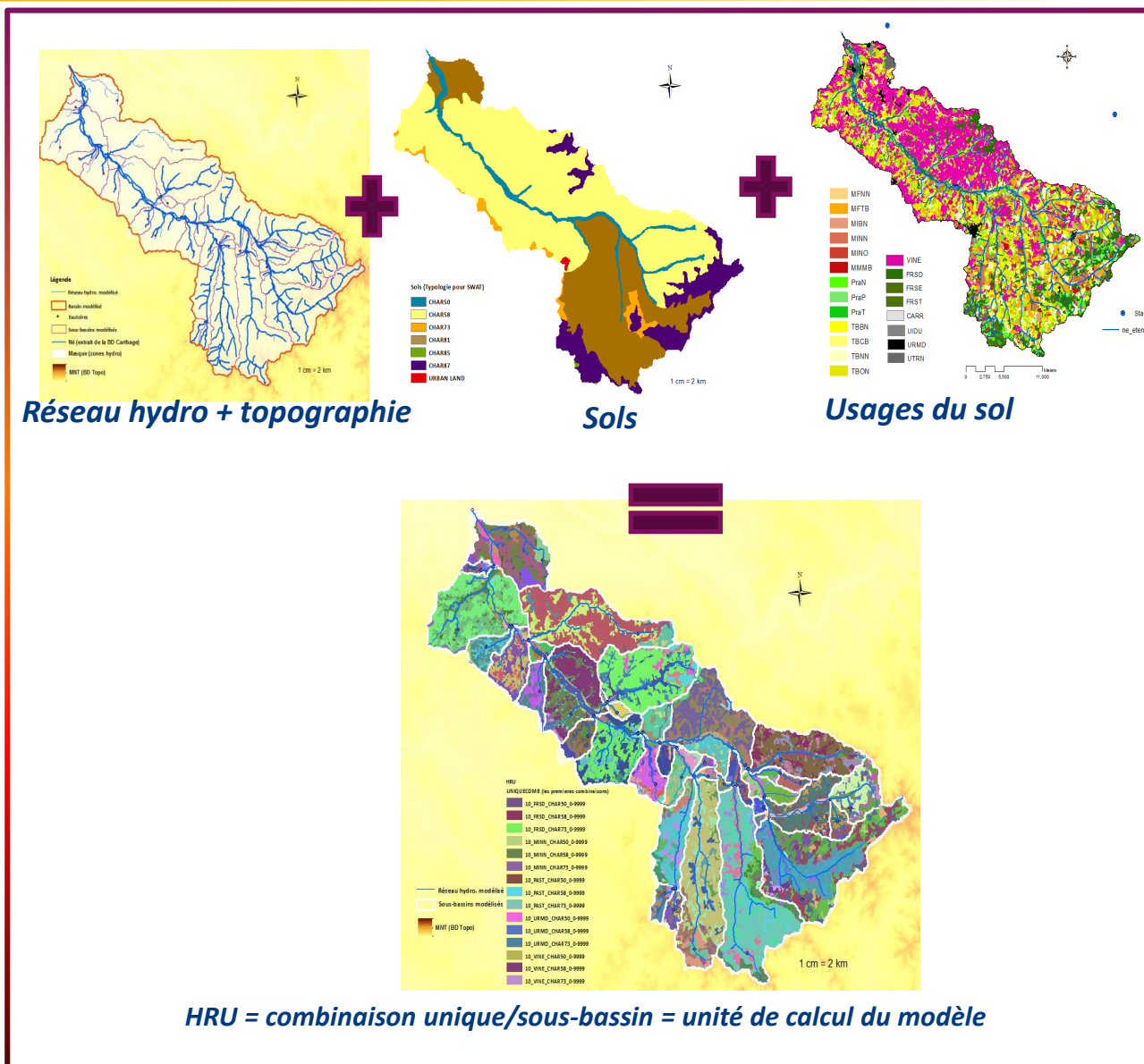
✓ **Spatialisation des processus** via des unités à réponse hydrologique unique (HRU)

✓ Concentrations/flux en pesticides :

-> calcul à la HRU

-> bilan au sous-bassin

✓ Développement d'une macro GENLU2 pour intégrer l'approche par type de sol/rotation/culture et des scénarios spatialisés





PESTICIDES

Pour le scénario de référence S0

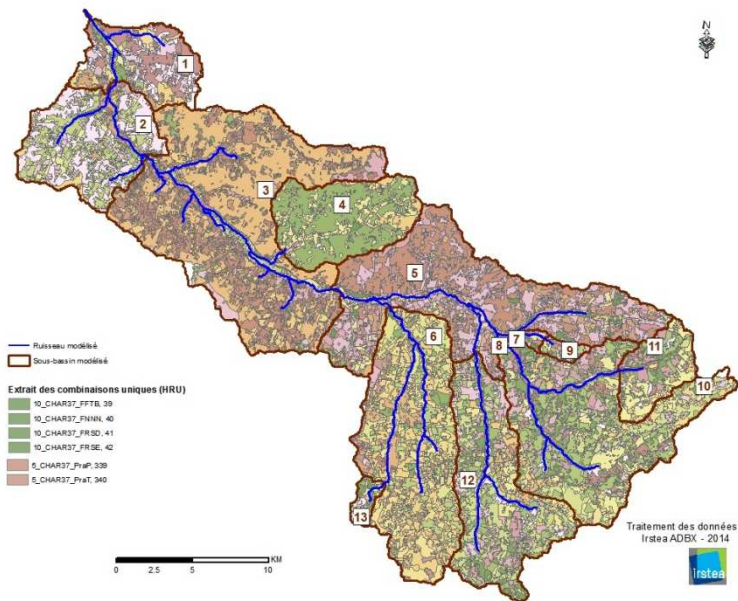
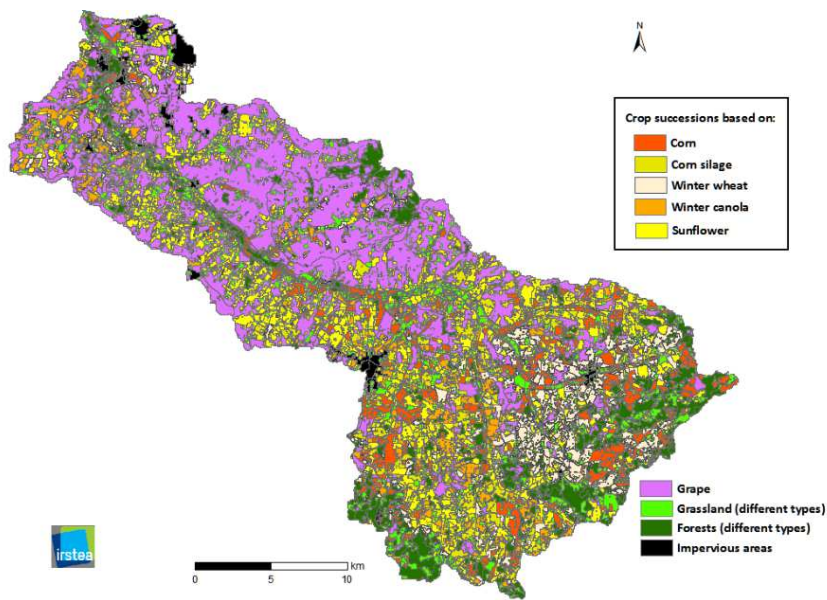
Traduction des scénarios de systèmes et pratiques

| Soils | Rotations-types non irriguées | Rotations-types irriguées |
|--|---|--------------------------------|
| Grands superficiels | colza - BMT | maïsG - maïsG - maïsG |
| | colza - BMT - tournesol - BMT | maïsG - maïsG - maïsG - BMT |
| | tournesol - BMT - Orge four | |
| | tournesol - BMT - tournesol - BMT | |
| Grands moyennes à profondes | tournesol - BMT - tournesol - BMT | maïsG - maïsG - maïsG |
| | tournesol - BMT - colza - BMT | maïsG - maïsG - BMT |
| | colza - BMT - orges - tournesol - BMT - orges | |
| | tournesol - BMT - BMT | |
| Grands moyennes | Vignes | maïs G - maïs G - maïs G - BMT |
| | colza - BMT - orges - tournesol - BMT - orges | maïsG - maïsG - maïsG |
| | tournesol - BMT - BMT | maïs G - tournesol - BMT - BMT |
| | colza - BMT - tournesol - BMT | maïs G - BMT - maïs G - BMT |
| Sols battants des plateaux brunois = "obscurs brunois" = "obscurs argiles" = "limons argileux hydromorphes" | Prairie perm. | maïsG - maïsG - maïsG |
| | tournesol - BMT - tournesol - BMT | maïsG - BMT - maïs G - BMT |
| | Prairie temp. (4 ans) - BMT | maïsG - maïsG - maïsG - BMT |
| | tournesol - BMT - colza - BMT | |
| Terres de champagnes superficielles | Vignes | maïsG - maïsG - maïsG - Orges |
| | tournesol - BMT - tournesol - BMT | maïsG - maïsG - maïsG - BMT |
| | tournesol - BMT - orges P | maïsG - maïsG - maïsG |
| | maïs - maïs - tournesol - BMT | maïsG - BMT - maïsG - BMT |
| Terres de champagnes moyennes à profondes | maïs - maïs - tournesol - BMT | maïsG - BMT - maïsG - BMT |
| | maïs - maïs - maïs - BMT | |
| | maïs - maïs - maïs - BMT | |
| | maïs - maïs - maïs - BMT | |
| Vallées et marais Terres | Prairie | maïsG - maïsG - maïsG |
| | maïs four - maïs four | maïsG - BMT - maïs G - BMT |
| | Prairie temp (4 ans) - maïs four | maïsG - maïsG - maïsG |
| | Prairie temp (4 ans) - BMT | maïsG - maïsG - maïsG |
| Collines et plateaux des massifs anciens | Forêt | maïsG - maïsG - maïsG |
| | Vignes | maïsG - maïsG - maïsG - BMT |
| | Prairie | |
| | maïsG - maïsG - maïsG - BMT | |
| Douvins sablon | Vignes | maïsG - maïsG - maïsG - BMT |
| | maïsG - maïsG - maïsG - BMT | |
| | Prairie temp. (4 ans) - BMT | |
| | Prairie temp. (4 ans) - BMT | |



Fichier pratiques - scénario X

Affectation des rotations et pratiques à la HRU



Traitement des données : Irstea ADBX - 2014

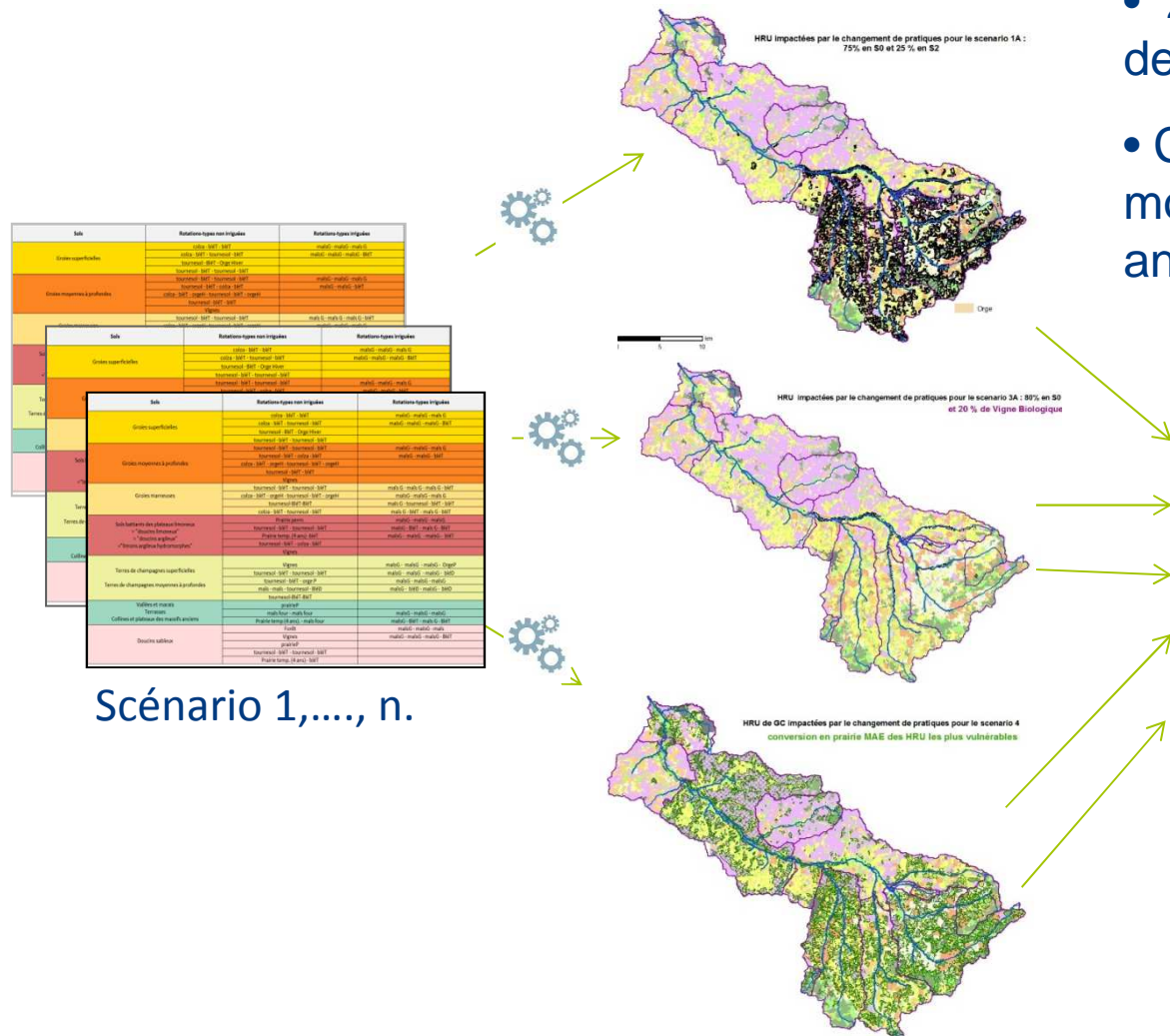




PESTICIDES

Evaluation environnementale des trajectoires d'évolution

- 27 années de simulation au pas de temps journalier
- Calculs des concentrations moyennes sur les 10 dernières années de simulation (2002 – 2011)



Scénario 1, ..., n.

| Scénario | Glyphosate | 2-4-MCPA | Acetochlore | Aclonifene | Chlorpyrifos ethyle | Isoproturon | Mancozebe | Metaldehyde | Tebucnazole |
|----------|------------|----------|-------------|------------|---------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|
| S0 | 0.10 | 0.02 | 0.81 | 0.53 | 0.02 | 1.37 | 0.15 | 1.37 | 0.02 |
| S2 | 0.08 | 0.00 | Absence | 0.08 | 0.00 | Absence | 0.08 | Absence | 0.04 |
| S9 | 0.64 | 0.02 | 0.68 | 0.03 | 0.01 | 2.75 | 0.14 | 3.66 | 0.05 |
| S1A | 0.08 | 0.01 | 0.79 | 0.48 | 0.02 | 1.23 | 0.13 | 1.23 | 0.02 |
| S3A | 0.11 | 0.02 | 0.81 | 0.52 | 0.01 | 1.37 | 0.13 | 1.33 | 0.01 |
| S3B | 0.05 | Absence | Absence | 0.08 | 0.00 | Absence | 0.13 | 0.21 | 0.01 |
| S4 | 0.10 | 0.02 | 0.81 | 0.50 | 0.02 | 1.33 | 0.13 | 1.23 | 0.02 |
| S4VFS | 0.10 | 0.02 | 0.81 | 0.49 | 0.02 | 1.33 | 0.15 | 1.23 | 0.02 |

Spatialisation des successions culturales et des pratiques associées.

Efficacité du scénario

- Pour chaque molécule
- Par rapport au scénario de référence
- A l'échelle du sous-bassin
- A l'échelle du bassin

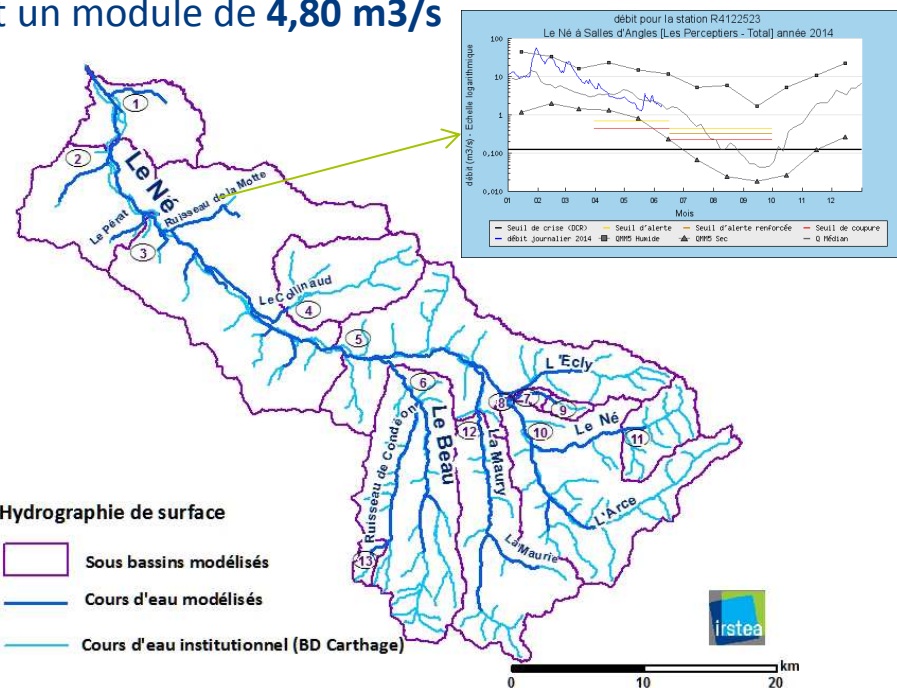


Le bassin versant du Né : hydrographie

- Les **18 affluents** référencés dont 17 par le Sandre drainent un impluvium de 700 km².
- La rivière Né, longue de 66 km, a plusieurs stations hydrométriques sur son cours mais un seul point de localisation la commune de Salles d'Angles et peu de chroniques de débits journaliers continues « validées bonnes » :
 - La station **R4122520** (1969-1999), à l'altitude 30 mètres pour un bassin versant de 602 km² et un module de **5,26 m³/s**.
 - La station **R4122523** (1994-2011), les Perceptiers (total), à 20 mètres d'altitude pour un bassin versant de 602 km² et un module de **4,80 m³/s**

- Le Né coule globalement du sud-est vers le nord-ouest en traversant l'ouest de la Charente

Sa **pente est faible** et les zones inondables formaient des marais envisageables de réinstaller comme zone tampon des inondations.





Le bassin versant du Né : qualité des eaux

Eau superficielle :

Paramètres non problématiques

- particules en suspension
- température
- minéralisation
- acidification



Bonne qualité



Très bonne qualité

Paramètres problématiques

- pesticides
- matières organiques et oxydables
- matières azotées
- nitrates
- matières phosphorées
- micro-organisme



Passable à mauvaise qualité

Eau souterraine : Mauvaise qualité chimique

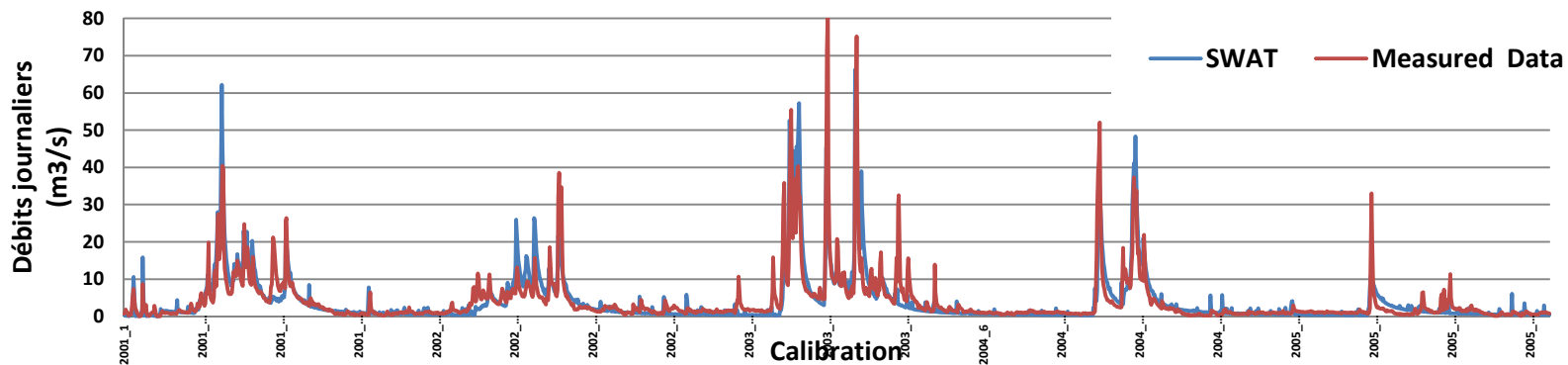
Milieu aquatique : Qualité hydrobiologique moyen à perturbée





PESTICIDES

Valeur prédictive du modèle après calage

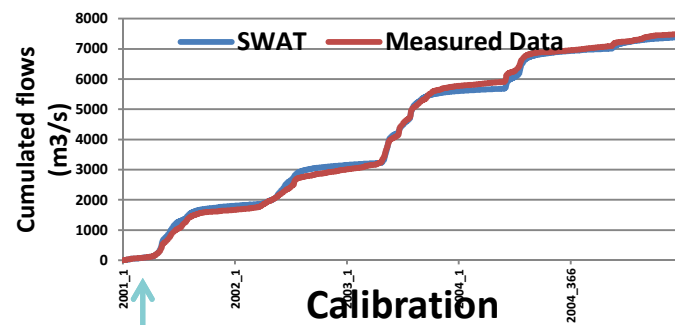


Calibration (2001 à 2005) à la station R4122522

R2 : 0.80
Nash-Sutcliffe : 0.75

Validation (2008 à 2010) à la station R4122522

R2 : 0.51
Nash-Sutcliffe : 0.97

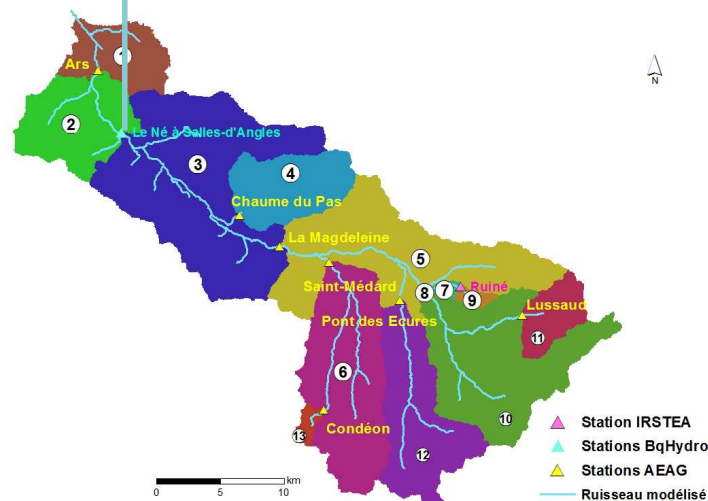


$$r^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (Q_{i,obs} - \bar{Q}_{obs})(Q_{i,sim} - \bar{Q}_{sim}) \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N (Q_{i,obs} - \bar{Q}_{obs})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^N (Q_{i,sim} - \bar{Q}_{sim})^2 \right]}$$

$$Nash - Sutcliffe = 1,0 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{i,obs} - Q_{i,sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{i,obs} - \bar{Q}_{obs})^2} = 1,0 - \frac{MSE}{\sigma_0^2} = 1,0 - \frac{(RMSE)^2}{\sigma_0^2}$$

avec:

- i: observation du jour i
- $Q_{i,obs}$: valeur journalière observée i (cm)
- $Q_{i,sim}$: valeur journalière simulée i (cm)
- $Q_{moyenobs}$: moyenne des valeurs journalières observées entre 1 et n (cm)
- MSE: erreur quadratique moyenne (mean square error)
- RMSE: racine de l'erreur quadratique moyenne (root mean squared error)
- σ_0^2 : variance de la donnée observée (variance of the observed data)





PESTICIDES

Confrontation aux données mesurées

| Glyphosate | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Années | SBV-1 | SBV-2 | Ars | SBV-3 | SBV-4 | Chaume | SBV-5 | Magdele | SBV-6 | St-Méda | SBV-7 | SBV-8 | SBV-9 | SBV-10 | SBV-11 | Lussaud | SBV-12 | Pont_Ec | SBV-13 | Bassin |
| 2006 | 0.009 | 0.010 | 0.050 | 0.012 | 0.004 | | 0.006 | 0.050 | 0.011 | | 0.002 | 0.002 | 0.004 | 0.020 | 0.000 | | 0.003 | | 0.000 | 0.006 |
| 2007 | 0.011 | 0.013 | 0.050 | 0.016 | 0.001 | | 0.022 | 0.050 | 0.032 | | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.020 | 0.035 | | 0.059 | | 0.000 | 0.016 |
| 2008 | 0.028 | 0.035 | 0.110 | 0.045 | 0.001 | | 0.064 | 0.150 | 0.007 | | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.001 | | 0.001 | | 0.017 | 0.016 |
| 2009 | 0.043 | 0.053 | 0.272 | 0.068 | 0.001 | 0.050 | 0.109 | 0.150 | 0.485 | 0.083 | 0.014 | 0.001 | 0.117 | 0.033 | 0.041 | 0.140 | 0.421 | 0.468 | 0.000 | 0.107 |
| 2010 | 0.025 | 0.032 | 0.100 | 0.045 | 0.004 | 0.100 | 0.140 | 0.100 | 0.269 | 0.680 | 0.116 | 0.067 | 0.190 | 0.150 | 0.358 | 0.100 | 0.005 | 0.100 | 0.000 | 0.108 |
| 2011 | 0.008 | 0.011 | 0.050 | 0.016 | 0.001 | 0.050 | 0.010 | 0.058 | 0.015 | 0.138 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.027 | 0.025 | 0.050 | 0.004 | 0.050 | 0.000 | 0.009 |
| SBV | 0.021 | 0.026 | 0.106 | 0.034 | 0.002 | 0.059 | 0.058 | 0.092 | 0.137 | 0.216 | 0.022 | 0.012 | 0.052 | 0.042 | 0.077 | 0.092 | 0.082 | 0.241 | 0.003 | 0.044 |

| Mancozebe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Années | SBV-1 | SBV-2 | Ars | SBV-3 | SBV-4 | Chaume | SBV-5 | Magdele | SBV-6 | St-Méda | SBV-7 | SBV-8 | SBV-9 | SBV-10 | SBV-11 | Lussaud | SBV-12 | Pont_Ec | SBV-13 | Bassin |
| 2006 | 0.097 | 0.114 | 0.100 | 0.130 | 0.167 | | 0.135 | 0.100 | 0.141 | | 0.311 | 0.150 | 0.497 | 0.219 | 0.022 | | 0.048 | | 0.007 | 0.157 |
| 2007 | 0.259 | 0.315 | 0.100 | 0.356 | 2.456 | | 0.225 | 0.100 | 0.242 | | 0.143 | 0.046 | 0.089 | 0.172 | 0.032 | | 0.077 | | 0.001 | 0.340 |
| 2008 | 0.108 | 0.130 | 0.050 | 0.160 | 0.143 | | 0.242 | 0.050 | 0.078 | | 0.314 | 0.205 | 0.455 | 0.140 | 0.031 | | 0.087 | | 0.006 | 0.161 |
| 2009 | 0.087 | 0.101 | 0.050 | 0.116 | 0.065 | 0.050 | 0.128 | 0.050 | 0.263 | 0.050 | 0.159 | 0.068 | 0.252 | 0.145 | 0.022 | 0.050 | 0.051 | 0.050 | 0.001 | 0.112 |
| 2010 | 0.263 | 0.313 | 1.500 | 0.374 | 0.349 | 0.200 | 0.398 | 1.500 | 0.467 | 0.200 | 0.700 | 0.176 | 0.754 | 0.254 | 0.046 | 0.200 | 0.123 | 0.200 | 0.002 | 0.325 |
| 2011 | 0.041 | 0.059 | 0.143 | 0.079 | 0.062 | 0.080 | 0.050 | 0.143 | 0.070 | 0.080 | 0.106 | 0.055 | 0.142 | 0.077 | 0.006 | 0.080 | 0.018 | 0.080 | 0.002 | 0.059 |
| SBV | 0.476 | 0.564 | 0.564 | 0.652 | 1.267 | 0.110 | 0.622 | 0.564 | 3.501 | 0.110 | 0.471 | 0.250 | 0.588 | 0.448 | 0.081 | 0.110 | 0.434 | 0.110 | 0.011 | 0.720 |

| S-Métolachlore / Métolachlore | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|--------|
| Années | 1 | 2 | Ars | 3 | 4 | Chaume | 5 | Magdele | 6 | St-Méda | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | Lussaud | 12 | Pont_Ec | 13 | Condéor | Bassin |
| 2006 | 0.000 | 0.000 | 0.027 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.027 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2007 | 0.033 | 0.041 | 0.021 | 0.047 | 0.057 | | 0.066 | 0.023 | 0.095 | 0.021 | 0.064 | 0.008 | 0.000 | 0.099 | 0.139 | 0.102 | 0.121 | | 0.000 | 0.020 | 0.059 |
| 2008 | 0.347 | 0.471 | 0.031 | 0.605 | 0.000 | | 0.670 | 0.048 | 0.007 | | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.001 | 0.005 | | 0.001 | | 0.189 | | 0.177 |
| 2009 | 0.010 | 0.012 | 1.482 | 0.014 | 0.004 | 1.340 | 0.018 | 0.154 | 0.004 | 0.120 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.056 | 0.090 | 1.093 | 0.015 | 3.525 | 0.000 | | 0.017 |
| 2010 | 0.030 | 0.035 | 0.020 | 0.041 | 0.006 | 0.020 | 0.049 | 0.020 | 0.088 | 0.020 | 0.128 | 0.026 | 0.027 | 0.057 | 0.085 | 0.086 | 0.111 | 0.020 | 0.000 | | 0.053 |
| 2011 | 0.002 | 0.002 | 0.020 | 0.005 | 0.001 | 0.020 | 0.008 | 0.028 | 0.000 | 0.021 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.014 | 0.026 | 0.067 | 0.003 | 0.020 | 0.000 | | 0.005 |
| SBV | 0.070 | 0.094 | 0.294 | 0.119 | 0.011 | 0.500 | 0.135 | 0.047 | 0.033 | 0.038 | 0.032 | 0.006 | 0.005 | 0.038 | 0.058 | 0.265 | 0.042 | 1.578 | 0.032 | 0.020 | 0.052 |



PESTICIDES

Confrontation aux données mesurées (ste1)

| Tébuconazole | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Années | SBV-1 | SBV-2 | Ars | SBV-3 | SBV-4 | Chaume | SBV-5 | Magdele | SBV-6 | St-Méda | SBV-7 | SBV-8 | SBV-9 | SBV-10 | SBV-11 | Lussaud | SBV-12 | Pont_Ec | SBV-13 | Bassin |
| 2006 | 0 | 0 | 0.02 | 0 | 0 | | 0 | 0.02 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| 2007 | 0.033 | 0.041 | 0.05 | 0.047 | 0.057 | | 0.066 | 0.05 | 0.095 | | 0.064 | 0.008 | 0 | 0.099 | 0.139 | | 0.121 | | 0 | 0.059 |
| 2008 | 0.347 | 0.471 | 0.012 | 0.605 | 0 | | 0.67 | 0.01 | 0.007 | | 0 | 0.003 | 0 | 0.001 | 0.005 | | 0.001 | | 0.189 | 0.177 |
| 2009 | 0.01 | 0.012 | 0.014 | 0.014 | 0.004 | 0.01 | 0.018 | 0.018 | 0.004 | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0.056 | 0.09 | 0.02 | 0.015 | 0.02 | 0 | 0.017 |
| 2010 | 0.03 | 0.035 | 0.02 | 0.041 | 0.006 | 0.02 | 0.049 | 0.02 | 0.088 | 0.02 | 0.128 | 0.026 | 0.027 | 0.057 | 0.085 | 0.02 | 0.111 | 0.02 | 0 | 0.053 |
| 2011 | 0.001 | 0.002 | 0.02 | 0.005 | 0.001 | 0.02 | 0.008 | 0.02 | 0 | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0.014 | 0.026 | 0.02 | 0.003 | 0.02 | 0 | 0.005 |
| SBV | 0.07 | 0.093 | 0.023 | 0.119 | 0.011 | 0.016 | 0.135 | 0.023 | 0.032 | 0.02 | 0.032 | 0.006 | 0.005 | 0.038 | 0.058 | 0.02 | 0.042 | 0.02 | 0.031 | 0.052 |

| Métaldéhyde | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Années | 1 | 2 | Ars | 3 | 4 | Chaume | 5 | Magdele | 6 | St-Méda | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | Lussaud | 12 | Pont_Ec | 13 | Bassin |
| Années | SBV-1 | SBV-2 | Ars | SBV-3 | SBV-4 | Chaume | SBV-5 | Magdele | SBV-6 | St-Méda | SBV-7 | SBV-8 | SBV-9 | SBV-10 | SBV-11 | Lussaud | SBV-12 | Pont_Ec | SBV-13 | Bassin |
| 2007 | 0.003 | 0.004 | 0.050 | 0.005 | 0.002 | | 0.028 | 0.050 | 0.044 | | 0.042 | 0.008 | 0.006 | 0.037 | 0.045 | | 0.045 | | 0.000 | 0.021 |
| 2008 | 0.060 | 0.071 | 0.830 | 0.085 | 0.015 | | 0.115 | 0.830 | 0.306 | | 0.008 | 0.006 | 0.002 | 0.009 | 0.016 | | 0.389 | | 0.001 | 0.083 |
| 2009 | 0.005 | 0.006 | 1.220 | 0.007 | 0.000 | 1.080 | 0.009 | 1.220 | 0.011 | 1.025 | 0.013 | 0.005 | 0.006 | 0.012 | 0.016 | 1.025 | 0.016 | 1.040 | 0.000 | 0.008 |
| 2010 | 0.003 | 0.004 | 0.500 | 0.005 | 0.002 | 0.500 | 0.006 | 0.500 | 0.005 | 0.500 | 0.013 | 0.008 | 0.006 | 0.005 | 0.008 | 0.500 | 0.016 | 0.500 | 0.000 | 0.006 |
| 2011 | 0.000 | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 0.000 |
| SBV | 0.012 | 0.014 | 1.004 | 0.017 | 0.004 | 1.303 | 0.026 | 1.004 | 0.061 | 1.267 | 0.013 | 0.005 | 0.003 | 0.010 | 0.014 | 1.267 | 0.078 | 1.332 | 0.000 | 0.020 |

| Isoproturon | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|--------|
| Années | 1 | 2 | Ars | 3 | 4 | Chaume | 5 | Magdele | 6 | St-Méda | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | Lussaud | 12 | Pont_Ec | 13 | Condéon | Bassin |
| 2006 | 0.258 | 0.281 | 0.01 | 0.336 | 0.082 | | 0.712 | 0.01 | 0.710 | | 0.691 | 0.481 | 0.490 | 0.959 | 0.580 | | 0.923 | | 0.017 | 0.502 | |
| 2007 | 0.431 | 0.504 | 0.01 | 0.619 | 0.283 | | 1.963 | 0.0115 | 2.833 | 0.0123 | 3.802 | 1.148 | 1.423 | 2.439 | 2.745 | 0.01 | 3.594 | | 0.037 | 0.01 | 1.678 |
| 2008 | 1.883 | 2.064 | 0.0122 | 2.289 | 0.664 | | 2.559 | 0.012 | 1.660 | | 2.115 | 1.566 | 2.988 | 3.299 | 2.124 | | 0.772 | | 0.166 | | 1.858 |
| 2009 | 1.421 | 1.570 | 0.012 | 1.757 | 0.172 | 0.01 | 1.916 | 0.0223 | 2.511 | 0.0181 | 1.382 | 0.892 | 1.265 | 1.759 | 0.878 | 0.0233 | 3.188 | 0.01 | 0.035 | 0.02 | 1.442 |
| 2010 | 0.309 | 0.343 | 0.02 | 0.381 | 0.622 | 0.02 | 0.425 | 0.02 | 0.487 | 0.02 | 0.628 | 0.417 | 0.408 | 0.369 | 0.519 | 0.02 | 0.684 | 0.02 | 0.008 | | 0.431 |
| 2011 | 0.767 | 0.887 | 0.02 | 1.028 | 0.100 | 0.02 | 1.272 | 0.02 | 1.649 | 0.02 | 3.146 | 1.625 | 2.640 | 1.531 | 1.520 | 0.02 | 1.641 | 0.02 | 0.049 | | 1.373 |
| SBV | 0.845 | 0.942 | 0.026 | 1.068 | 0.321 | 0.03 | 1.474 | 0.032 | 1.642 | 0.032 | 1.961 | 1.021 | 1.536 | 1.726 | 1.394 | 0.034 | 1.800 | 0.028 | 0.052 | 0.029 | 1.214 |

| Aclonifène | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Années | SBV-1 | SBV-2 | Ars | SBV-3 | SBV-4 | Chaume | SBV-5 | Magdele | SBV-6 | St-Méda | SBV-7 | SBV-8 | SBV-9 | SBV-10 | SBV-11 | Lussaud | SBV-12 | Pont_Ec | SBV-13 | Bassin |
| 2006 | 0.064 | 0.02 | 0.075 | 0.095 | 0.025 | | 0.146 | 0.02 | 0.039 | | 0.063 | 0.049 | 0.177 | 0.155 | 0.179 | | 0.154 | | 0.021 | 0.096 |
| 2007 | 0.044 | 0.02 | 0.052 | 0.062 | 0.023 | | 0.087 | 0.02 | 0.100 | | 0.036 | 0.024 | 0.041 | 0.125 | 0.186 | | 0.097 | | 0.119 | 0.077 |
| 2008 | 0.090 | 0.02 | 0.107 | 0.134 | 0.025 | | 0.215 | 0.022 | 0.480 | | 0.009 | 0.007 | 0.007 | 0.125 | 0.149 | | 0.902 | | 0.285 | 0.195 |
| 2009 | 0.068 | 0.04 | 0.077 | 0.088 | 0.009 | 0.03 | 0.110 | 0.02 | 0.177 | 0.0225 | 0.014 | 0.012 | 0.037 | 0.164 | 0.245 | 0.07 | 0.172 | 0.05 | 0.003 | 0.091 |
| 2010 | 0.038 | 0.02 | 0.043 | 0.049 | 0.034 | 0.02 | 0.050 | 0.02 | 0.047 | 0.02 | 0.042 | 0.030 | 0.084 | 0.066 | 0.084 | 0.02 | 0.061 | 0.02 | 0.003 | 0.049 |
| 2011 | 0.050 | 0.02 | 0.059 | 0.102 | 0.016 | 0.02 | 0.125 | 0.02 | 0.076 | 0.02 | 0.016 | 0.014 | 0.034 | 0.201 | 0.250 | 0.02 | 0.156 | 0.02 | 0.005 | 0.085 |
| SBV | 0.059 | 0.024 | 0.069 | 0.088 | 0.022 | 0.024 | 0.122 | 0.020 | 0.153 | 0.021 | 0.030 | 0.023 | 0.063 | 0.140 | 0.182 | 0.038 | 0.257 | 0.033 | 0.073 | 0.099 |





PESTICIDES

Confrontation aux données mesurées (ste2)

| Acétochlore | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|--------|
| Années | 1 | 2 | Ars | 3 | 4 | Chaume | 5 | Magdele | 6 | St-Méda | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | Lussaud | 12 | Pont_Ec | 13 | Condéon | Bassin |
| 2006 | 0.043 | 0.048 | 0.020 | 0.056 | 0.041 | | 0.063 | 0.022 | 0.014 | | 0.000 | 0.008 | 0.000 | 0.099 | 0.112 | | 0.062 | | 0.000 | | 0.042 |
| 2007 | 0.022 | 0.027 | 0.019 | 0.034 | 0.009 | | 0.054 | 0.020 | 0.049 | 0.020 | 0.050 | 0.013 | 0.021 | 0.132 | 0.197 | 0.048 | 0.047 | | 0.015 | 0.021 | 0.052 |
| 2008 | 1.492 | 1.697 | 0.031 | 1.806 | 0.206 | | 1.392 | 0.056 | 0.035 | | 0.139 | 0.109 | 0.020 | 0.258 | 0.517 | | 6.739 | | 0.227 | | 1.126 |
| 2009 | 0.107 | 0.126 | 0.086 | 0.149 | 0.007 | 0.290 | 0.190 | 0.026 | 0.436 | 0.055 | 0.134 | 0.028 | 0.158 | 0.560 | 1.745 | 0.150 | 0.074 | 0.268 | 0.000 | | 0.286 |
| 2010 | 0.019 | 0.022 | 0.020 | 0.026 | 0.012 | 0.020 | 0.028 | 0.020 | 0.039 | 0.020 | 0.036 | 0.008 | 0.062 | 0.072 | 0.103 | 0.020 | 0.023 | 0.020 | 0.000 | | 0.035 |
| 2011 | 0.003 | 0.005 | 0.020 | 0.015 | 0.001 | 0.020 | 0.022 | 0.020 | 0.011 | 0.020 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.046 | 0.053 | 0.020 | 0.032 | 0.020 | 0.000 | | 0.015 |
| SBV | 0.281 | 0.321 | 0.034 | 0.348 | 0.046 | 0.118 | 0.291 | 0.026 | 0.097 | 0.026 | 0.060 | 0.028 | 0.044 | 0.195 | 0.455 | 0.057 | 1.163 | 0.130 | 0.040 | 0.021 | 0.259 |

| Chlorpyrifos-éthyl | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|--------|
| Années | 1 | 2 | Ars | 3 | 4 | Chaume | 5 | Magdele | 6 | St-Méda | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | Lussaud | 12 | Pont_Ec | 13 | Condéon | Bassin |
| 2007 | 0.002 | 0.020 | 0.002 | 0.002 | 0.000 | | 0.004 | 0.020 | 0.005 | 0.020 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.006 | 0.000 | 0.020 | 0.001 | | 0.000 | 0.020 | 0.002 |
| 2008 | 0.001 | 0.010 | 0.002 | 0.002 | 0.000 | | 0.002 | 0.010 | 0.003 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.000 | | 0.001 | | 0.000 | | 0.001 |
| 2009 | 0.002 | 0.010 | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.010 | 0.002 | 0.032 | 0.010 | 0.025 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.000 | 0.033 | 0.001 | 0.010 | 0.000 | 0.030 | 0.002 |
| 2010 | 0.010 | 0.050 | 0.011 | 0.014 | 0.000 | 0.050 | 0.015 | 0.050 | 0.009 | 0.050 | 0.018 | 0.004 | 0.029 | 0.014 | 0.001 | 0.050 | 0.002 | 0.050 | 0.000 | | 0.010 |
| 2011 | 0.003 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.000 | 0.005 | 0.002 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.006 | 0.000 | 0.005 | 0.001 | 0.005 | 0.000 | | 0.002 |
| SBV | 0.003 | 0.028 | 0.004 | 0.005 | 0.000 | 0.028 | 0.004 | 0.043 | 0.006 | 0.043 | 0.004 | 0.001 | 0.005 | 0.008 | 0.000 | 0.048 | 0.001 | 0.022 | 0.000 | 0.048 | 0.003 |

| 2-4 MCPA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-------|
| Années | SBV-1 | SBV-2 | Ars | SBV-3 | SBV-4 | Chaume | SBV-5 | Magdele | SBV-6 | St-Méda | SBV-7 | SBV-8 | SBV-9 | SBV-10 | SBV-11 | Lussaud | SBV-12 | Pont_Ec | SBV-13 | Bassin | |
| 2007 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.010 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2008 | 0.000 | 0.000 | 0.020 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.020 | 0.000 | | 0.007 | 0.005 | 0.012 | 0.001 | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.002 |
| 2009 | 0.009 | 0.011 | 0.032 | 0.013 | 0.001 | 0.020 | 0.016 | 0.027 | 0.192 | 0.020 | 0.005 | 0.002 | 0.002 | 0.020 | 0.018 | 0.020 | 0.012 | 0.040 | 0.000 | 0.023 | |
| 2010 | 0.016 | 0.020 | 0.020 | 0.030 | 0.002 | 0.020 | 0.113 | 0.020 | 0.001 | 0.020 | 0.094 | 0.019 | 0.000 | 0.214 | 0.126 | 0.020 | 0.145 | 0.020 | 0.000 | 0.060 | |
| 2011 | 0.000 | 0.000 | 0.020 | 0.000 | 0.000 | 0.020 | 0.000 | 0.020 | 0.000 | 0.020 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.020 | 0.000 | 0.020 | 0.000 | 0.000 | |
| SBV | 0.009 | 0.011 | 0.019 | 0.014 | 0.006 | 0.02 | 0.026 | 0.019 | 0.048 | 0.02 | 0.032 | 0.007 | 0.007 | 0.043 | 0.026 | 0.02 | 0.031 | 0.029 | 0 | 0.02 | |



PESTICIDES

Concentrations simulées par scénario à l'échelle du bassin

Résultats au bassin versant ($\mu\text{g/l}$) – scénario de référence S0.

| Scénario | Glyphosate | 2-4-MCPA | Acetochlore | Aclo-nifene | Chlorpyri-pyros ethyle | Isopro-turon | Manco-zebe | Metalde-hyde | Tebuco-nazole |
|----------|------------|----------|-------------|-------------|------------------------|--------------|------------|--------------|---------------|
| S0 | 0.10 | 0.02 | 0.81 | 0.53 | 0.02 | 1.37 | 0.15 | 1.37 | 0.02 |
| S2 | 0.08 | 0.00 | Absence | 0.08 | 0.00 | Absence | 0.08 | Absence | 0.04 |
| S9 | 0.64 | 0.02 | 0.68 | 0.03 | 0.01 | 2.75 | 0.14 | 3.66 | 0.05 |
| S1A | 0.08 | 0.01 | 0.79 | 0.48 | 0.02 | 1.23 | 0.13 | 1.23 | 0.02 |
| S3A | 0.11 | 0.02 | 0.81 | 0.52 | 0.01 | 1.37 | 0.13 | 1.33 | 0.01 |
| S3B | 0.05 | Absence | Absence | 0.08 | 0.00 | Absence | 0.13 | 0.21 | 0.01 |
| S4 | 0.10 | 0.02 | 0.81 | 0.50 | 0.02 | 1.33 | 0.13 | 1.23 | 0.02 |
| S4VFS | 0.10 | 0.02 | 0.81 | 0.49 | 0.02 | 1.33 | 0.15 | 1.23 | 0.02 |

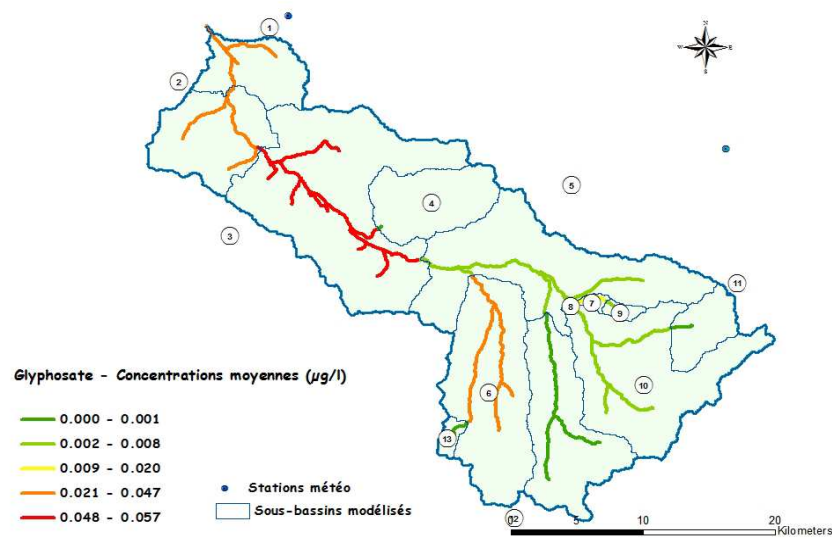
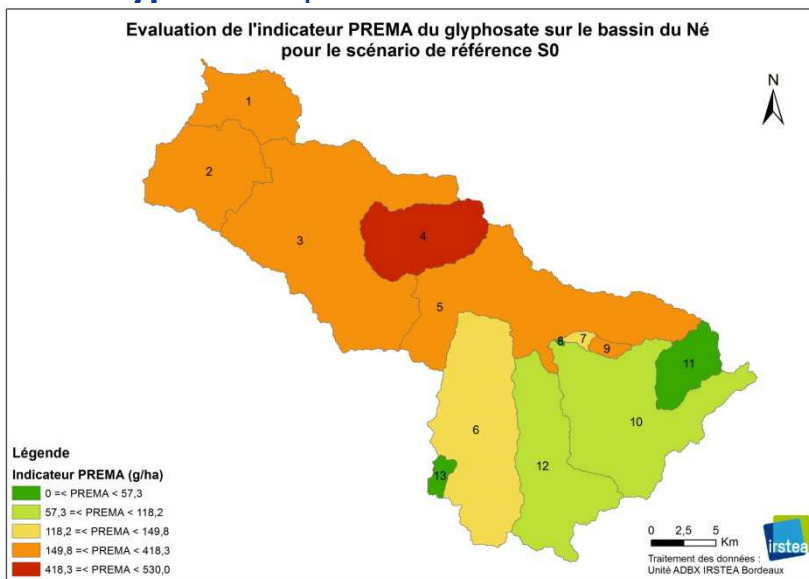


Pression (indicateurs) & transferts-devenir in stream (modèle)

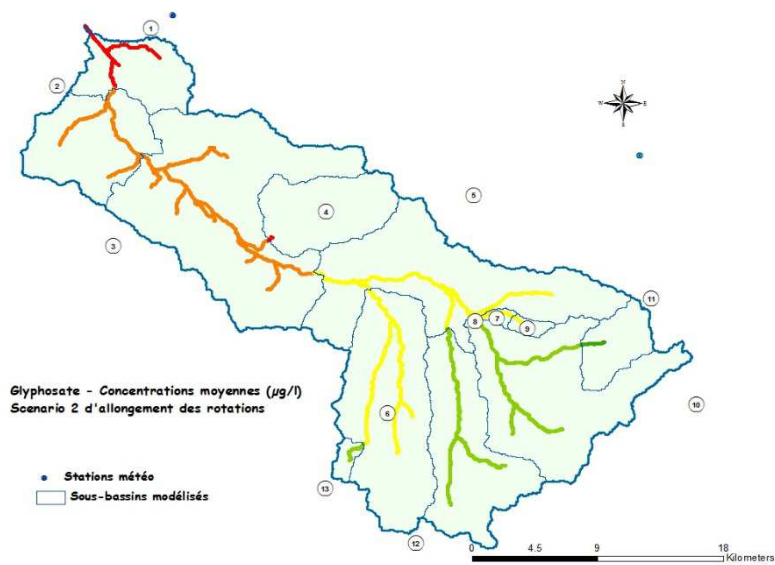
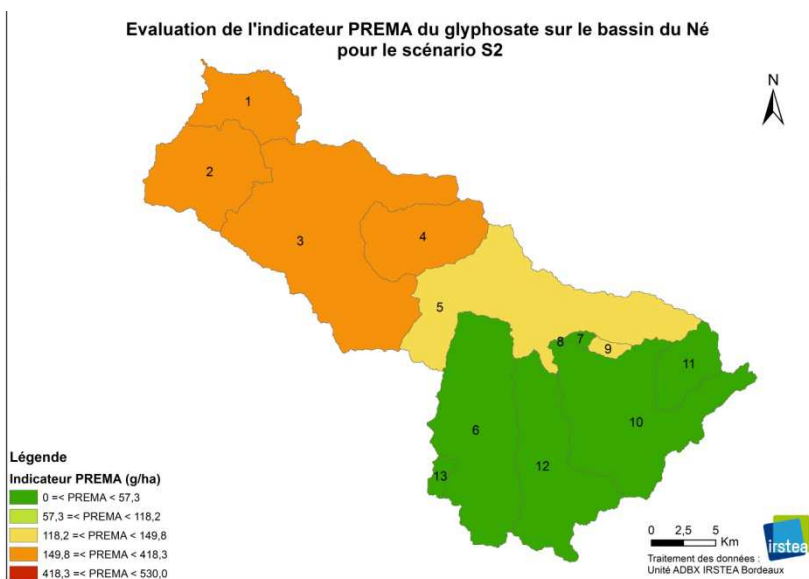
PESTICIDES

Exemple du **Glyphosate** pour deux scenarios

S0 →



S2 →



Séminaire MAEVEAU /ECCOTER



Evaluer les coûts directs liés aux changements de pratique pour une Analyse Coût-Efficacité à l'échelle des bassins versants

Jean-Marie Lescot, Odile Leccia, Françoise Vernier
Irstea Bordeaux
jean-marie.lescot@irstea.fr

12 et 13 Juin 2014
Séminaire MAEVEAU/ECCOTER à Bordeaux Sciences Agr



- Analyse coût-efficacité spatialisée
- Modélisation des exploitations
- Agrégation au niveau de l'unité spatiale intégrative
- Méthode de calcul des coûts
- Résultats coûts, coût-efficacité



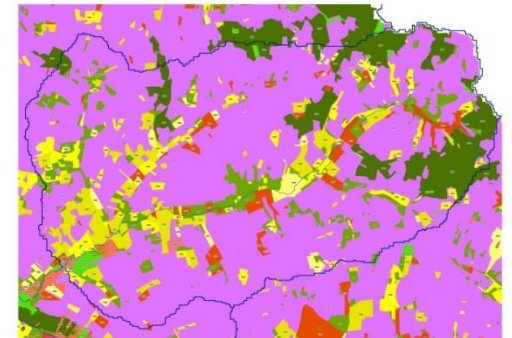
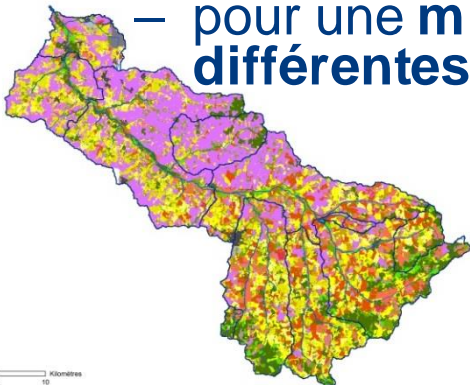
■ Pourquoi l'analyse CE spatialisée?

Les coûts marginaux pour la mise en place des mesures **ne sont pas égaux**

- **entre les mesures** pour un endroit donné du bassin versant (parcelle, HRU,..)
- **pour une mesure donnée** entre les endroits où elle est mise en place

Il est théoriquement possible:

- d'avoir la **même efficacité** avec des **coûts d'implémentation différents**
- pour une **même dépense** de mise en place, d'avoir des **efficacités différentes**



Modéliser le comportement d'exploitations individuelles

demande des données souvent non disponibles (notamment parcellaire)

tentative pour dépasser ces difficultés dues au manque de données exhaustives

- **exploitations représentatives** (exploitations moyennes)



- **exploitations types** (exploitations modales)



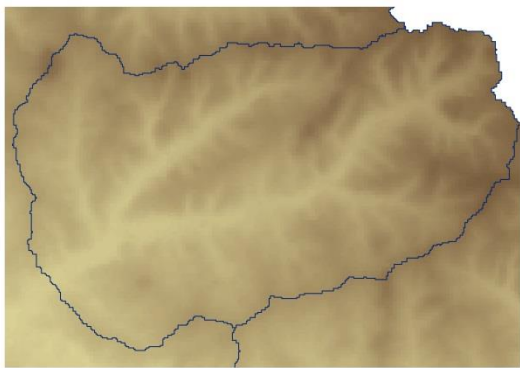
mais

- Perte d'information géographique sur le parcellaire et la localisation des pratiques
- L'hétérogénéité des systèmes de culture n'est pas prise en compte (expl. représentatives) et de façon incomplète (expl. types)
- Conditions (mathématiques) pour l'agrégation des exploitations modélisées

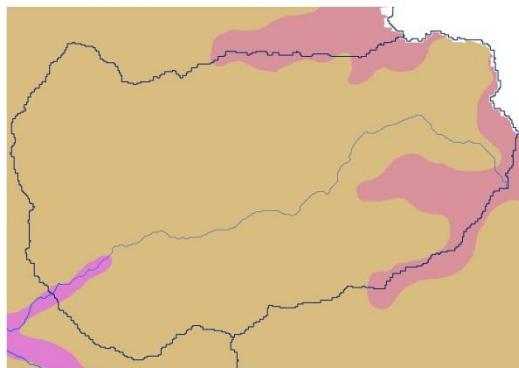


PESTICIDES

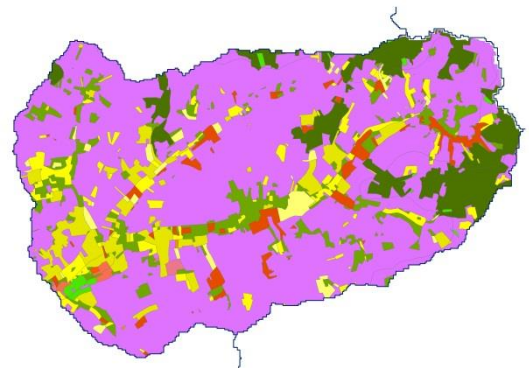
Agrégation



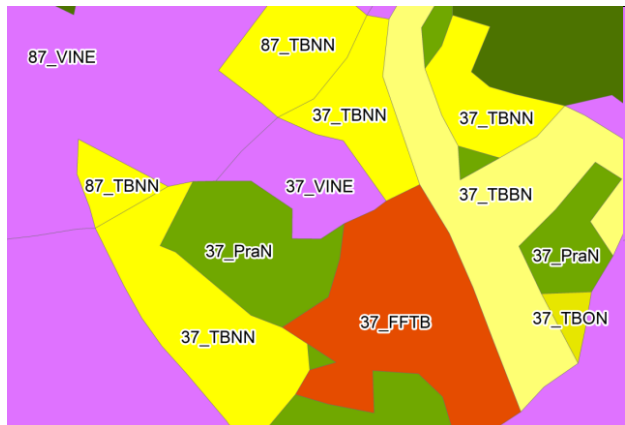
Modèle Numérique de Terrain



Types de sols



Utilisation des terres



Définition des HRUs





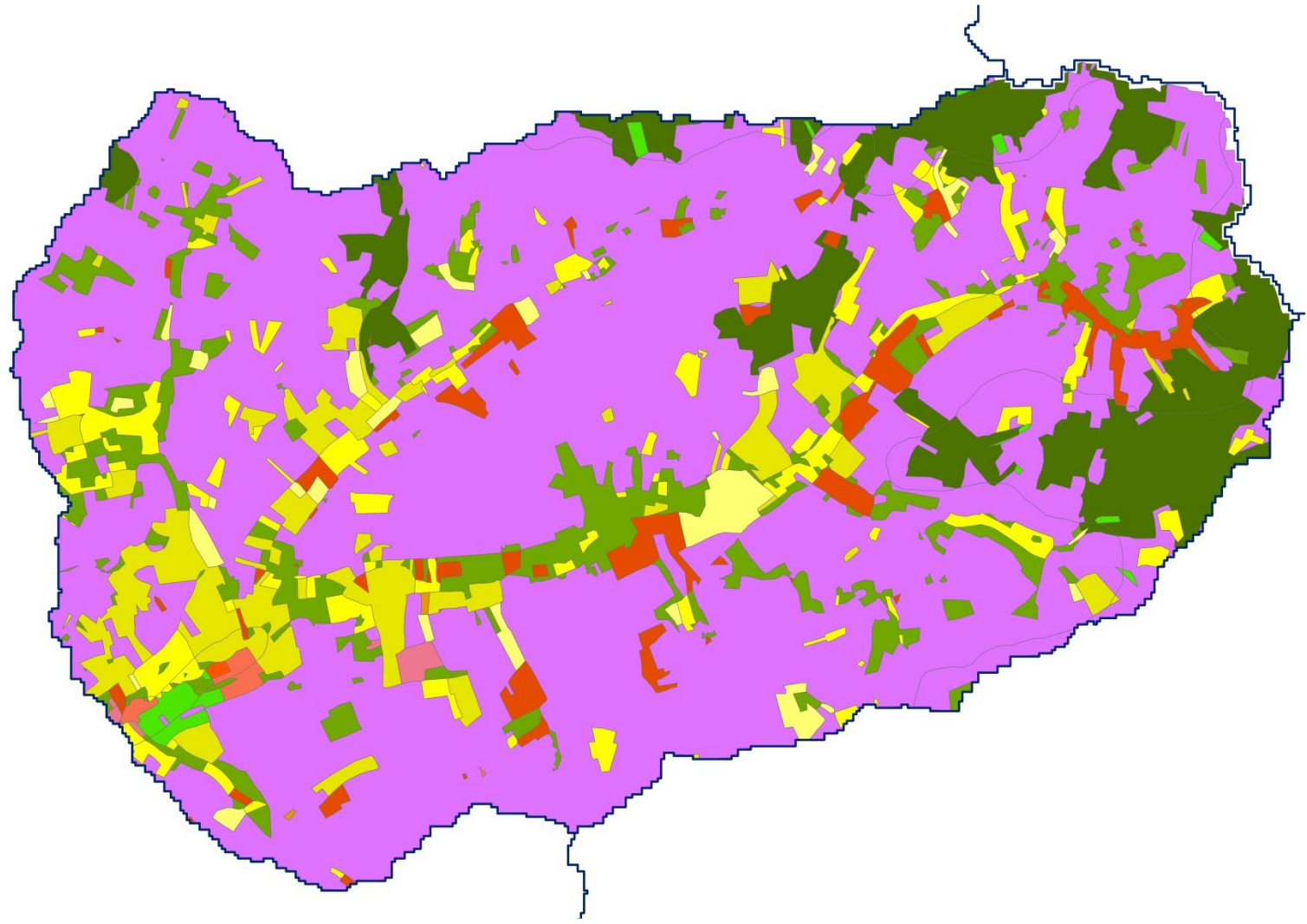
- **Forme alternative d'agrégation**
- On combine les parcelles des exploitations dans chaque unité spatiale intégrative, en les traitant comme une unique entité économique
- Chaque HRU : une entité économique avec la succession de cultures + pratiques définies préalablement par HRU





PESTICIDES

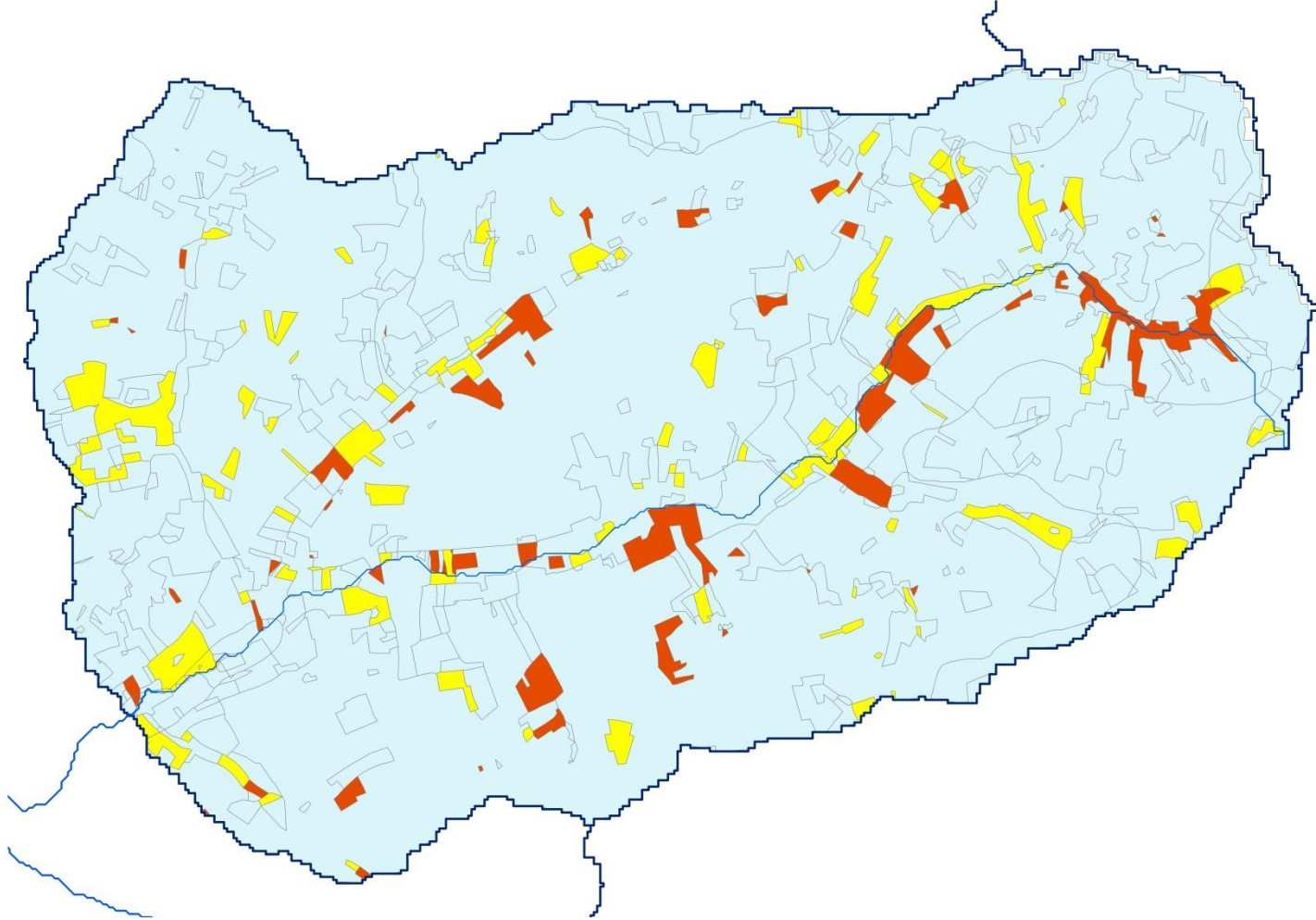
Agrégation





PESTICIDES

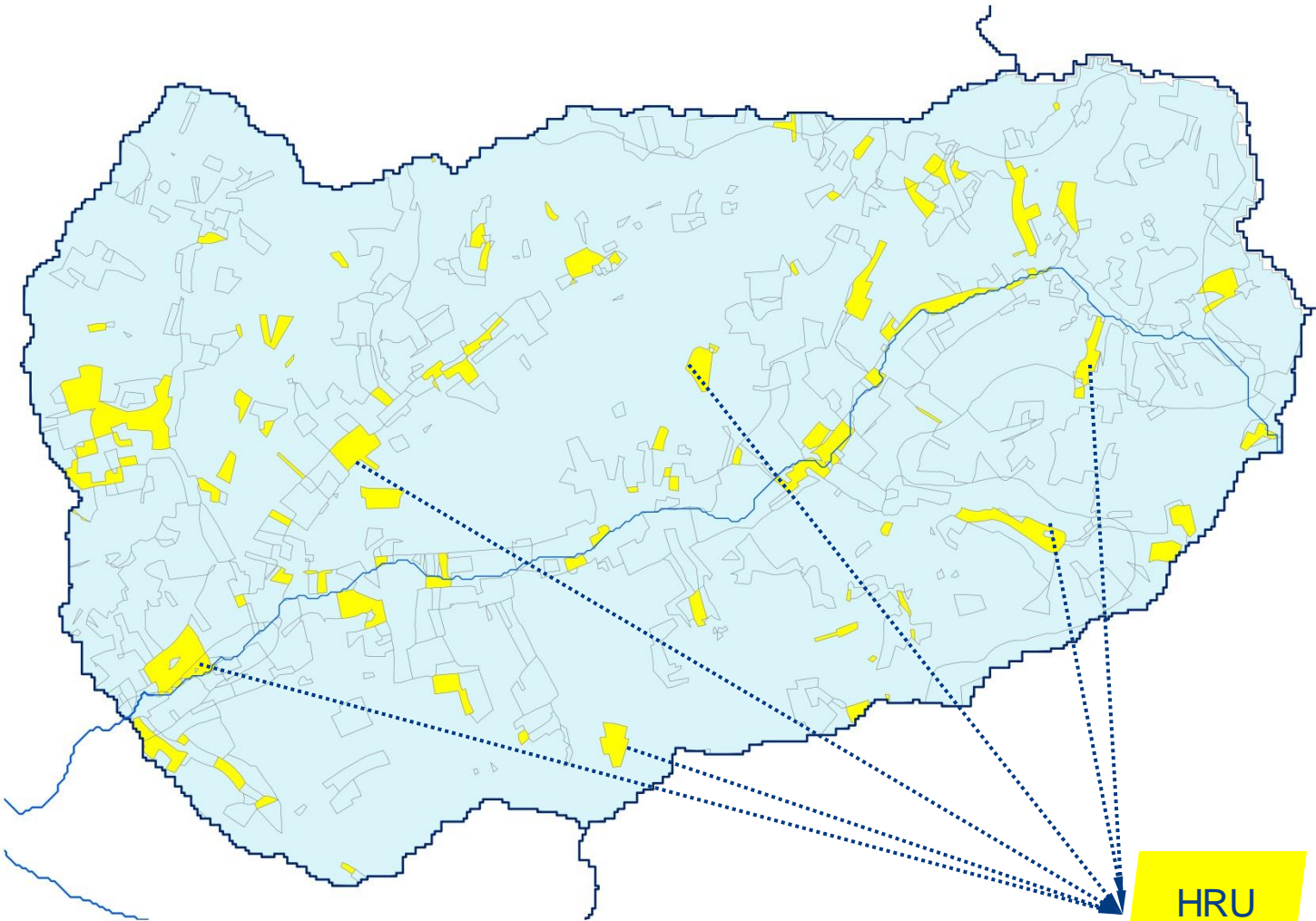
Agrégation





PESTICIDES

Agrégation



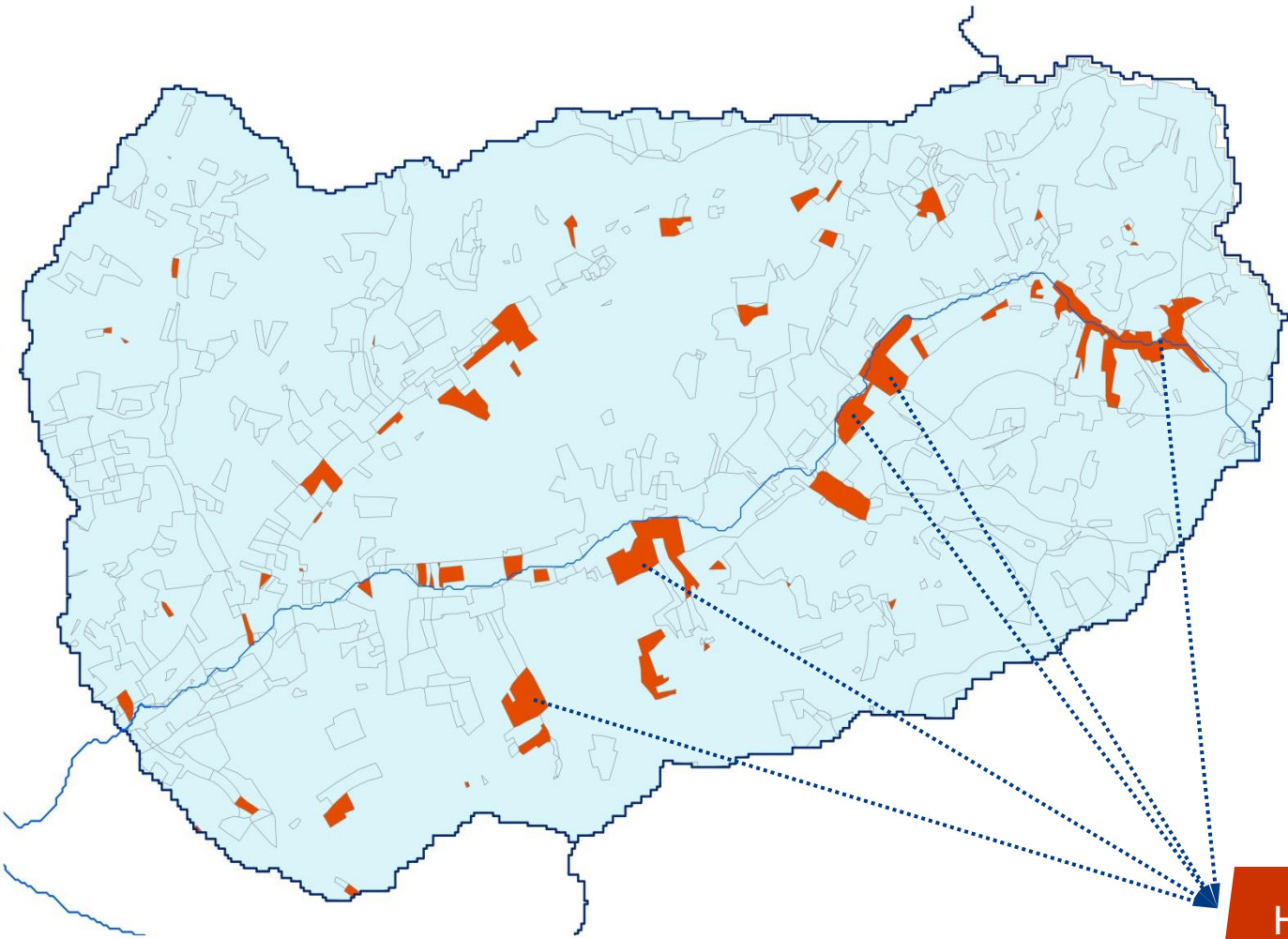
HRU
37_TBNN





PESTICIDES

Agrégation



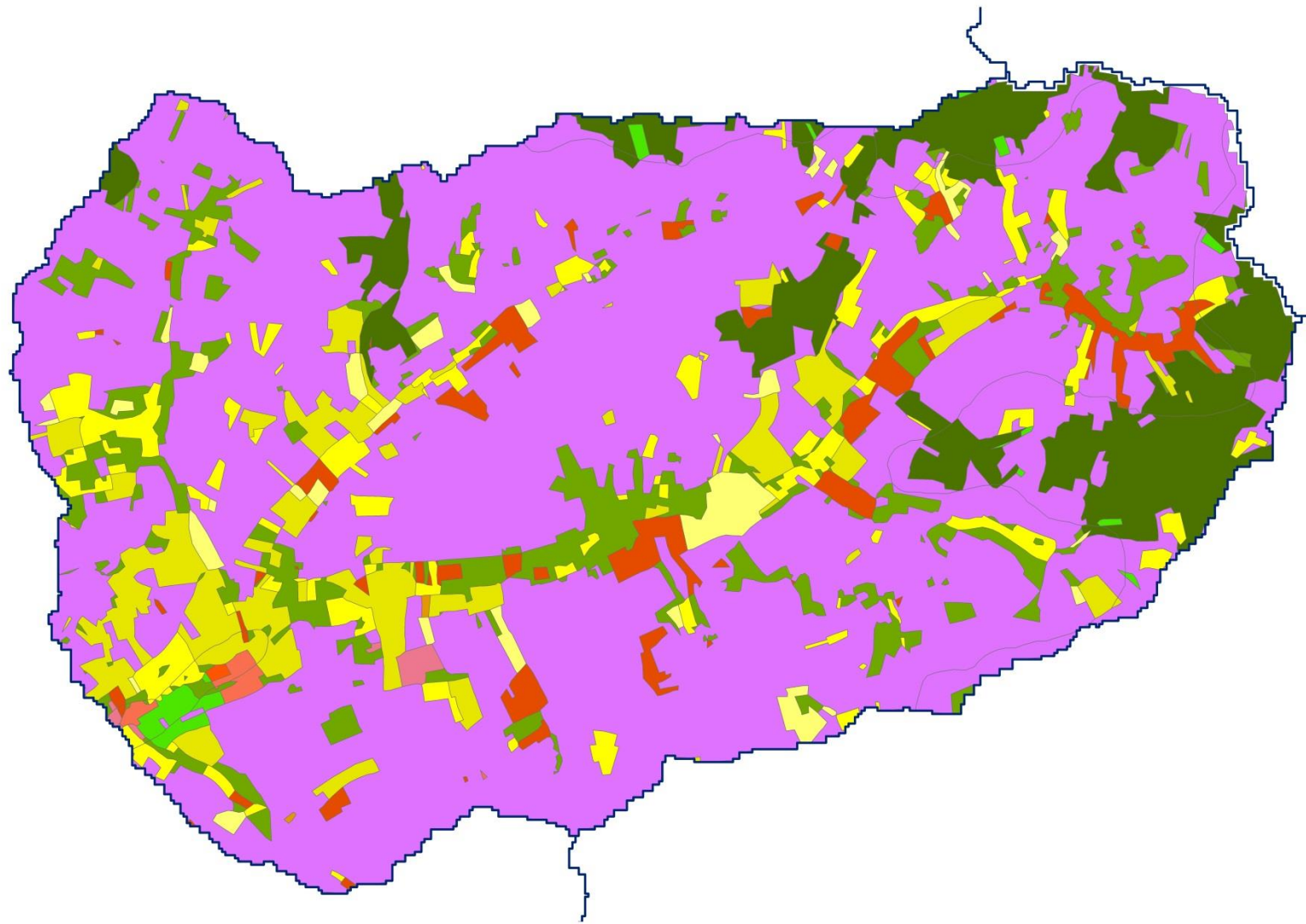
HRU
37_TBNN





PESTICIDES

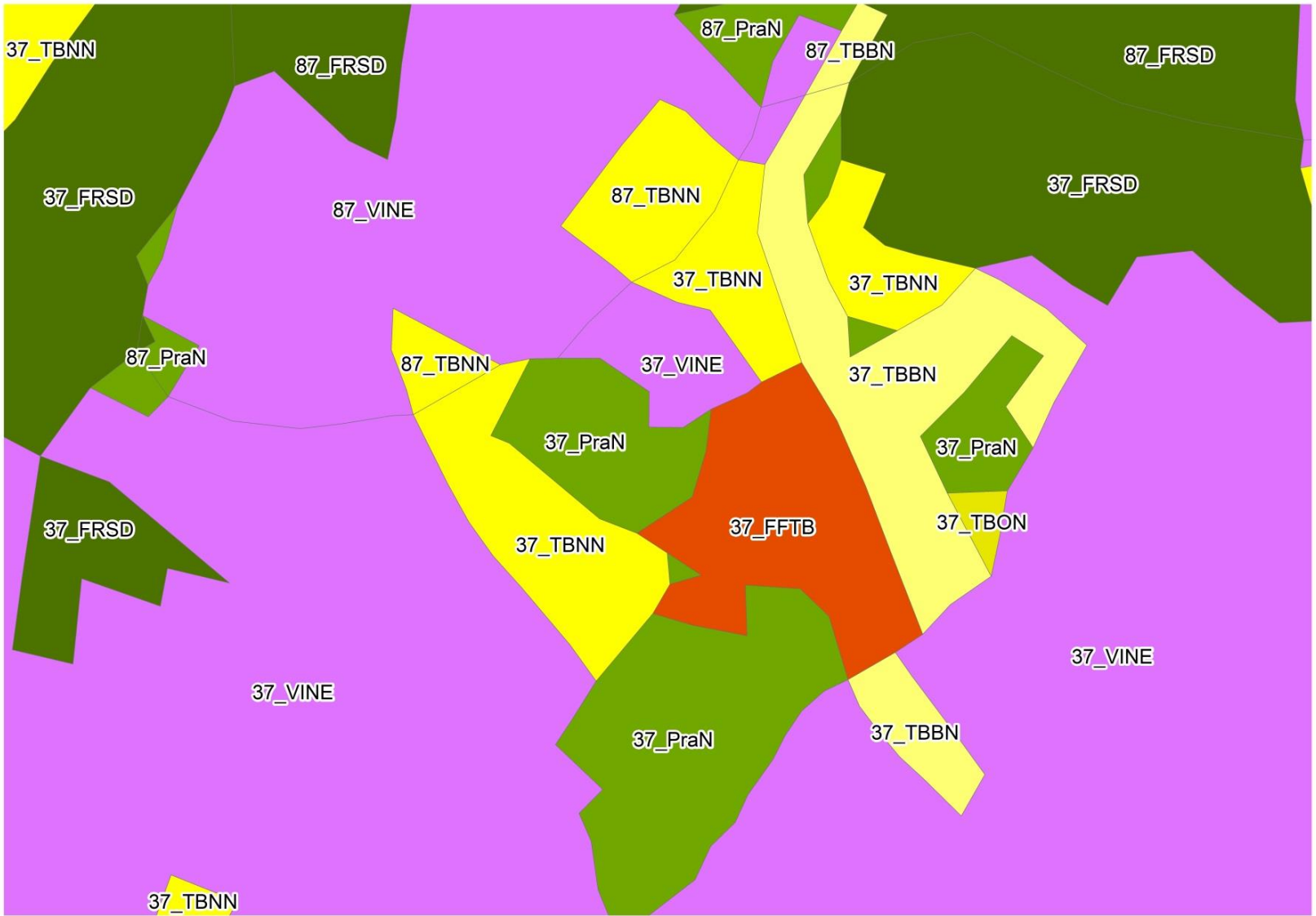
Agrégation





PESTICIDES

Agrégation





Rotations-assolements

PESTICIDES

HRU_TBNN

- Unité avec **Rotation** Tournesol_Blé
- **Assolement** Tournesol et Blé
- Surface en Tournesol identique à la surface en Blé *chaque année*

HRU_FFTE

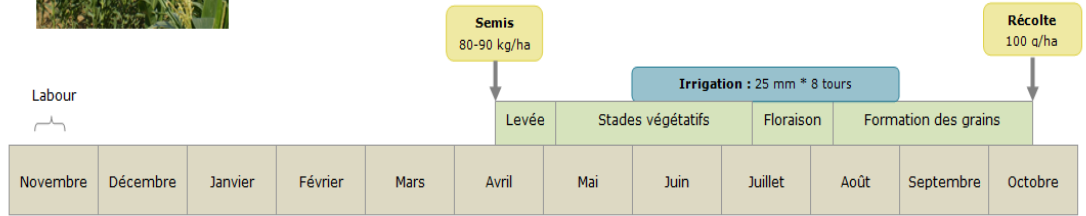
- Unité avec **Rotation** Maïs-Fourrage Tournesol et Blé
- **Assolement** Maïs-Fourrage Tournesol et Blé
- Surface en Tournesol identique à la surface en Blé
- Surface en Maïs-fourrage inférieure ou égale à 2 fois surface en blé ou tournesol *chaque année*



Cohérence des données



Itinéraire technique type du maïs grain sur groies marneuses en Poitou-Charentes



FERTILISATION

| | K | N | P |
|-----------|---|---|---|
| Avril | | | |
| Mai | | | |
| Juin | | | |
| Juillet | | | |
| Août | | | |
| Septembre | | | |
| Octobre | | | |

| | Dose moyenne U/ha | Nombre moyen de passages |
|---|-------------------|--------------------------|
| N | 180 | 2 |
| P | 70 | 1 |
| K | 70 | 1 |

DESHERBAGES CHIMIQUES

Après semis Post-levée

2 passages en moyenne

Principales matières actives : Nicosulfuron, Mesotrione, Acétochlore, Aclonifen, Isoxaflutole, Dichlormide

INSECTICIDES

Anti-limace Pyrale, sésamies

2 passages en moyenne

Principales matières actives : Métaldéhyde, Cyperméthrine, Deltaméthrine, Lambda cyhalothrine

Sources : Agreste - Enquêtes pratiques culturales 2006 ; ITK type de la chambre d'agriculture régionale

Coûts de production

- par culture et par itinéraire technique
- calculés à partir des ITK définis préalablement (IFT, SWAT)
- Intrants (fertilisation, semences, pesticides)
- Coûts de mécanisation (tarif entraide 2009)
- Prix de vente (2007-2011)

Base: Chambre Régionale d'Agriculture Poitou-Charentes, 2007-2011



Analyse linéaire inputs-outputs (Leontieff)

PESTICIDES

- Description de l'ensemble des possibilités de production à l'intérieur d'une HRU
 - Pour chaque output, un nombre de techniques (cultures et pratiques avec et sans mesures) en compétition
 - Sujet à des contraintes de disponibilité des inputs, facteurs de production et/ou liées aux mesures
- Chaque combinaison des niveaux de contraintes et des techniques de production résultent en une solution unique

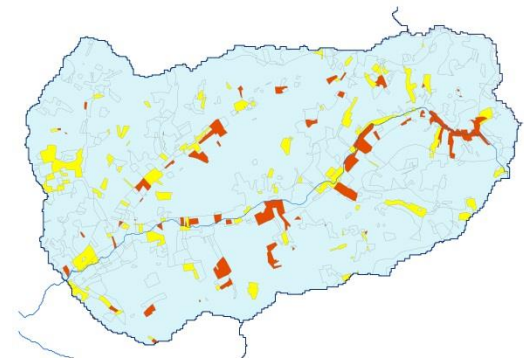
| | <i>Inputs / Outputs</i> | | | | |
|---------------------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | $X_{blé1}$ | $X_{blé2}$ | $X_{maïs1}$ | $X_{maïs2}$ | |
| <i>Profit</i> | c_{b1} | c_{b2} | c_{m1} | c_{m2} | <i>Max</i> |
| <i>Intrants mae</i> | | a' | | b' | $\leq Q_{min}$ |
| <i>Contrainte1 mesure</i> | 1 | | 1 | | $\leq X_B .SAU HRU$ |
| <i>Contrainte2 mesure</i> | | 1 | | 1 | $\leq (1-X_B) .SAU HRU$ |
| <i>Surface agricole</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | $\leq SAU HRU$ |
| <i>Surface irriguée</i> | 1 | | 1 | | $\leq Surface irrigable$ |



■ Modélisation économique

- Optimum économique : assolement + pratiques permettant la Marge Brute optimale
- Incitation nécessaire pour avoir dans la **solution optimale**
 - les assolements et pratiques spécifiques des mesures environnementales
 - Cette incitation: coût marginal de mise place de(s) mesure(s),

i.e. la réduction de Marge Brute qu'aurait supportée l'entité HRU si elle avait adopté la mesure



Méthode de calcul des coûts (1)

$$\text{Max } MB_{HRU,S0} + MB_{HRU,Sx}$$

Pour chaque HRU

$$MB_{HRU,S0} = \sum_c (\text{rendement culture } c_{HRU,S0} \times \text{prix de vente de la culture } c - \text{charges variables } c_{HRU,S0}) \times \text{Surface avec la culture } c_{HRU,S0}$$

$$MB_{HRU,S1} = \sum_c (\text{rendement culture } c_{HRU,S1} \times \text{prix de vente de la culture } c - \text{charges variables } c_{HRU,S1}) \times \text{Surface avec la culture } c_{HRU,S1}$$

+

$$\text{incitation}_{(\text{par hectare})} \times \text{Surface avec la culture } c_{HRU,S1}$$

- Niveau d'incitation nécessaire et suffisant pour avoir S_x dans la solution de base:
coût marginal du scénario - surface optimale avec mesure
- Intégration des coûts marginaux par sous bassin → coût total du scénario par sous bassin et bassin

Méthode de calcul des coûts (2)

$$\text{Max} \sum_c mb_{c,SO,hru} \times X_{c,SO,hru} + \sum_c mb_{c,Sx,hru} \times X_{c,Sx,hru}$$

$$MB_{SO,hru} = \sum_c (y_{c,SO,hru} \times p_c - cv_{c,SO}) \times X_{c,SO,hru}$$

$$MB_{Sx,hru} = \sum_c (y_{i,Sx,hru} \times p_c - cv_{c,Sx}) \times X_{c,Sx,hru}$$

$$+ inc_{Sx} \times X_{c,Sx,hru}$$

$$\left[inc_{Sx} \times X_{Sx,hru} - C_{Sx,hru}(X_{c,Sx,hru}) \right]$$

$$-C'_{Sx,hru}(X^*_{c,Sx,hru}) + inc_{Sx} = 0$$

Coûts marginaux de mise en place des mesures (scénarios) calculés

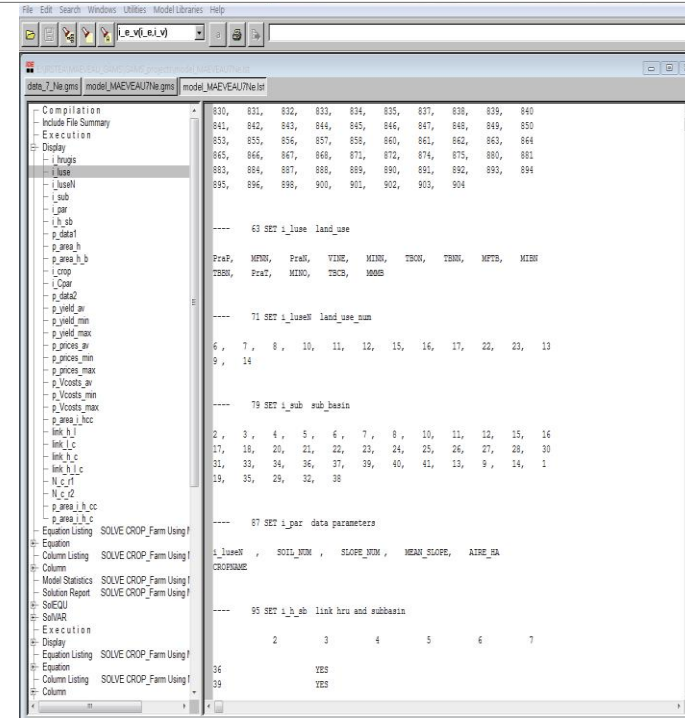
- sur une base annuelle
- par HRU puis sommés au niveau des (sous)-basins: C_{SBV}
- sur la période de simulation ($t= 10$ ans)

Coût total SBV = somme actualisée des coûts annuels C_{SBV}

$$\text{Coût total} = \sum_{t=1}^n C_{SBV} \times (1 + r)^{-t}$$

Cohérence et Homogénéité

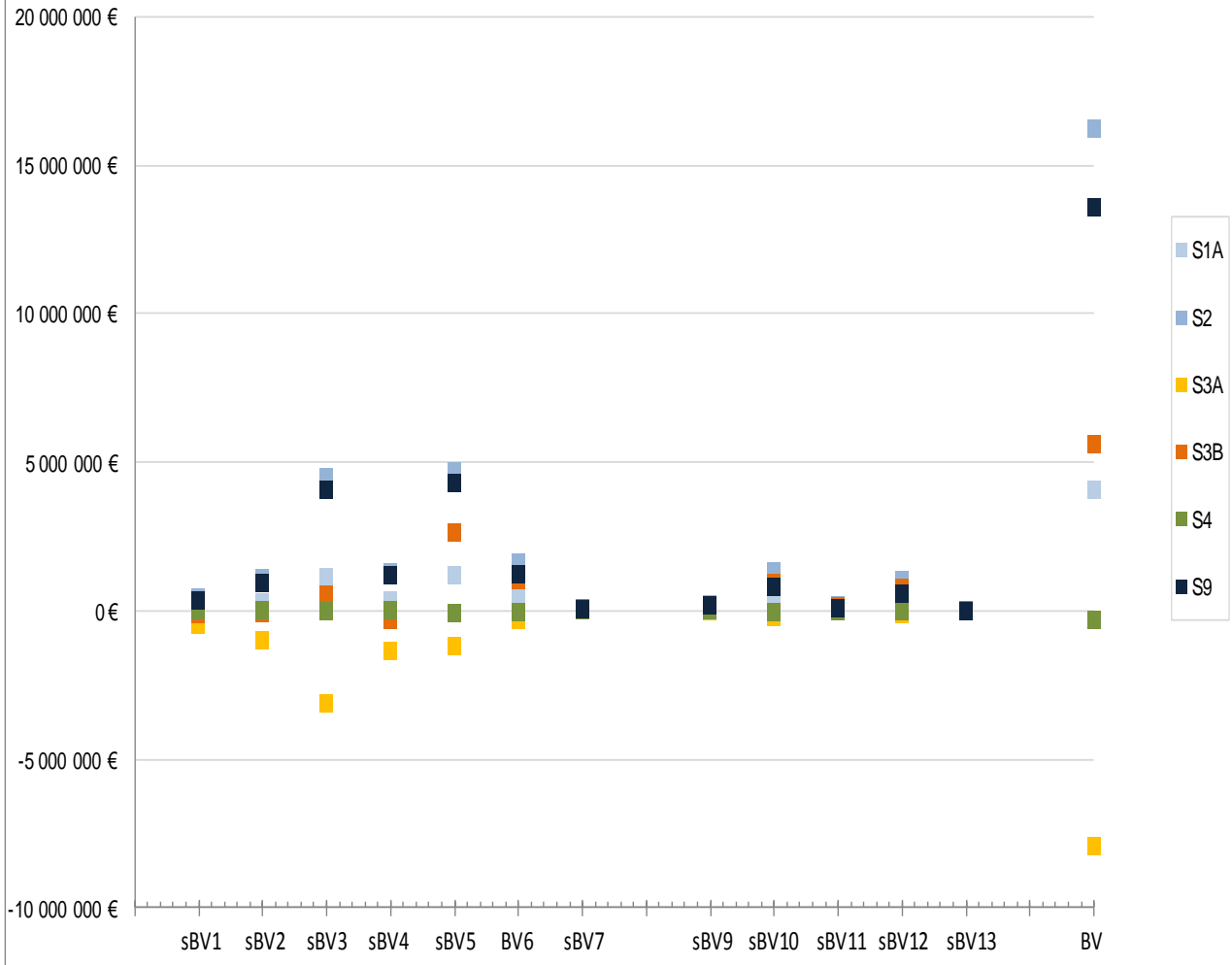
- échelle de temps et horizon de modélisation
- pour une **comparaison** des coûts et efficacité (réduction de concentration absolue) entre le scénario 0 et les scénarios proposés





PESTICIDES

Coût total des scénarii - (Echelle Sous-Bassins et Bassin)
période de simulation (10 ans)

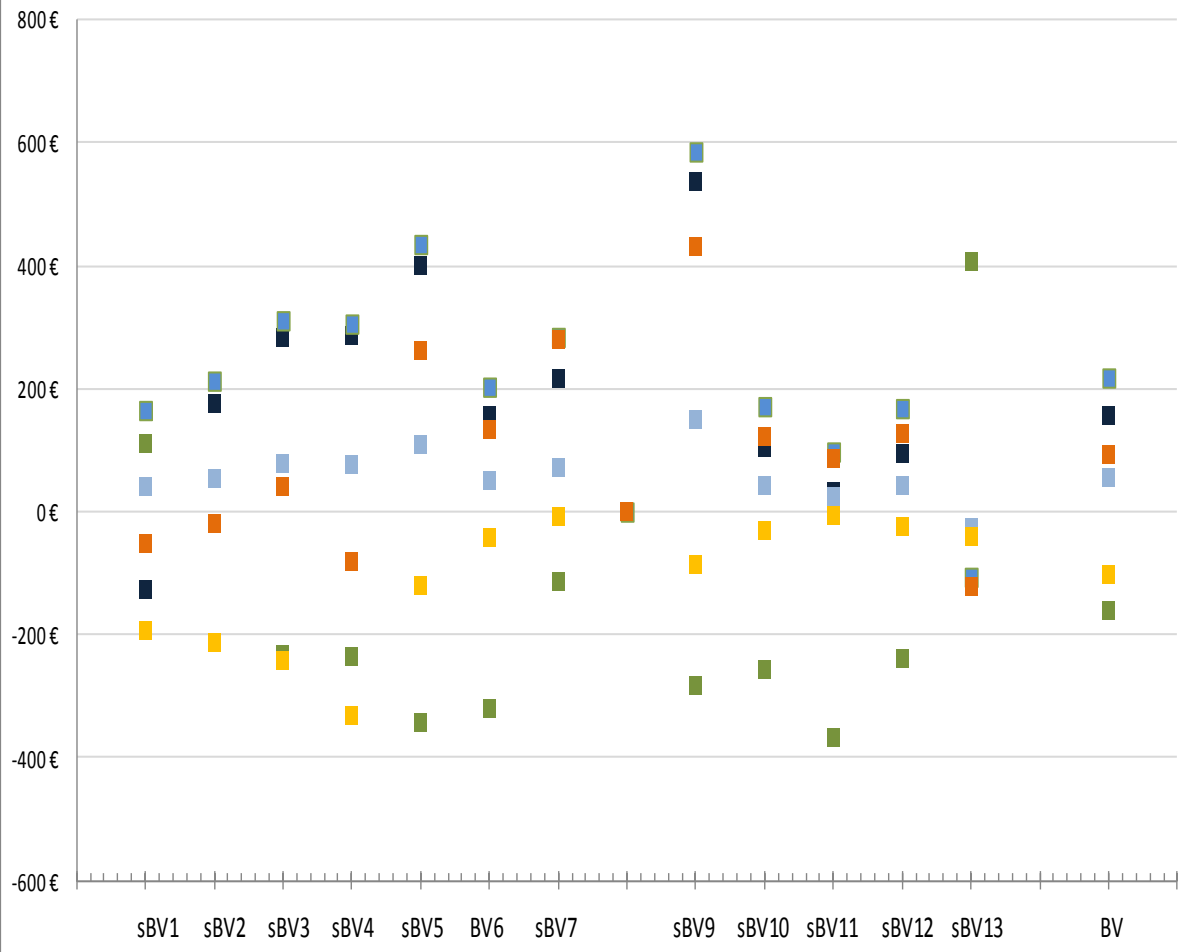


| Scénario | Description du scénario | Pourcentage d'application |
|------------|---|--|
| S0 | Scénario initial et de référence, efficacité des pratiques agricoles et simulation de l'occupation agricole du Bassin Versant du Né | 100% du Bassin Versant |
| S9 | Scénario considérant des conditions extrêmes, et donc des pratiques intensives | 100% du Bassin Versant |
| S1A | Combinaison des scénarios S0 et S2 | 75% de la SAU en S0 et 25% en S2 (25% des Grandes Cultures et 25% des Vignes) |
| S2 | Prise en compte des MAET FERTI_01-PHYTO_04 pour les Grandes Cultures et PHYTO_04 et phyto_10 pour la vigne | 100% du Bassin Versant |
| S3 | S3A Conversion d'une partie des surfaces de Vigne (Conventionnel ou MAET) en Vigne Biologique | 20% des vignes en Vigne Biologique, 80% en S0 (Vigne Conventionnel) Grandes Cultures en S0 |
| | | 20% des vignes en Vigne Biologique, 80% en S2 (Vigne MAET) Grandes Cultures en S2 |
| S4 | Conversion des surfaces en grandes cultures au bord des cours d'eau en prairies temporaires sous cahier des charges MAET | 100% des surfaces en Grandes Cultures situées à moins de 20 mètres des cours d'eau, le reste en S0 |



PESTICIDES

Coût moyen (€/ha) des scénarii - (Echelle Sous-Bassins et Bassin)
période de simulation (10 ans)



| Scénario | Description du scénario | Pourcentage d'application |
|----------|---|--|
| S0 | Scénario initial et de référence, efficacité des pratiques agricoles et simulation de l'occupation agricole du Bassin Versant du Né | 100% du Bassin Versant |
| S9 | Scénario considérant des conditions extrêmes, et donc des pratiques intensives | 100% du Bassin Versant |
| S1A | Combinaison des scénarios S0 et S2 | 75% de la SAU en S0 et 25% en S2 (25% des Grandes Cultures et 25% des Vignes) |
| S2 | Prise en compte des MAET FERTI_01-PHYTO_04 pour les Grandes Cultures et PHYTO_04 et phyto_10 pour la vigne | 100% du Bassin Versant |
| S3 | Conversion d'une partie des surfaces de Vigne (Conventionnel ou MAET) en Vigne Biologique | S3A 20% des vignes en Vigne Biologique, 80% en S0 (Vigne Conventionnel) Grandes Cultures en S0 |
| | | S3B 20% des vignes en Vigne Biologique, 80% en S2 (Vigne MAET) Grandes Cultures en S2 |
| S4 | Conversion des surfaces en grandes cultures au bord des cours d'eau en prairies temporaires sous cahier des charges MAET | 100% des surfaces en Grandes Cultures situées à moins de 20 mètres des cours d'eau, le reste en S0 |



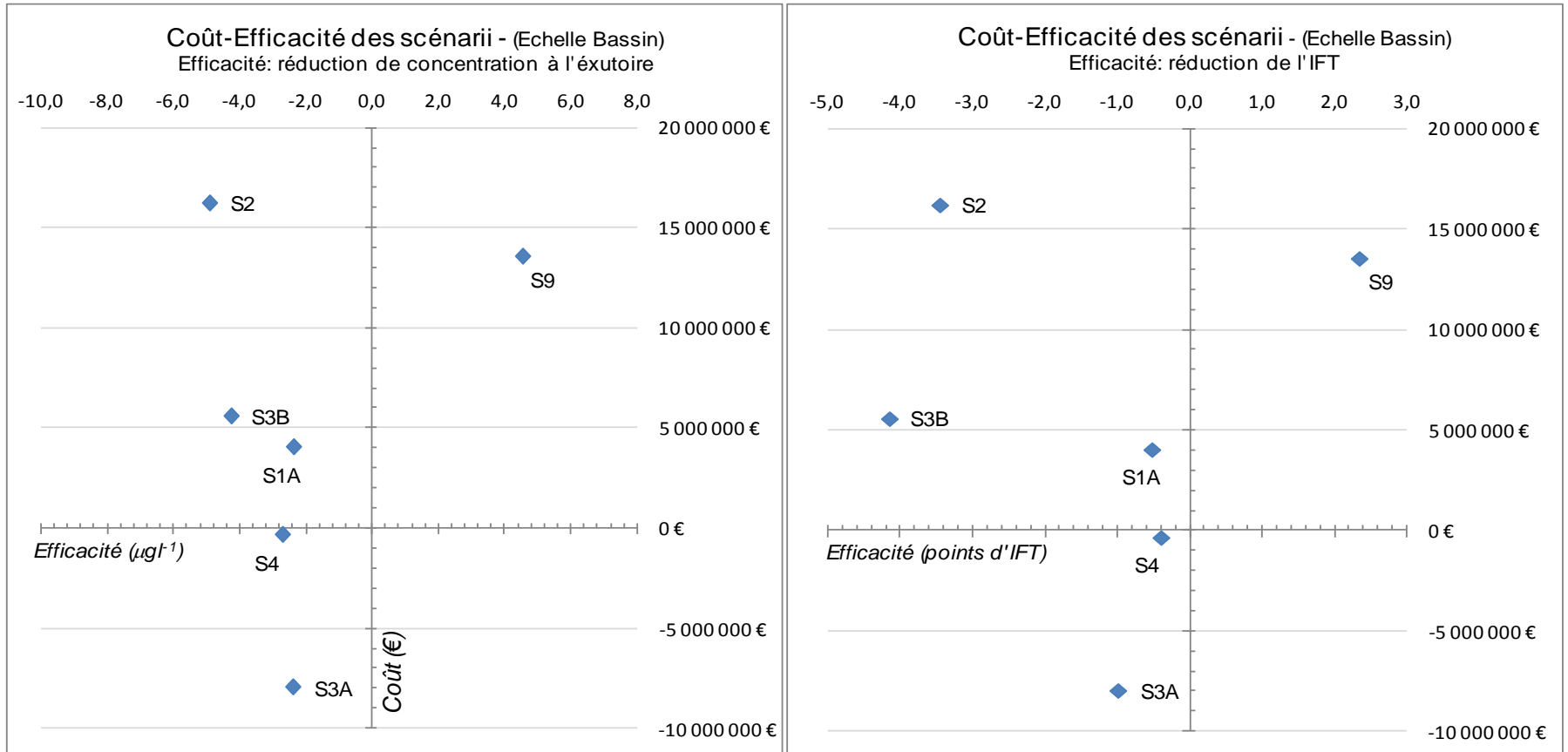
Coût-Efficacité des scénarios

PESTICIDES

Efficacité évaluée au regard

- d'**objectifs intermédiaires** (diminution de la pression): indicateurs (IFT)
- d'**objectifs finaux** (impacts i.e. réduction de concentration en pesticides) modèles (SWAT)

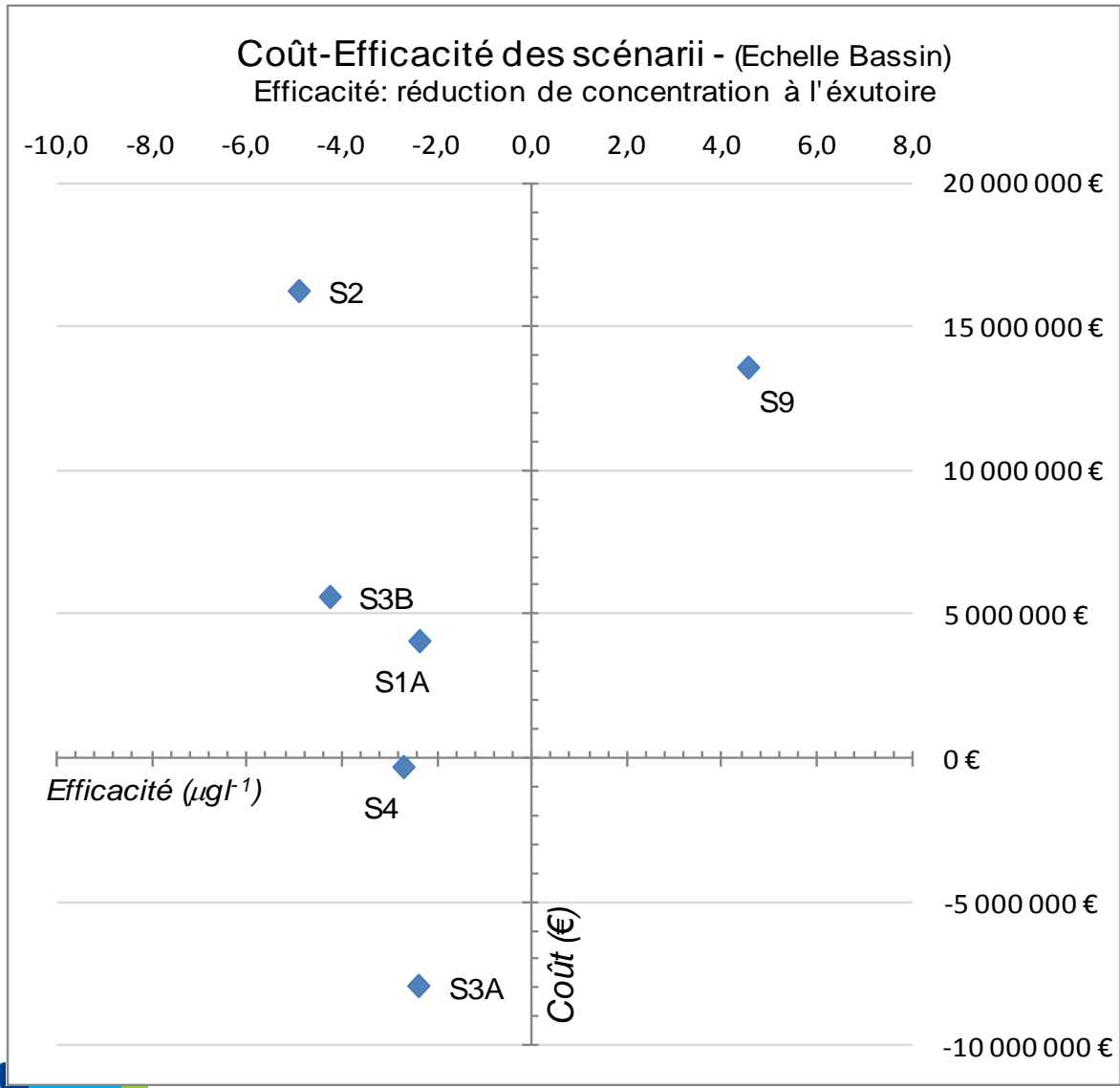
Objectifs de la DCE





Coût-Efficacité des scénarios

PESTICIDES

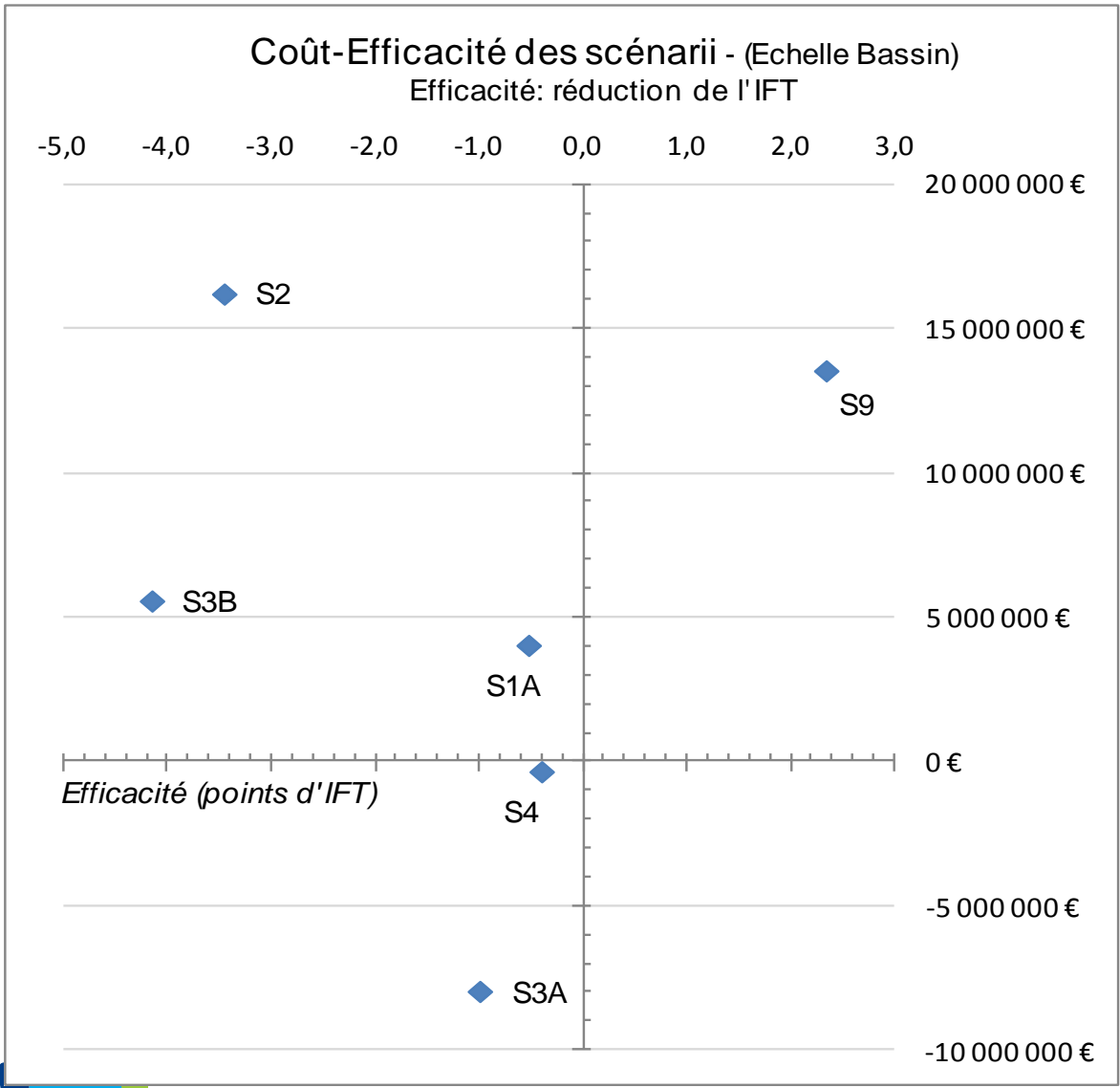


| Scénario | Description du scénario | Pourcentage d'application | |
|----------|---|--|--|
| S0 | Scénario initial et de référence, efficacité des pratiques agricoles et simulation de l'occupation agricole du Bassin Versant du Né | 100% du Bassin Versant | |
| S9 | Scénario considérant des conditions extrêmes, et donc des pratiques intensives | 100% du Bassin Versant | |
| S1A | Combinaison des scénarios S0 et S2 | 75% de la SAU en S0 et 25% en S2 (25% des Grandes Cultures et 25% des Vignes) | |
| S2 | Prise en compte des MAET FERTI_01-PHYTO_04 pour les Grandes Cultures et PHYTO_04 et phyto_10 pour la vigne | 100% du Bassin Versant | |
| S3 | S3A | Conversion d'une partie des surfaces de Vigne (Conventionnel ou MAET) en Vigne Biologique | 20% des vignes en Vigne Biologique, 80% en S0 (Vigne Conventionnel) Grandes Cultures en S0 |
| | S3B | Conversion d'une partie des surfaces de Vigne (Conventionnel ou MAET) en Vigne Biologique | 20% des vignes en Vigne Biologique, 80% en S2 (Vigne MAET) Grandes Cultures en S2 |
| S4 | Conversion des surfaces en grandes cultures au bord des cours d'eau en prairies temporaires sous cahier des charges MAET | 100% des surfaces en Grandes Cultures situées à moins de 20 mètres des cours d'eau, le reste en S0 | |



Coût-Efficacité des scénarios

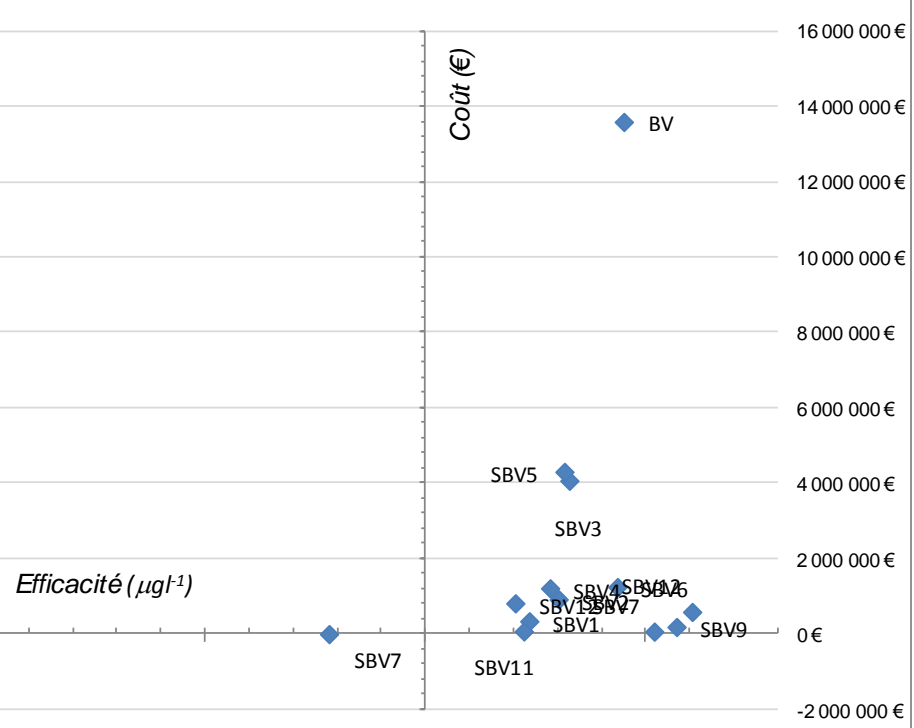
PESTICIDES



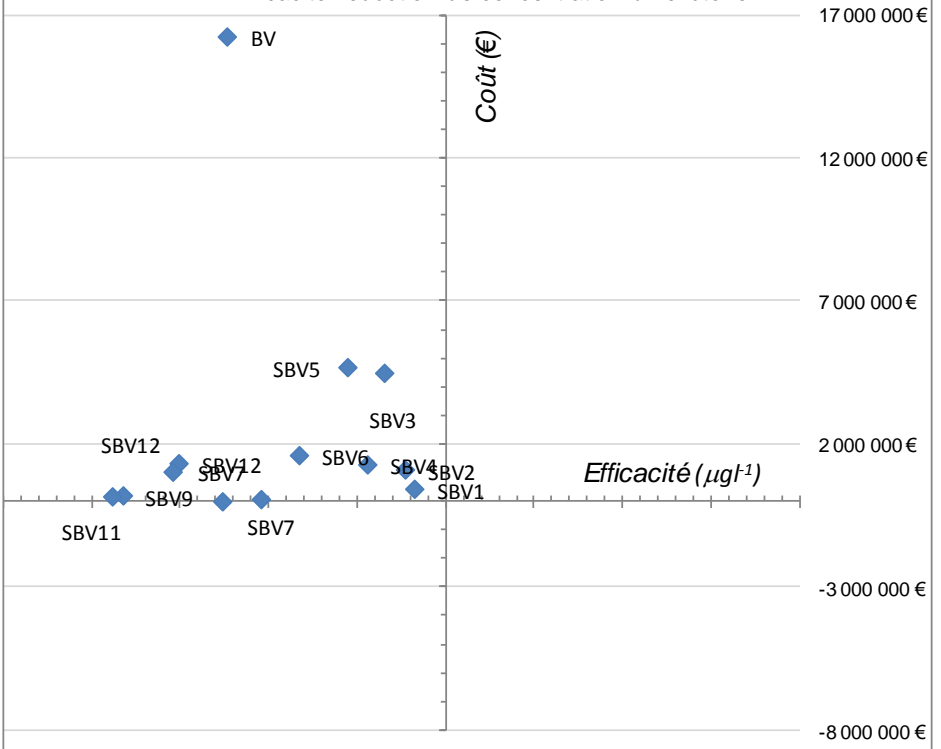
| Scénario | Description du scénario | Pourcentage d'application | |
|------------|---|--|--|
| S0 | Scénario initial et de référence, efficacité des pratiques agricoles et simulation de l'occupation agricole du Bassin Versant du Né | 100% du Bassin Versant | |
| S9 | Scénario considérant des conditions extrêmes, et donc des pratiques intensives | 100% du Bassin Versant | |
| S1A | Combinaison des scénarios S0 et S2 | 75% de la SAU en S0 et 25% en S2 (25% des Grandes Cultures et 25% des Vignes) | |
| S2 | Prise en compte des MAET FERTI_01-PHYTO_04 pour les Grandes Cultures et PHYTO_04 et phyto_10 pour la vigne | 100% du Bassin Versant | |
| S3 | S3A | Conversion d'une partie des surfaces de Vigne (Conventionnel ou MAET) en Vigne Biologique | 20% des vignes en Vigne Biologique, 80% en S0 (Vigne Conventionnel) Grandes Cultures en S0 |
| | S3B | Conversion d'une partie des surfaces de Vigne (Conventionnel ou MAET) en Vigne Biologique | 20% des vignes en Vigne Biologique, 80% en S2 (Vigne MAET) Grandes Cultures en S2 |
| S4 | Conversion des surfaces en grandes cultures au bord des cours d'eau en prairies temporaires sous cahier des charges MAET | 100% des surfaces en Grandes Cultures situées à moins de 20 mètres des cours d'eau, le reste en S0 | |

Coût-Efficacité des scénarios par sous bassin

Coût-Efficacité des scénarii par sous-bassin
(Scénario S 9)
Efficacité: réduction de concentration à l'exutoire

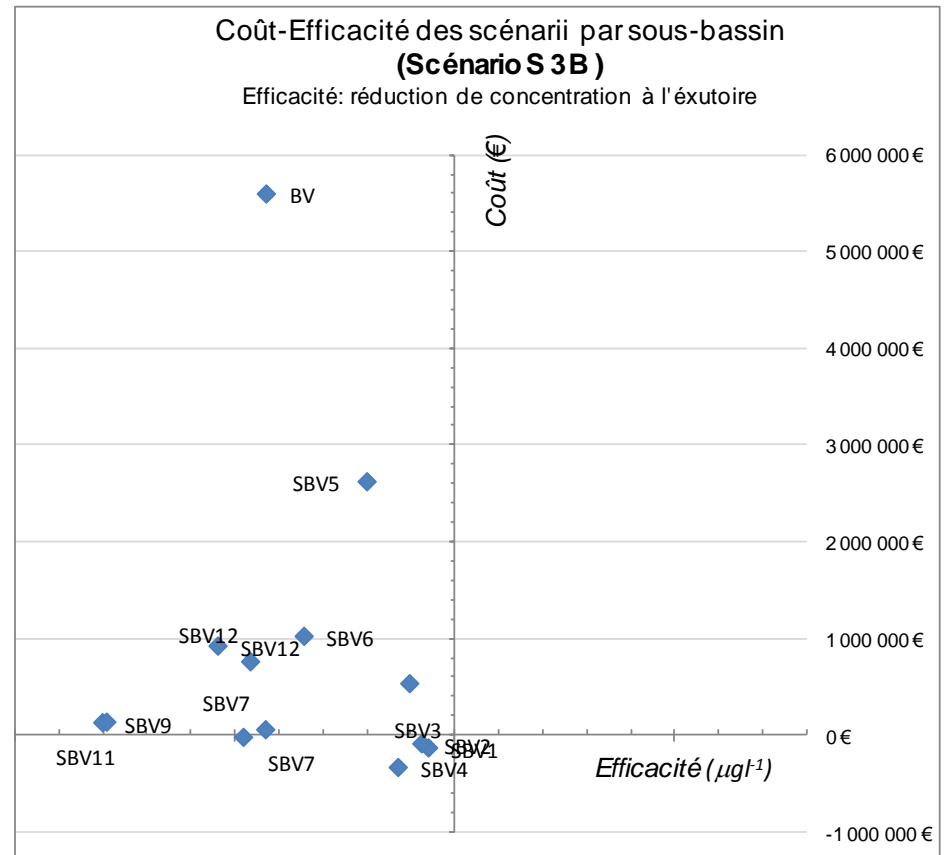
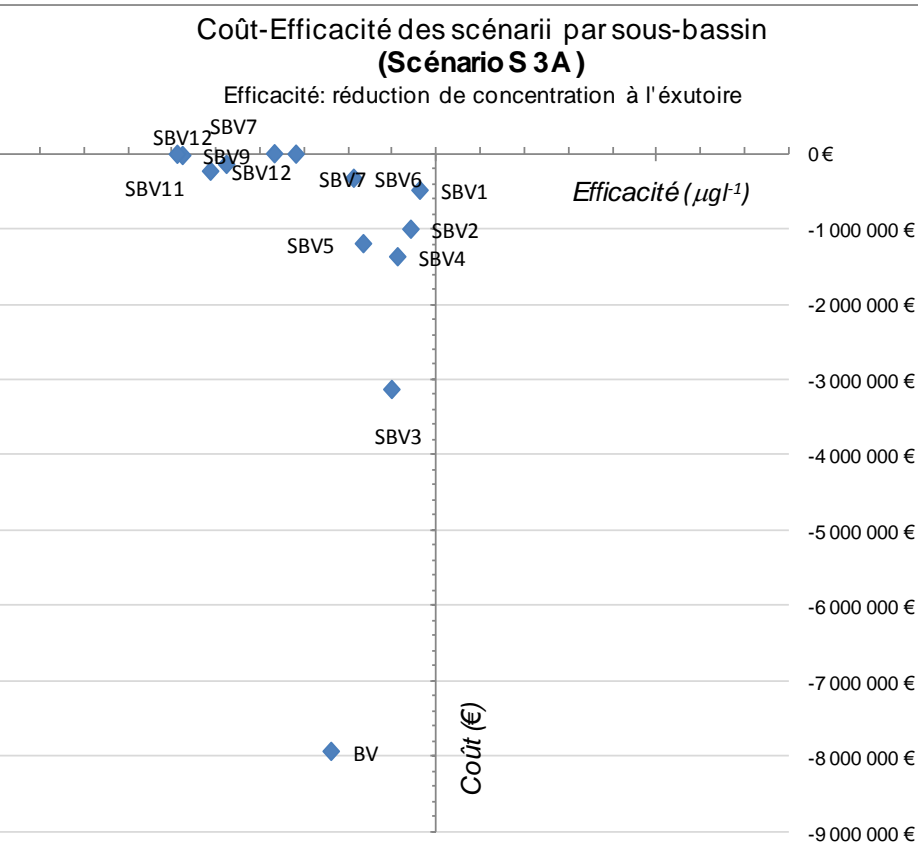


Coût-Efficacité des scénarii par sous-bassin
(Scénario S 2)
Efficacité: réduction de concentration à l'exutoire



| Scénario | Description du scénario | |
|----------|---|---|
| S0 | Scénario initial et de référence, efficience des pratiques agricoles et simulation de l'occupation agricole du Bassin Versant du Né | |
| S9 | Scénario considérant des conditions extrêmes, et donc des pratiques intensives | |
| S1A | Combinaison des scénarios S0 et S2 | |
| S2 | Prise en compte des MAET FERTL_01-PHYTO_04 pour les Grandes Cultures et PHYTO_04 et phyto_10 pour la vigne | |
| S3 | S3A | Conversion d'une partie des surfaces de Vigne (Conventionnel ou MAET) en Vigne Biologique |
| | S3B | |
| S4 | Conversion des surfaces en grandes cultures au bord des cours d'eau en prairies temporaires sous cahier des charges MAET | |

Coût-Efficacité des scénarios par sous bassin

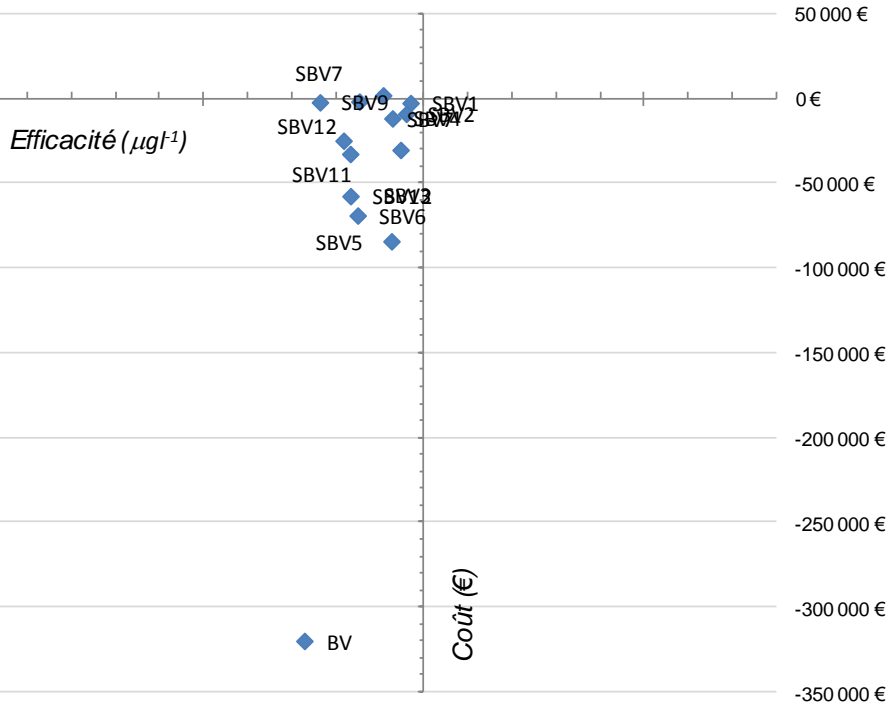


| Scénario | Description du scénario | |
|----------|---|---|
| S0 | Scénario initial et de référence, efficience des pratiques agricoles et simulation de l'occupation agricole du Bassin Versant du Né | |
| S9 | Scénario considérant des conditions extrêmes, et donc des pratiques intensives | |
| S1A | Combinaison des scénarios S0 et S2 | |
| S2 | Prise en compte des MAET FERTL_01-PHYTO_04 pour les Grandes Cultures et PHYTO_04 et phyto_10 pour la vigne | |
| S3 | S3A | Conversion d'une partie des surfaces de Vigne (Conventionnel ou MAET) en Vigne Biologique |
| | S3B | |
| S4 | Conversion des surfaces en grandes cultures au bord des cours d'eau en prairies temporaires sous cahier des charges MAET | |

Coût-Efficacité des scénarios par sous bassin

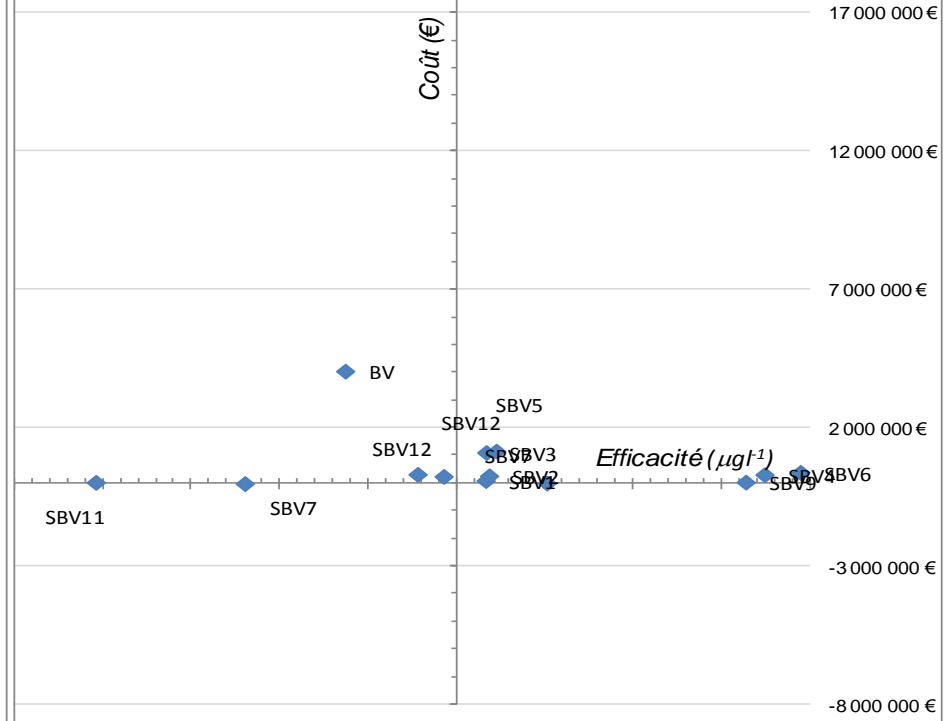
Coût-Efficacité des scénarii par sous-bassin
(Scénario S4)

Efficacité: réduction de concentration à l'exutoire



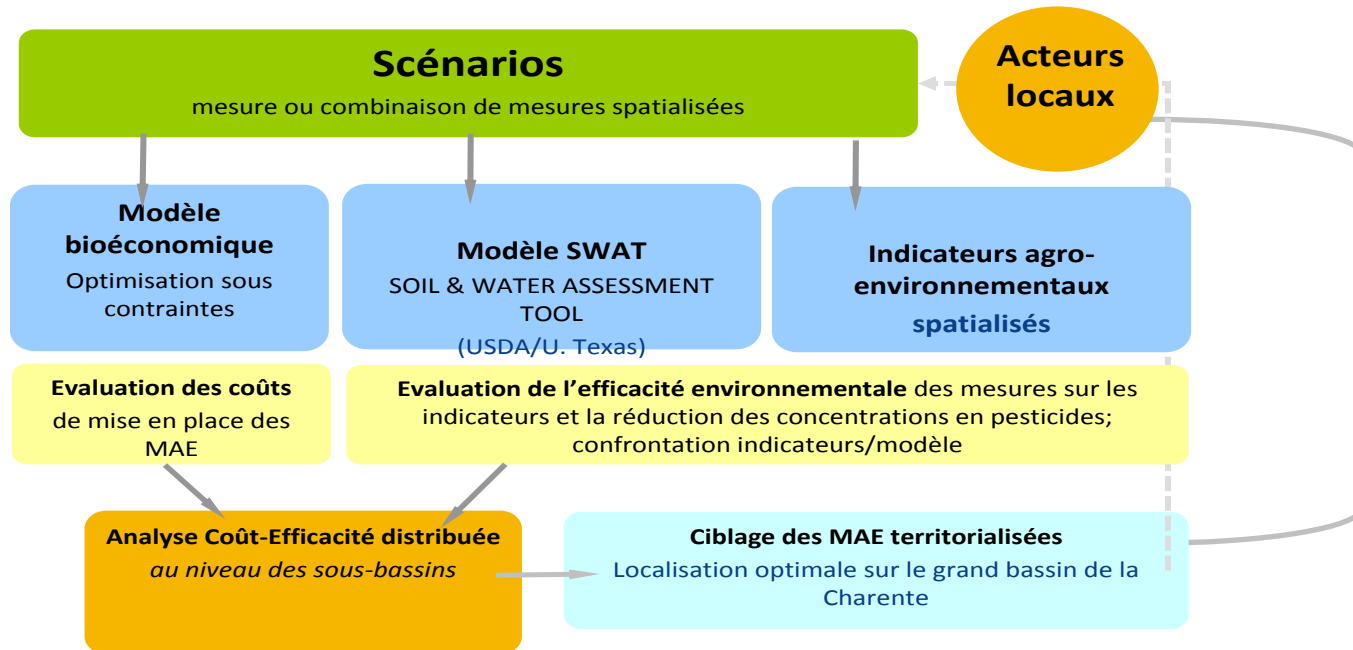
Coût-Efficacité des scénarii par sous-bassin
(Scénario S1A)

Efficacité: réduction de concentration à l'exutoire



| Scénario | Description du scénario | |
|----------|---|---|
| S0 | Scénario initial et de référence, efficience des pratiques agricoles et simulation de l'occupation agricole du Bassin Versant du Né | |
| S9 | Scénario considérant des conditions extrêmes, et donc des pratiques intensives | |
| S1A | Combinaison des scénarios S0 et S2 | |
| S2 | Prise en compte des MAET FERTI_01-PHYTO_04 pour les Grandes Cultures et PHYTO_04 et phyto_10 pour la vigne | |
| S3 | S3A | Conversion d'une partie des surfaces de Vigne (Conventionnel ou MAET) en Vigne Biologique |
| | S3B | |
| S4 | Conversion des surfaces en grandes cultures au bord des cours d'eau en prairies temporaires sous cahier des charges MAET | |

Et après

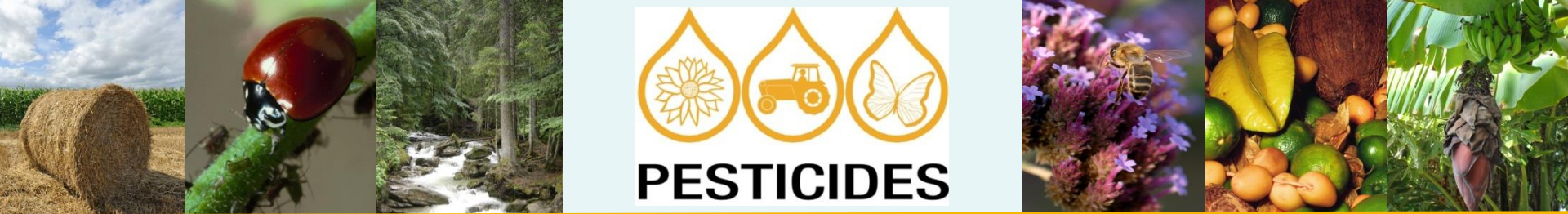


- Retour vers les acteurs (association préalable à la définition des scénarios)
- Echanges sur les résultats
- Confirmer/infirmar les résultats obtenus avec la réalité terrain
- Limites et discussion sur les travaux complémentaires à mener
- Mise en oeuvre de programmes d'action



Merci de votre attention !

Questions ???



Séminaire final MAEVEAU /ECCOTER



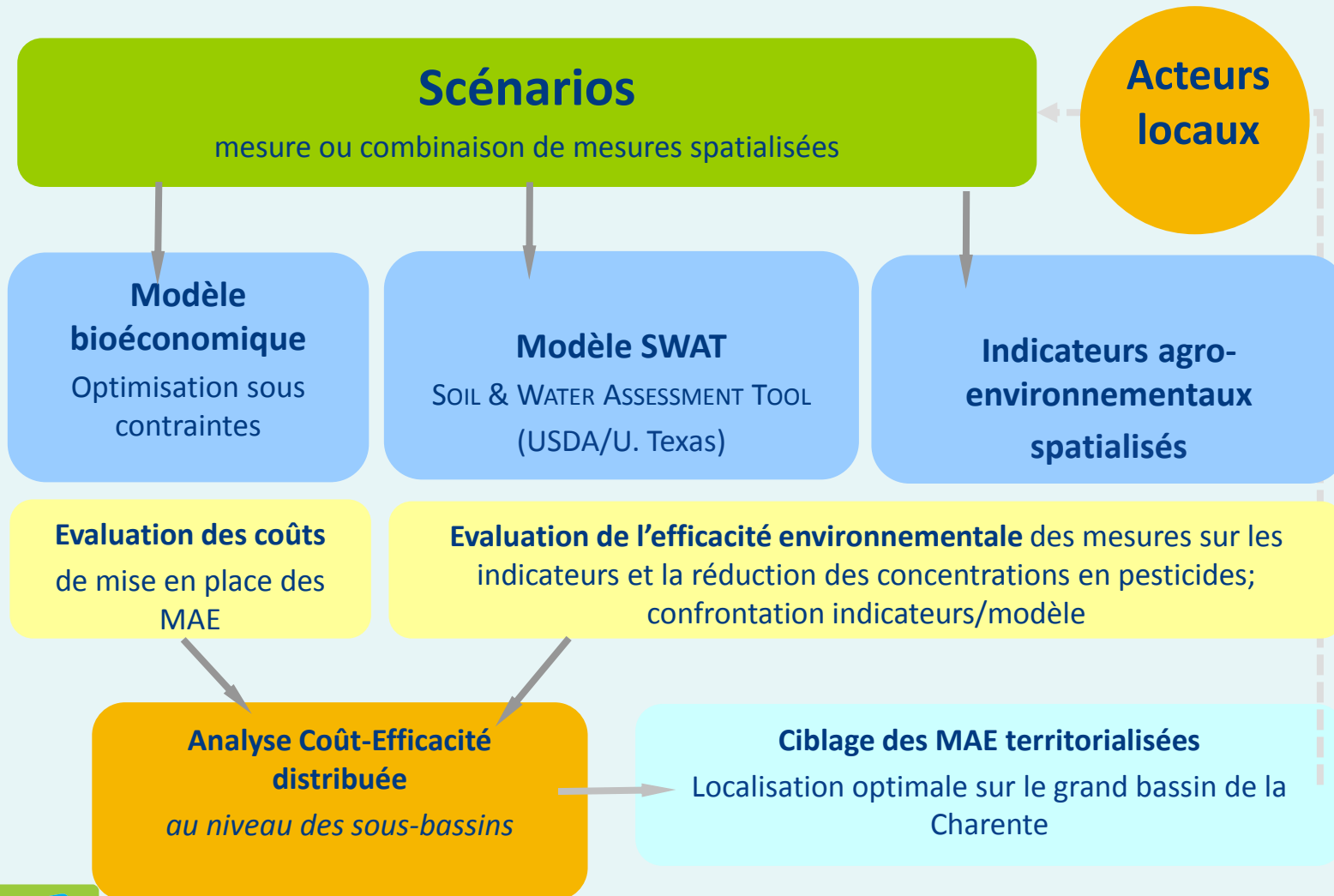
**Les mesures agroenvironnementales à enjeu « eau/pesticides »,
 Evaluation environnementale et économique de l'impact de
 modifications des pratiques agricoles par modélisation intégrée à
 partir de scénarios d'évolution**

Bilan des travaux:

F, Vernier O. Leccia, JM. Lescot,

12 et 13 Juin 2014 (à Bordeaux Sciences Agro)





La méthode permettra de tester plus de scénarios

| | Description |
|-----|---|
| S0 | Scénario initial 100% bassin |
| S9 | Pratiques intensives 100% du bassin |
| S2 | MAET GC et V 100% bassin |
| S1A | 75% de la SAU en S0 25% en S2 |
| S3A | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S0 GC en S0 |
| S3B | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S2 GC en S2 |
| S4 | 100% GC en prairies MAET à moins de 20m des cours d'eau le reste en S0 |

- Des scénarios construits par rapport à la problématique mais aussi pour offrir la diversité de cas nécessaire à la mise en place de la méthode
- Possibilité de localiser les mesures
- Possibilité de combiner plusieurs scénarios « unitaires » sur l'ensemble du bassin

Quels scénarios peut-on simuler ?

- Un scénario de référence (S0)
- Modifications des pratiques (ex modification des traitements S9)



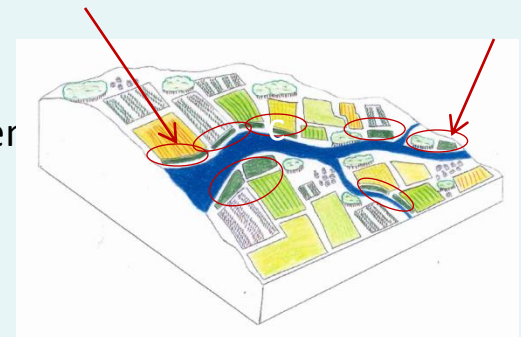
| | | | | | | | |
|----|----|----|----|---|----|----|----|
| S0 | MF | MF | T | B | | | |
| S2 | MF | MF | T | B | Lu | Lu | Lu |
| S0 | MI | MI | MI | | | | |
| S2 | MI | MI | MI | O | Lu | Lu | Lu |

- Modifications des rotations (ex allongement des rotations S2)
- Combinaison spatiale de 2 scénarios S1A,,,



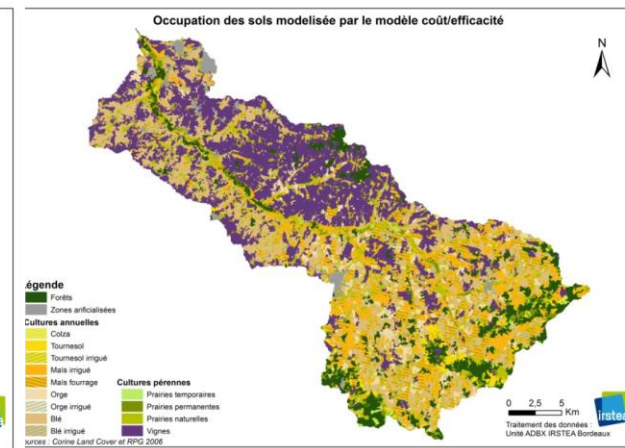
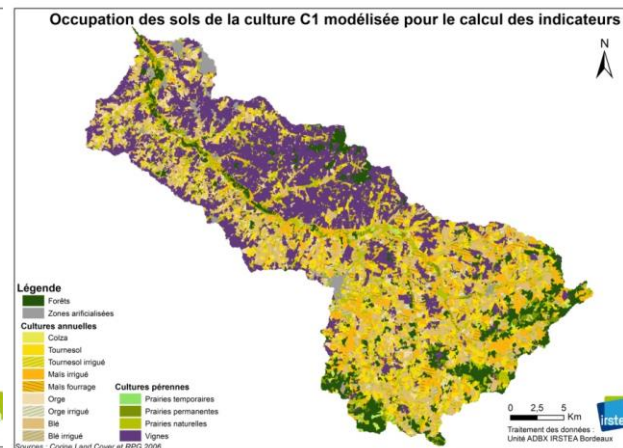
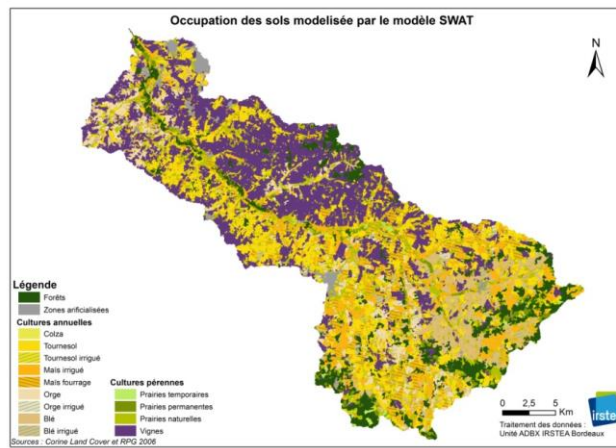
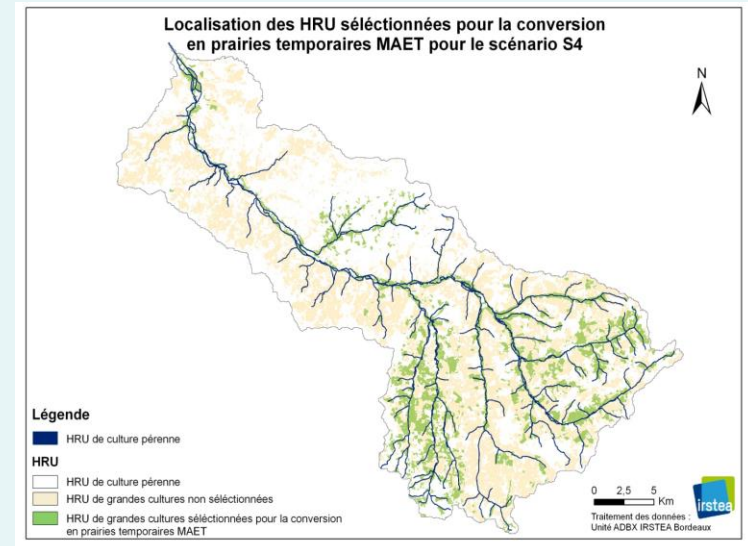
Positionnement de certaines mesures dans des zones sensibles à la pollution de l'eau (S4)

L'automatisation des calculs et des interfaces entre outils permet de gérer des scénarios localisés/combinaisons



Quelle intégration ?

- Intégration données d'entrée
- Transparence des jeux de données
- Echelle spatiale HRU/ilot -> gérer plusieurs échelles apportent des informations complémentaires
- les contraintes des outils peuvent conduire à quelques différences dans la localisation des mesures



Des données complémentaires pour l'aide à la décision

| | IFT | | | PREMA | | | | | | | | | |
|------------|-----------|----------------|--------|------------|----------------|-------------|-------------|-----------|----------|-------------|-----------|---------------------|--------------|
| | Herbicide | Hors Herbicide | Azote | Glyphosate | S-metolachlore | Acetochlore | Isoproturon | Mancozebe | 2-4-MCPA | Metaldehyde | Aclonifen | Chlorpyriphos-ethyl | Tebuconazole |
| S0 | 1,27 | 9,04 | 86,55 | 460,55 | 126,99 | 127,06 | 125,57 | 1548,48 | 31,64 | 47,07 | 240,77 | 130,38 | 52,14 |
| S9 | 41,89 | 20,08 | -0,12 | 120,56 | 39,89 | 0,04 | 12,82 | 0,00 | 0,00 | 69,58 | -86,80 | 0,00 | 100,00 |
| S1A | -6,40 | -4,83 | -3,32 | -7,32 | 0,85 | -23,39 | -9,57 | 0,00 | -2,40 | -16,63 | -11,47 | -15,19 | 15,19 |
| S2 | -44,36 | -31,93 | -27,09 | -51,09 | -5,92 | Absence | Absence | 0,00 | -41,72 | Absence | -84,08 | -99,97 | 100,00 |
| S3A | -3,98 | -10,37 | -3,52 | -10,49 | -0,04 | 0,01 | 0,02 | -11,70 | 0,03 | -0,01 | -0,03 | -11,69 | -11,70 |
| S3B | -47,11 | -39,24 | -29,48 | -56,82 | -5,96 | Absence | Absence | -11,70 | -41,44 | Absence | -84,09 | -99,97 | 76,60 |
| S4 | -14,54 | -2,30 | -15,24 | -1,77 | -17,10 | -39,18 | -14,61 | 0,00 | -9,74 | -27,08 | -20,99 | -0,01 | 0,00 |

indicateurs

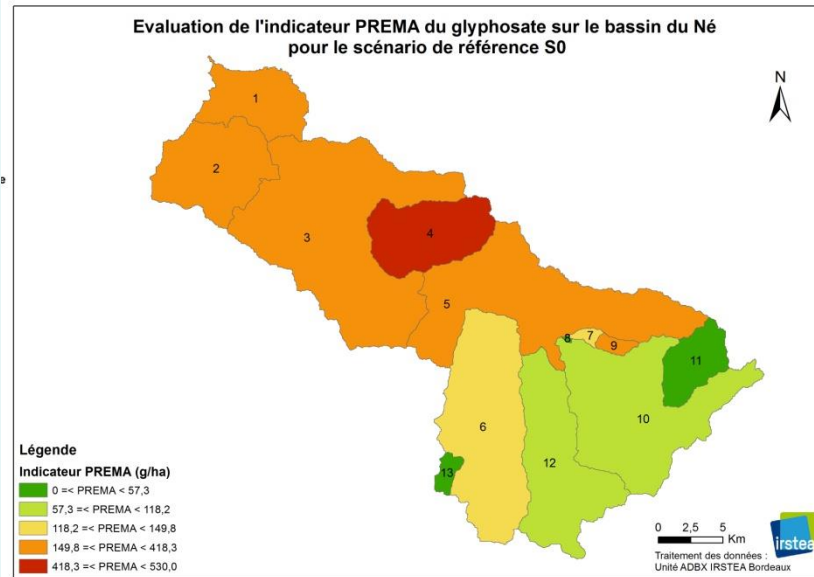


| Scénario | Glypho-sate | S_meto-lachlore | 2-4-MCPA | Aceto-chlore | Aclo-nifene | Chlorpyriphos ethyle | Isopro-turon | Manco-zebe | Metalde-hyde | Tebuconazole |
|--------------|-------------|-----------------|----------|--------------|-------------|----------------------|--------------|------------|--------------|--------------|
| S0 | 0.10 | 3.01 | 0.02 | 0.81 | 0.53 | 0.02 | 1.37 | 0.15 | 1.37 | 0.02 |
| S2 | 0.08 | 2.17 | 0.00 | Absence | 0.08 | 0.00 | Absence | 0.08 | Absence | 0.04 |
| S9 | 0.64 | 3.90 | 0.02 | 0.68 | 0.03 | 0.01 | 2.75 | 0.14 | 3.66 | 0.05 |
| S1A | 0.08 | 2.71 | 0.01 | 0.79 | 0.48 | 0.02 | 1.23 | 0.13 | 1.23 | 0.02 |
| S3A | 0.11 | 2.84 | 0.02 | 0.81 | 0.52 | 0.01 | 1.37 | 0.13 | 1.33 | 0.01 |
| S3B | 0.05 | 2.82 | Absence | Absence | 0.08 | 0.00 | Absence | 0.13 | 0.21 | 0.01 |
| S4 | 0.10 | 2.70 | 0.02 | 0.81 | 0.50 | 0.02 | 1.33 | 0.13 | 1.23 | 0.02 |
| S4VFS | 0.10 | 1.81 | 0.02 | 0.81 | 0.49 | 0.02 | 1.33 | 0.15 | 1.23 | 0.02 |

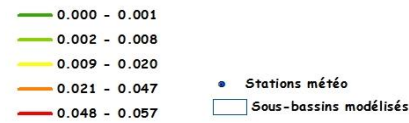
Modèle SWAT



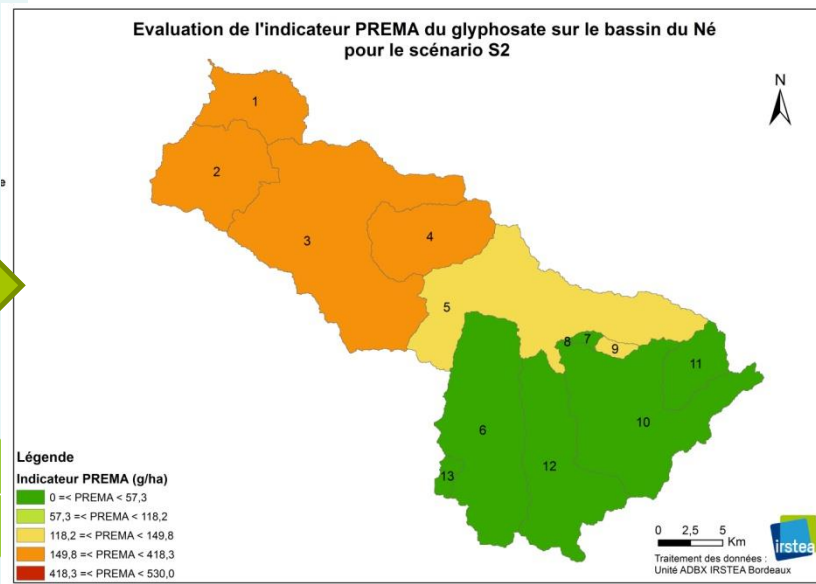
S0 →



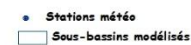
Glyphosate - Concentrations moyennes (µg/l)



S2 →



Glyphosate - Concentrations moyennes (µg/l)
Scénario 2 d'allongement des rotations

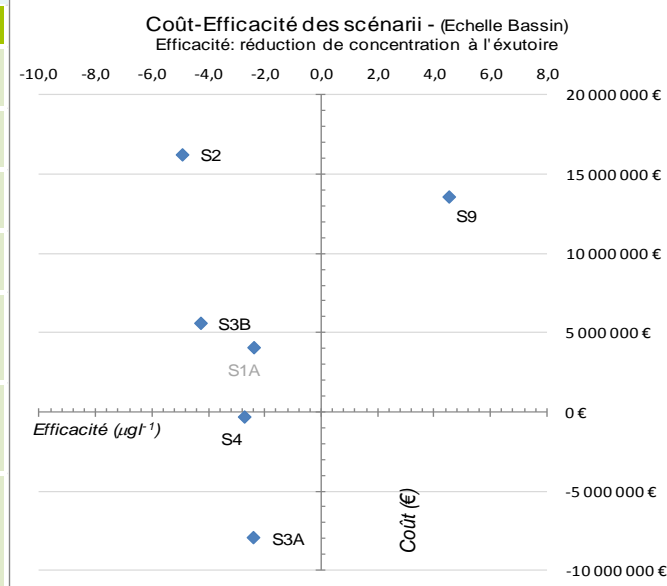




CLASSEMENT DES SCÉNARIOS EN FONCTION DE LEUR EFFICACITÉ ENVIRONNEMENTALE ET DE LEUR COÛT/EFFICACITÉ (RAPPORT C/E)

| échelle du BV | Classement scénarios pour réduction IFT | IFT Herbicide | IFT Hors herbicide | Efficacité Réduction concentrations (SWAT) | Réduction µg/l (total mol.) | Classement Coût/efficacité Analyse multicritère | Avec efficacité IFT | Avec efficacité SWAT (10 mol.) |
|----------------------|---|---------------|--------------------|--|-----------------------------|--|---------------------|--------------------------------|
| Efficace | S3B | -47% | -39% | S2 | -4,9 | du plus "cout-efficace" ↓ au moins cout-efficace | S2-S3B | S3B |
| | S2 | -44% | -32% | S3B | -4,3 | | | |
| Moyennement efficace | S4 | -15% | -2% | S4 | -2,7 | | S4 | S2 |
| | S3A | -4% | -10% | S3A | -2,4 | | S3A | S1A S3A |
| | S1A | -6% | -5% | S1A | -2,5 | | S9 | S9-S4 |
| Peu efficace | S9 | 42% | 20% | S9 | 4,5 | | | |

| | Description |
|------------|---|
| S0 | Scénario initial 100% bassin |
| S9 | Pratiques intensives 100% du bassin |
| S2 | MAET GC et V 100% bassin |
| S1A | 75% de la SAU en S0 25% en S2 |
| S3A | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S0 GC en S0 |
| S3B | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S2 GC en S2 |
| S4 | 100% GC en prairies MAET à moins de 20m des cours d'eau le reste en S0 |



DISCUSSION

- Une représentation de la « réalité » pour dégager des tendances
- les indicateurs permettent de « discriminer » significativement les scénarios
- Peu de différence de classement des scénarios à l'échelle BV de Né entre indicateurs/modèle hydro (mais reste à confirmer)
- Intégrer les coûts privés modifie le choix des scénarios et l'échelle sous-bassin versant également (un scénario n'est pas coût/efficace partout)

■ Limites

- Contraintes des outils (sélection HRUs/ilots) et impossibilité de tout modéliser (haies, fossés,...cuivre...)
- Scénarios testés contrastés (% de surface en MAET)
- Incertitude des données d'entrée et sensibilité de certains paramètres (prix de vente)
- les coûts n'incluent pas les coûts publics de mise en place des mesures
- pas de pratiques « bio » de référence
- Acceptabilité des mesures -> pas de retour avec les groupes d'acteurs

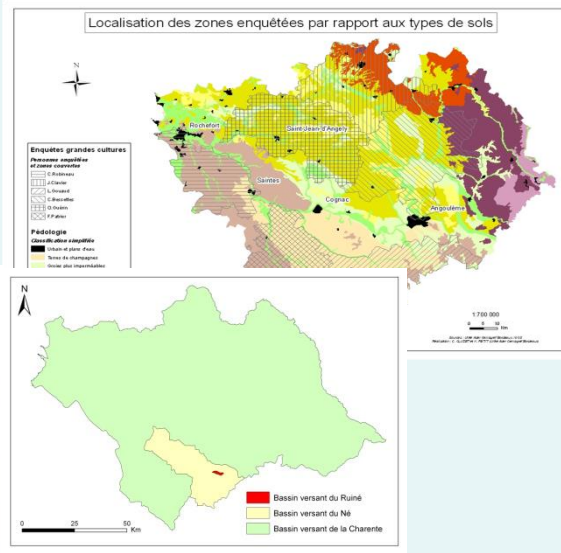
- ❑ Application à d'autres zones du bassin de la Charente (projet en cours de démarrage Modchar2)
- ❑ Adaptation des programmes d'automatisation de production des fichiers par scénario
→ agrégation par bassin versant sur des zones plus étendues
- ❑ Amélioration de la modélisation (éco et hydro)
- ❑ Applicabilité dans un contexte plus opérationnel
- ❑ Problématique azote, couplage ESO/ESU
- ❑ Analyse de la prise de décision « pesticides » -> comment organiser toute cette information pour la rendre accessible et pertinente ?



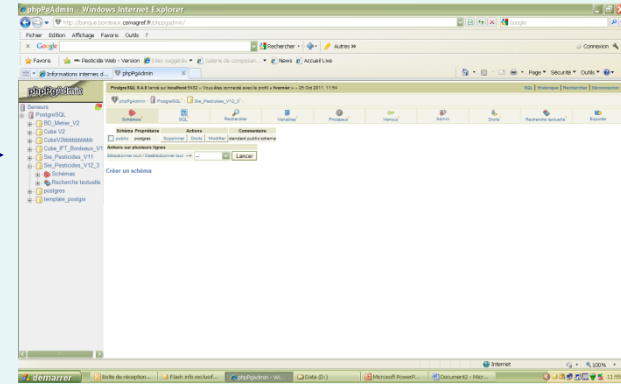


UN SYSTÈME D'INFORMATION POUR L'APPUI À LA DÉCISION

Couches SIG
+ données
thématiques

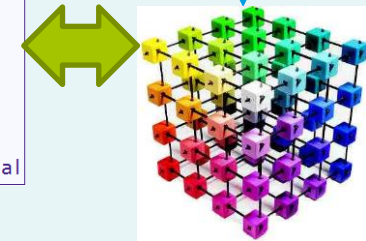


Intégration
des
données



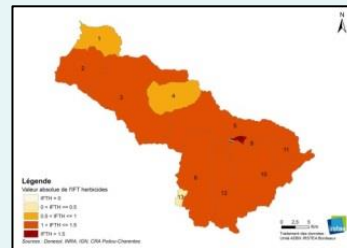
Base Postgres SQL

Création du
« cube »



| Mesure | |
|---|---------|
| Quantité Matière Active (kg) : | real |
| Quantite Produit (kg) : | real |
| Surface Développée Traitée (ha) : | real |
| Nombre Interventions : | integer |
| IFT (Produit) : | real |
| /Dose MA Appliquée / Surface Parcelle (kg/ha) : | real |
| /Dose MA Appliquée / Surface Développée (kg/ka) : | real |

Production des indicateurs –
consultation du système (SOLAP)



Sources : F Vernier/ A Miralles,
IRSTEA, SIE pesticides,



Merci de votre attention !



Une méthode de modélisation intégrée de scénarios d'évolution de l'agriculture pour l'aide à la décision publique : application à une zone à enjeu « pesticides » dans le bassin de la Charente.

F. Vernier*, V. Kuentz*, O. Leccia*, K. Petit*, C. Scordia*, S Minette **, H. Rethoret***, S. Paulet***, D. Espalieu*****

* Irstea, unité ADBX, 50, avenue de Verdun –BP3 – 33610 Cestas – contact : francoise.vernier@irstea.fr

**Chambre régionale d'Agriculture, Poitiers

***EPTB Charente, Saintes

****Agence de l'Eau Adour Garonne, Bordeaux

La méthode de modélisation intégrée de scénarios d'évolution de l'agriculture ici présentée a été développée par l'équipe Irstea en liaison avec leurs partenaires locaux. Elle est le résultat de plusieurs années de réflexions et de collaboration entre l'Irstea (équipe ADBX de Bordeaux), la chambre régionale d'agriculture de Poitou-Charentes, l'Établissement Public Territorial de Bassin (EPTB) Fleuve Charente et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. Une première application de la méthode a été réalisée dans le cadre d'une étude exploratoire réalisée en 2012 pour l'Agence de l'Eau à partir du cas du bassin versant du Né, qui est un sous-bassin de la Charente (cf. figure 1) et une zone d'action agro-environnementale (mesures agro-environnementales territorialisées MAET). Elle est également mobilisée pour l'évaluation environnementale de scénarios de MAET dans le cadre de l'appel d'offres « Évaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides » financé par le Ministère de l'Environnement et l'Onema, avec comme terrain d'application ce même bassin versant.

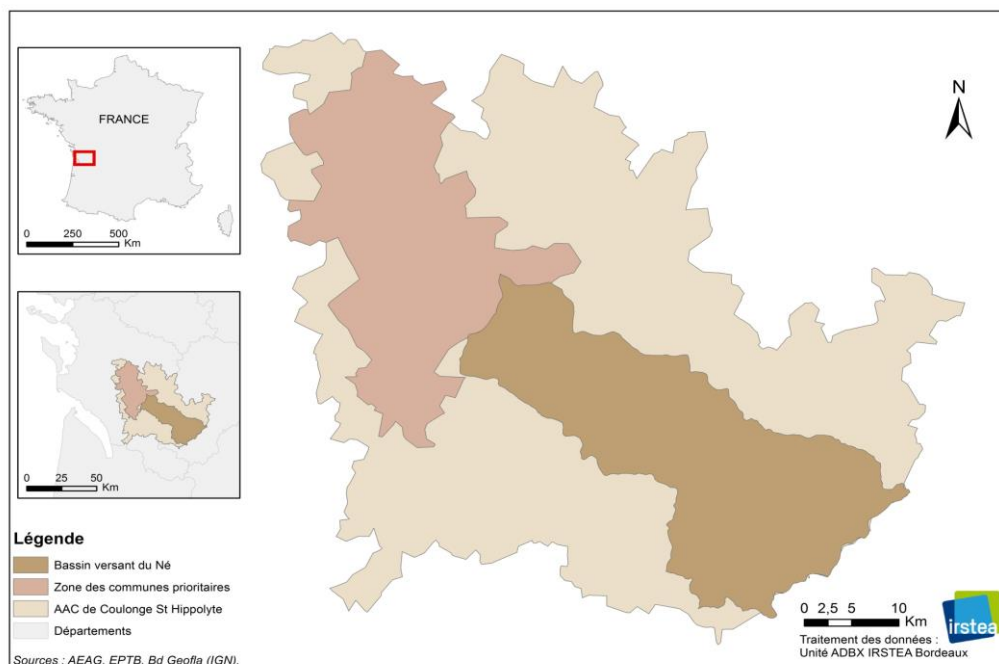


Figure 1 : zones concernées par les travaux sur le bassin versant de la Charente

L'objectif de ces travaux est de développer une méthode de modélisation intégrée et des outils transférables aux gestionnaires, afin de tester des hypothèses d'évolution des activités agricoles et d'en estimer les conséquences en termes d'impact sur la qualité de la ressource en eau. Pour améliorer la qualité de l'eau à l'échelle d'un territoire d'action, quelle occupation du sol et quelle évolution des systèmes ? A quel coût ? Ils répondent ainsi à une des préoccupations majeures de l'EPTB et de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, dans leur mise en œuvre conjointe des politiques publiques de lutte contre les pollutions diffuses, notamment par les pesticides. La méthode implique différentes phases (cf. figure 2) : tout d'abord, décrire un scénario de référence qui soit une vision

simplifiée mais réaliste des conditions de système et de milieux présents sur le territoire d'étude. Ensuite, définir avec les acteurs locaux quels scénarios d'évolution semblent pertinents à tester, et mes décrire complètement (occupation du sol et pratiques agricoles associées) de manière spatialisée. Des scénarios plus extrêmes peuvent être également testés. Enfin, estimer à l'aide des outils mobilisés, modèles et indicateurs, quels scénarios seraient les plus efficaces.

Démarche générale

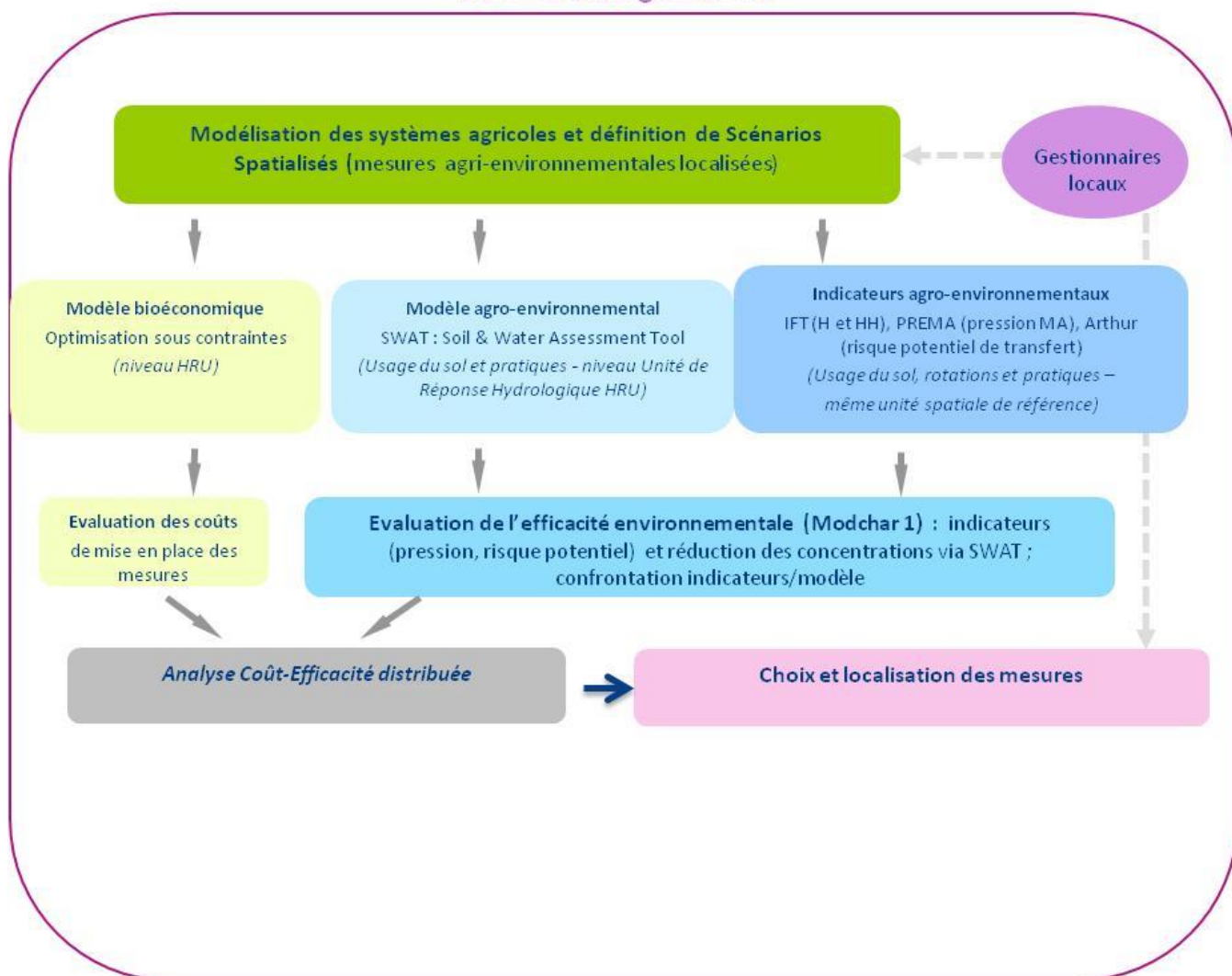


Figure 2 – démarche générale de modélisation intégrée

La constitution d'un jeu de données sur les milieux et les usages du sol, consolidé à partir des apports de chaque partenaire, ainsi qu'une description simplifiée mais réaliste des systèmes et des pratiques agricoles a permis de constituer un « scénario de référence ».

Ce scénario de référence est une vision « modélisée » de l'agriculture sur le territoire, prenant en compte de manière simplifiée, les types de sols, les rotations culturales associées et, pour chaque culture dans ces rotations, un itinéraire technique défini par enquêtes et à dire d'expert, en collaboration avec la chambre régionale d'agriculture Poitou Charentes. La période de référence utilisée pour l'étude a été 2006-2010 dans la mesure où elle regroupait le plus grand nombre de données disponibles. Les données institutionnelles utilisées pour l'agriculture sont celles du RPG (registre parcellaire graphique) de 2006-2010, dont l'objet spatial élémentaire est l'ilot. Elles ont été complétées par des données résultant d'enquêtes auprès d'experts locaux, d'un secteur ou d'une culture donnée. Cette vision modélisée des systèmes et des pratiques agricoles permet une

spatialisation des rotations type et de leurs pratiques associées (figure 3). Cette phase permet aussi de produire le fichier d'entrée qui sera utilisé par les outils indicateurs et modèles (un fichier par scénario, spatialisé à l'échelle de l'ilot ou de la HRU pour les modèles)

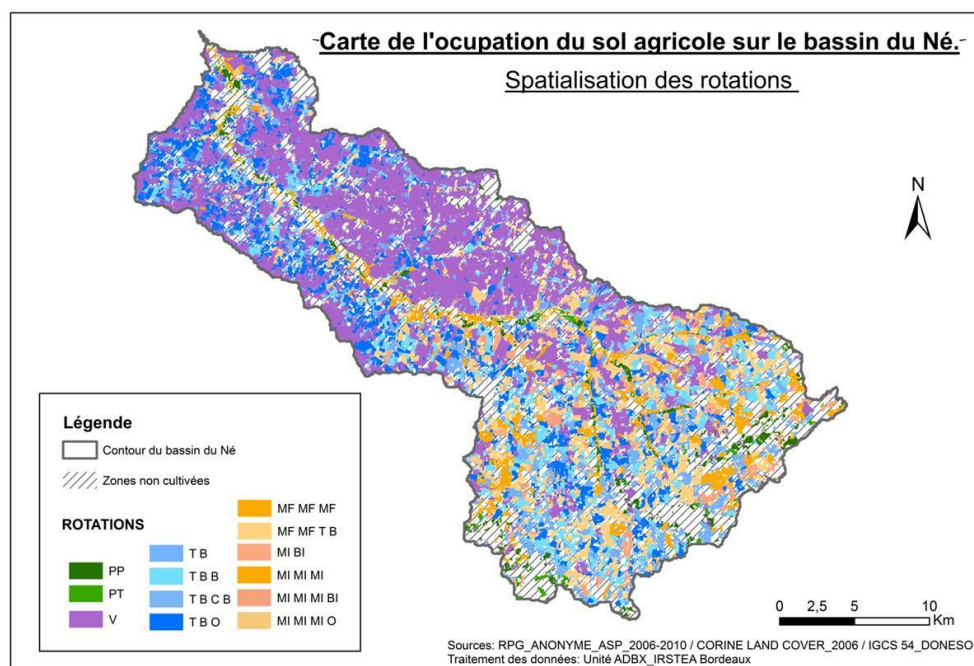


Figure 3 : spatialisation des rotations à l'échelle du bassin versant du Né (16)

La méthode développée par l'équipe Irstea, en collaboration avec les organismes partenaires comprend trois outils intégrés :

- Un outil permettant de décrire à l'échelle intermédiaire de la décision publique, les systèmes agricoles et les pratiques associées, avec une approche typologique par type de sol simplifié, rotation et culture, pour le scénario de référence et les scénarios alternatifs. La typologie des rotations, des systèmes et des pratiques associées a été ainsi réaffectée à l'échelle de l'ilot RPG, ce qui permet une vision modélisée et spatialisée de l'agriculture ainsi que la réalisation d'agrégations aux niveaux souhaités. La restitution se fait sous forme de fichier excel, aisément partageable par tous les partenaires.

- Un outil permettant de calculer, pour un scénario donné et spatialisé d'occupation du sol, de systèmes et de pratiques associées, des indicateurs de pression (par molécule phytosanitaire), d'intensité des pratiques (IFT indicateur de fréquence de traitement, herbicide et hors herbicide) et de risque potentiel (indicateur Arthur développé par la chambre régionale d'agriculture et un indicateur composite développé par l'équipe Irstea). Le processus a été automatisé (langage R) avec un format de restitution sous excel. Le calcul de l'indicateur s'effectue au niveau de l'ilot mais différents niveaux d'agrégation sont possibles, notamment l'échelle du sous-bassin modélisé pour confrontation aux résultats du modèle agro-hydrologique ou encore la zone hydrologique (pour l'Agence).

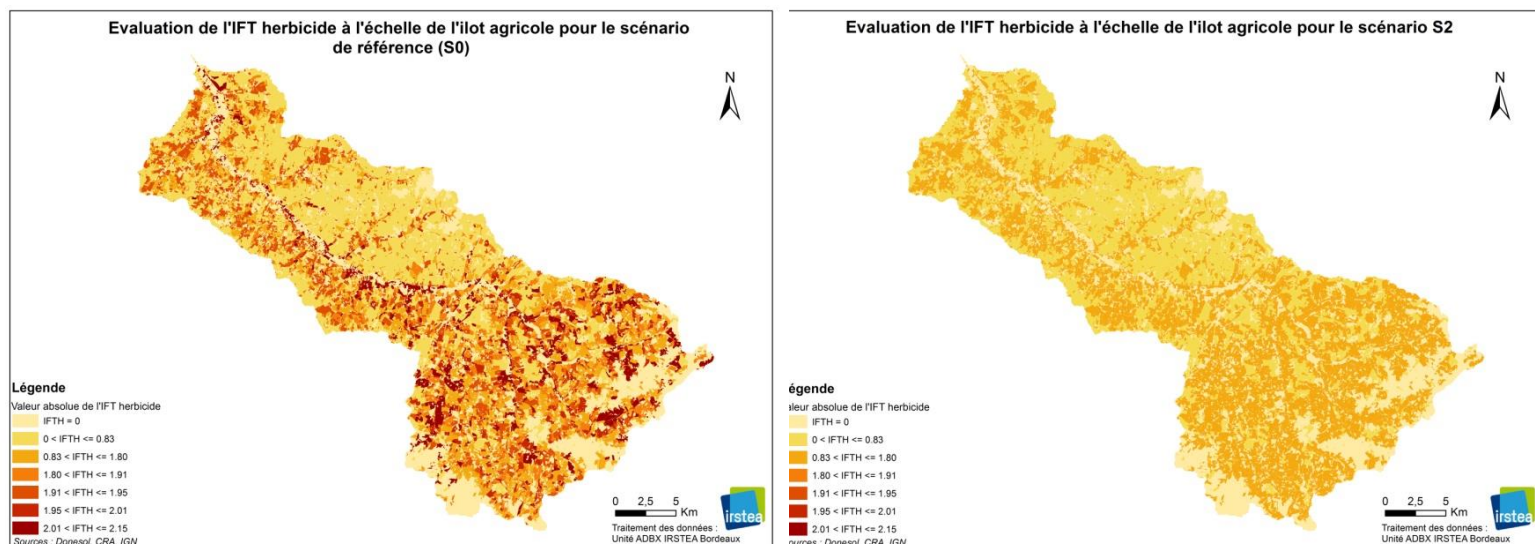
- Un outil de modélisation agro-hydrologique (SWAT) couplé avec l'outil de description des pratiques via une macro spécialement développée (GENLU2) pour prendre en compte dans SWAT la typologie des sols, des rotations et des pratiques associées pour les différents scénarios considérés. Le modèle agro-hydrologique permet de modéliser les transferts de 10 molécules sélectionnées comme « représentatives » avec comme unité de calcul des unités homogènes (HRU) et d'en fournir un bilan à l'échelle du sous-bassin modélisé.

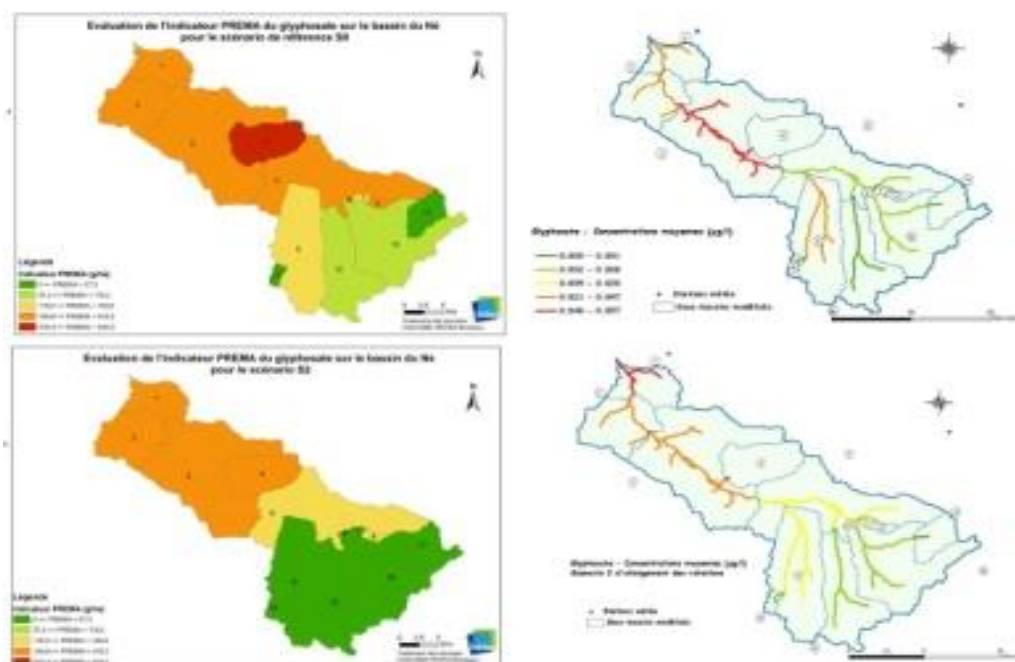
Les scénarios alternatifs testés sont élaborés conjointement par l'équipe Irstea et les acteurs locaux, sur la base de la réalité des mesures agro-environnementales actuellement définies sur la zone, des programmes en cours ou envisagés, ainsi que les tendances envisagées pour l'évolution des systèmes.

Ces scénarios sont spatialisés sur tout ou partie du bassin et peuvent tenir compte des évolutions des usages du sol (surfaces agricoles), des modifications de pratiques (Itinéraires techniques, ITK) ou encore de la mise en œuvre de mesures liées à des politiques publiques ou issues de programmes de l'Agence. Il est possible également de construire un scénario spatialisé qui soit une combinaison de deux autres (exemple 80% scénario de référence et 20% en « bio » ou avec application de mesures agro-environnementales). Les scénarios alternatifs ainsi définis peuvent être évalués en parallèle par les outils « indicateurs » et « modèle agro-hydrologique », en se focalisant sur les 10 molécules phytosanitaires « traceur » choisies (pour leur fréquence d'utilisation, de détection dans les eaux superficielles,...).

| | Description | Modification des pratiques | Modification de l'assolement | Pourcentage d'application |
|-----|--|--|---|--|
| S0 | Scénario initial et de référence | | | 100 % du bassin |
| S9 | Pratiques intensives | Variations des fréquences des traitements phytosanitaires | | 100% du bassin |
| S1A | Combinaison S0 et S2 | Pratiques de S0 et de S2 | Combinaison de S0 et de S2 | 75% de la SAU en S0 et 25% en S2 |
| S2 | Prise en compte des MAET (FERTI_01 et PHYTO_04 pour GC et PHYTO_04 pour V) | IFT Herbicide de 1,04 pour GC et de 0,56 pour V 140 UN d'azote par ha et an pour GC | Allongement des rotations (3 années de luzerne ou 1 année de pois de printemps) | 100% du bassin |
| S3 | Conversion d'une surface de vigne en vigne biologique | Pas de description d'ITK et azote sous forme organique | Vigne Biologique et Vigne Conventionnel | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S0 GC en S0 |
| | | | Vigne Biologique et Vigne MAET | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S2 GC en S2 |
| S4 | Conversion GC proches des cours d'eau en prairie temporaire MAET | 0 unité d'azote pour les prairies temporaires MAET | Introduction des prairies temporaires MAET | 100% des GC à moins de 20 m d'un cours d'eau en prairie temporaire MAET le reste en S0 |

Plusieurs scénarios alternatifs ont déjà été testés sur le bassin versant du Né (voir tableau ci-dessus). Les indicateurs mis en œuvre (Prema, IFT, Arthur) donnent une évolution de la pression exercée ou du risque potentiel de transfert vers les eaux, tandis que le modèle simule les transferts et le devenir des substances actives sur une longue période pour évaluer l'impact potentiel sur les concentrations dans les cours d'eau. La figure 4 ci-dessous montre l'exemple du calcul de l'IFT herbicide pour les scénarios S0 de référence et S2 application sur tout le bassin du Né, à l'échelle de l'ilot)





La figure 5 montre la confrontation entre un indice de pression (ici pour le glyphosate) agrégé à l'échelle du sous-bassin modélisé et les résultats en termes de concentrations en glyphosate dans les cours d'eau, calculés par le modèle agro-hydrologique pour le même scénario et à la même échelle de sous-bassin. Ceci a été réalisé pour tous les scénarios et pour les molécules « traceur » choisies en accord avec tous les partenaires du projet.

Les premiers résultats sont suffisamment encourageants pour que le collectif envisage de mobiliser la méthode et les outils développés dans un contexte plus opérationnel d'appui à la mise en œuvre d'un programme d'action sur une zone AAC Grenelle 2, incluant le bassin versant du Né. Ce nouveau projet est actuellement en cours de démarrage.

Remerciements : Le projet Eccoter a reçu le soutien financier de l'ONEMA dans le cadre de l'appel à projet de recherche 2009 du programme de recherche du MEDDE « Evaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides » en appui à la mise en œuvre de l'axe 3 du plan Ecophyto

Mots-clés – évaluation environnementale – scénarios – agriculture – modèle agro-hydrologique – indicateurs

Bibliographie associée :

LECCIA, O., VERNIER, F, GALICHET, B., 2013, soumis, abstract accepté. Modeling the dynamics of agricultural and practice changes with GENLU2 – a SWAT application. SWAT Conference, July 2013, International SWAT conference – Toulouse, F., 17/07/2013-19/07/2013.

LESCOT, J.M., LECCIA, O., VERNIER, F. - 2013. Challenges for integrated assessment and Cost-Effectiveness analysis of mitigation measures for controlling water pollution. Transboundary water management across borders and interfaces: present and future challenges. TWAM2013 International Conference 16/03/2013-20/03/2013, Aveiro, PRT. 5 p. []

PROU, J., BACHER, C., BALLE BEGANTON, J., MONGRUEL, R., PEREZ AGUNDEZ, J.A., VERNIER, F., BORDENAVE, P., CANDAU, J., DELMAS, F., MENSCAL, Y., RETHORET, H., NEVEU, J. - 2010. SSA 10 Pertuis Charentais: Freshwater allocation in the Charente river catchment. Spicosa meeting 03/02/2010-05/02/2010, Istanbul, TUR. 1 p. []

VERNIER, F., BORDENAVE, P., CHAVENT, M., LECCIA, O., PETIT, K. - 2010. Modelling scenarios of agriculture changes on freshwater uses and water quality at a large watershed scale: the case of the Charente watershed (France). International congress on environmental modeling and software 05/07/2010-08/07/2010, Ottawa, CAN. 9 p. []

VERNIER, F., ROCLE, N., PROU, J., PETIT, K., BRAY, X. - 2012. Conceptual modelling of dynamics and interdependencies around water quality issues within coastal systems. Two case studies: the Pertuis Charentais (SW France) and the Bay of Robert (Martinique island, FWI). 50th ECSA Conference: Today's science for tomorrow's Management 03/06/2012-07/06/2012, Venise, ITA. []

VERNIER, F., GALICHET, B., LECCIA, O. - 2013. MODCHAR : Définition de scénarios d'évolution des pratiques agricoles et modélisation des impacts des pressions agricoles (pollution diffuse) dans le bassin versant de la Charente : étude exploratoire pour l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (2012). Rapport final d'étude 105 p. []

Modélisation intégrée de scénarios d'évolution de l'agriculture pour l'aide à la décision publique

Application à des zones à enjeux « eau » dans le bassin de la Charente

Contacts : Françoise Vernier, Irstea - Francoise.Vernier@irstea.fr

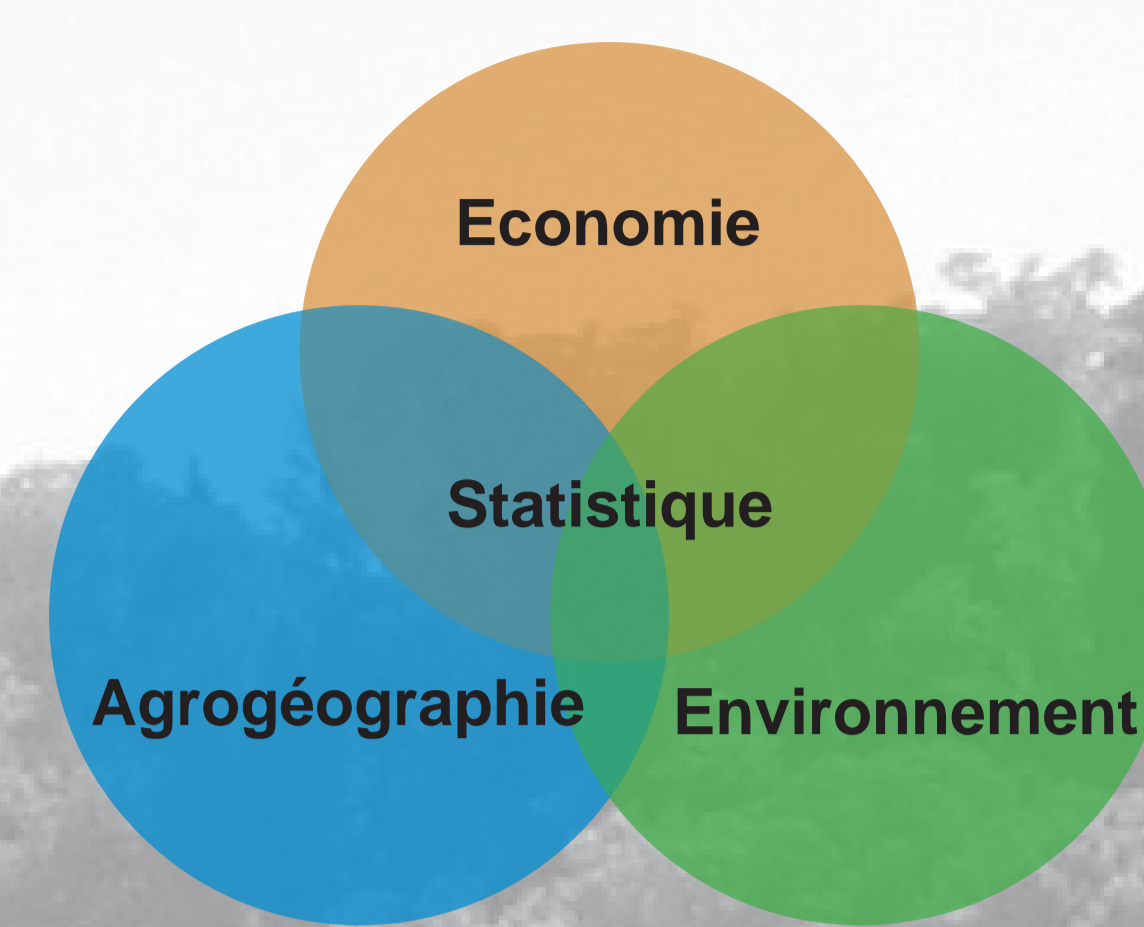
Delphine Espalieu, AEAG - Delphine.Espalieu@eau-adour-garonne.fr



Contexte et objectifs des travaux

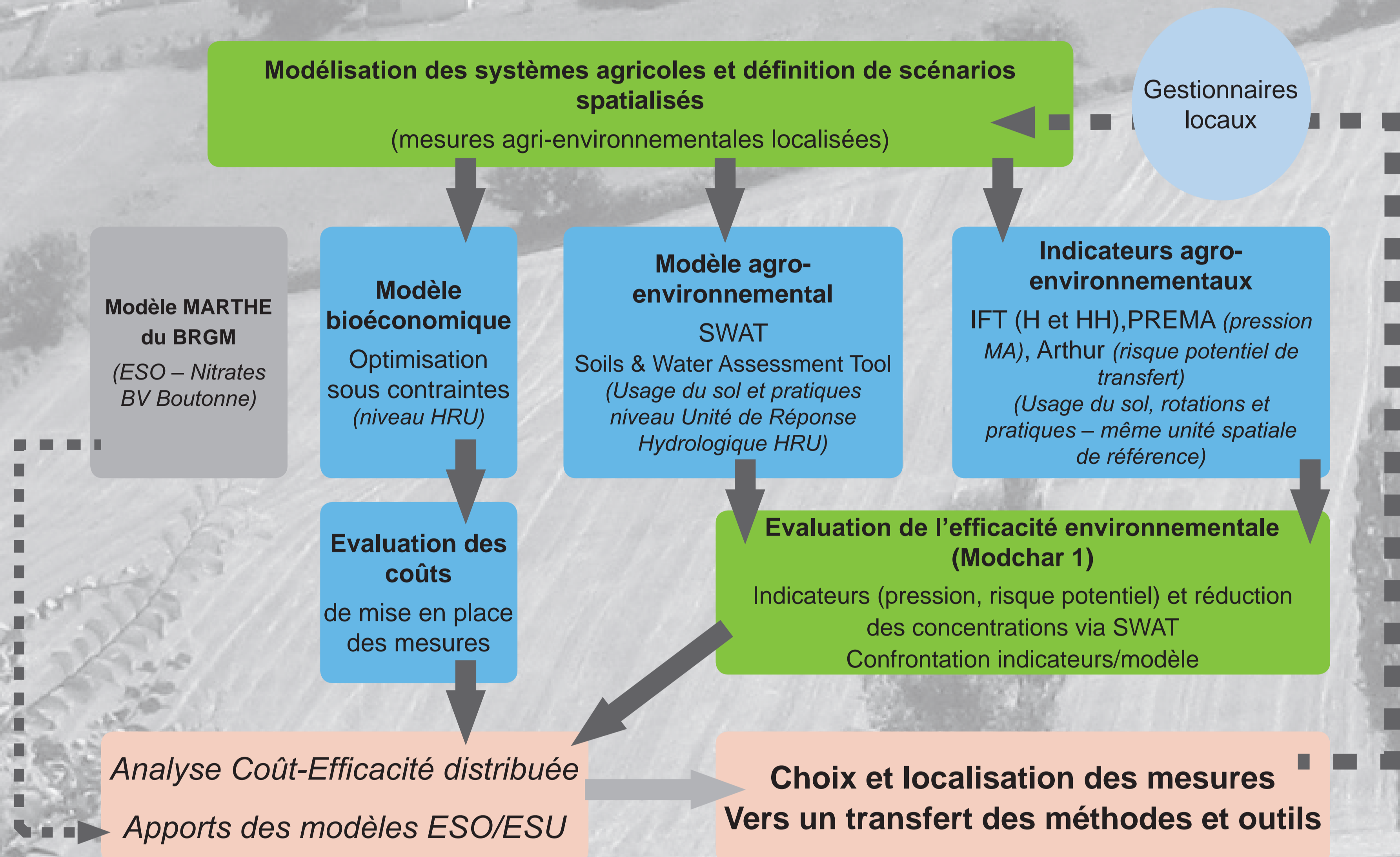
Cette méthode de modélisation intégrée est le résultat de plusieurs années de collaborations entre l'Irstea (ADBx), la chambre régionale d'agriculture, l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, le BRGM et l'EPTB Fleuve Charente. Les travaux s'appuient sur les avancées méthodologiques de projets de recherche (Maevau/Eccoter). Une première approche à visée opérationnelle (Modchar1) a été réalisée en 2012 sur le bassin de la Charente.

L'objectif des travaux est de développer une méthode et des outils, transférables aux gestionnaires locaux, qui puissent évaluer des scénarios agricoles et en estimer les conséquences en termes d'impact sur la qualité de la ressource en eau (pesticides et nitrates). L'enjeu est de répondre au besoin en méthodes adaptées et spatialisées utilisables par les acteurs pour la mise en œuvre des politiques publiques à enjeu eau.



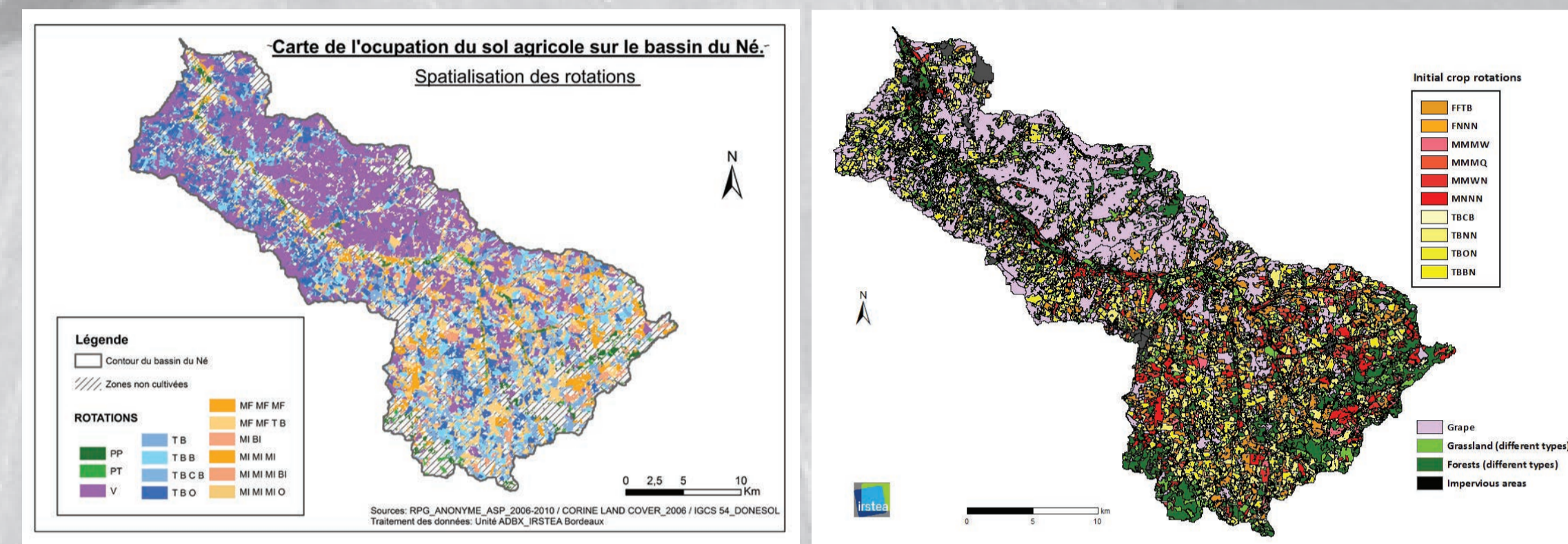
Méthodologie

Evaluation par modélisation intégrée des effets de trajectoires d'évolution de l'agriculture, traduits en scénarios, sous différentes contraintes environnementales, économiques et réglementaires



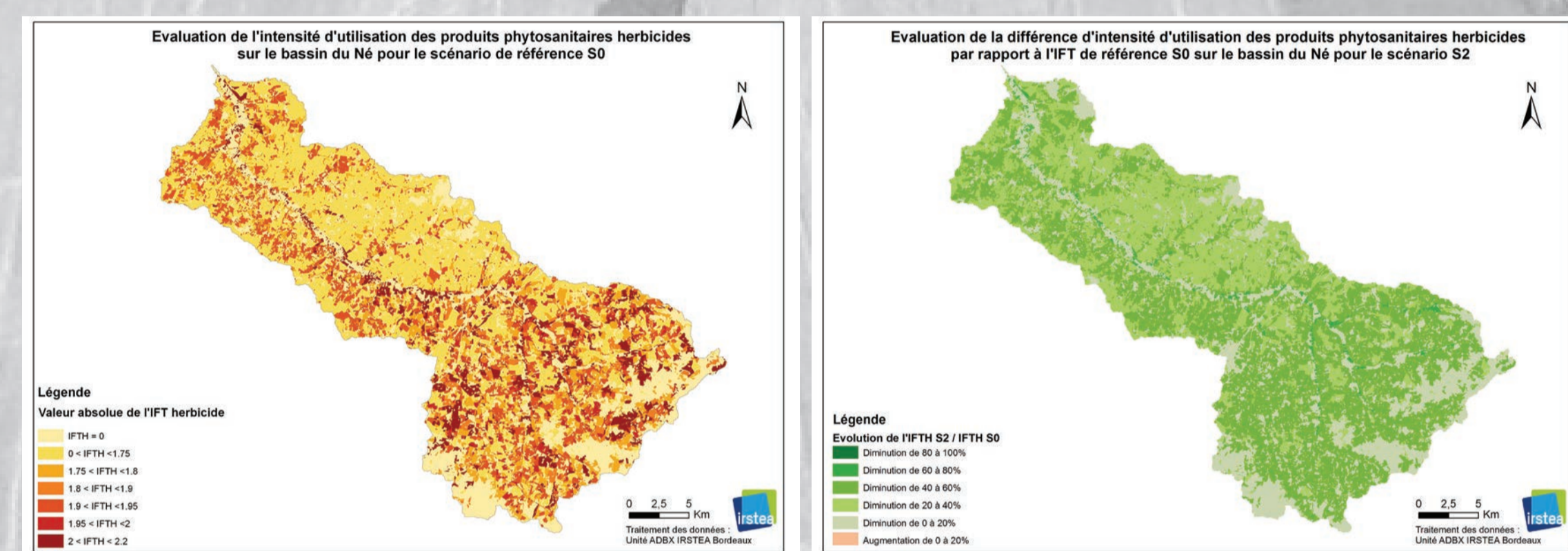
Premiers résultats

Spatialisation des scénarios



Rotations par type de sol simplifié Traduction dans SWAT (HRU) Source : Irstea ADBx et CRA Poitou-Charentes

Évaluation des scénarios par les indicateurs

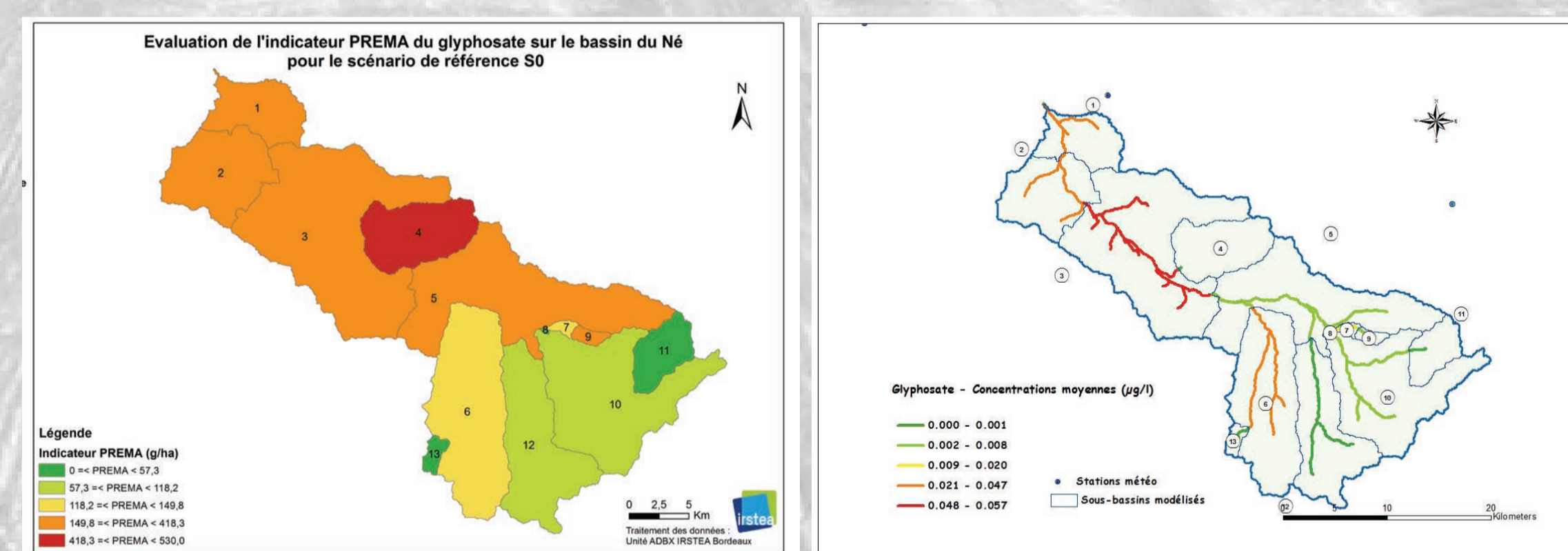


A gauche IFT herbicide pour le scénario 0 et à droite application du scénario S2 (MAET sur tout le bassin) en différentiel par rapport au scénario 0

| Scénario | IFT | |
|----------|-----------|----------------|
| | Herbicide | Hors Herbicide |
| S0 | + | + |
| S1A | - | - |
| S2 | - | - |
| S3A | - | - |
| S3B | - | - |
| S4 | - | - |

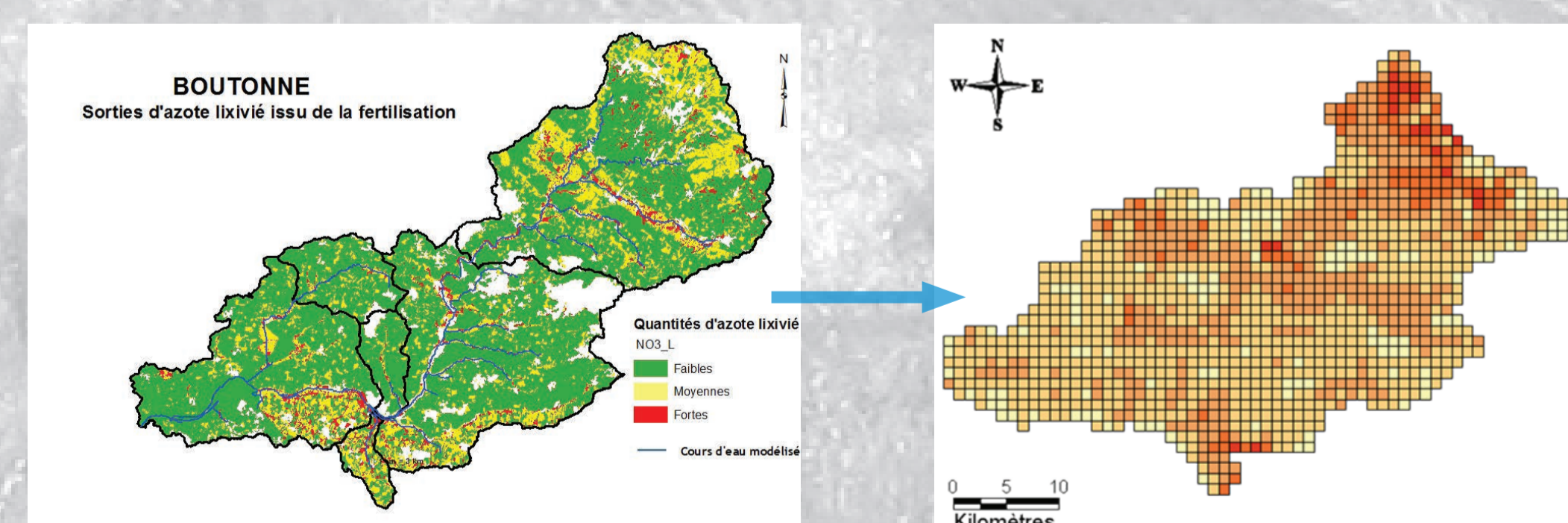
Comparaison de l'efficacité environnementale des scénarios (ici exemple avec IFT)

Confrontation indicateur PREMA et modèle SWAT

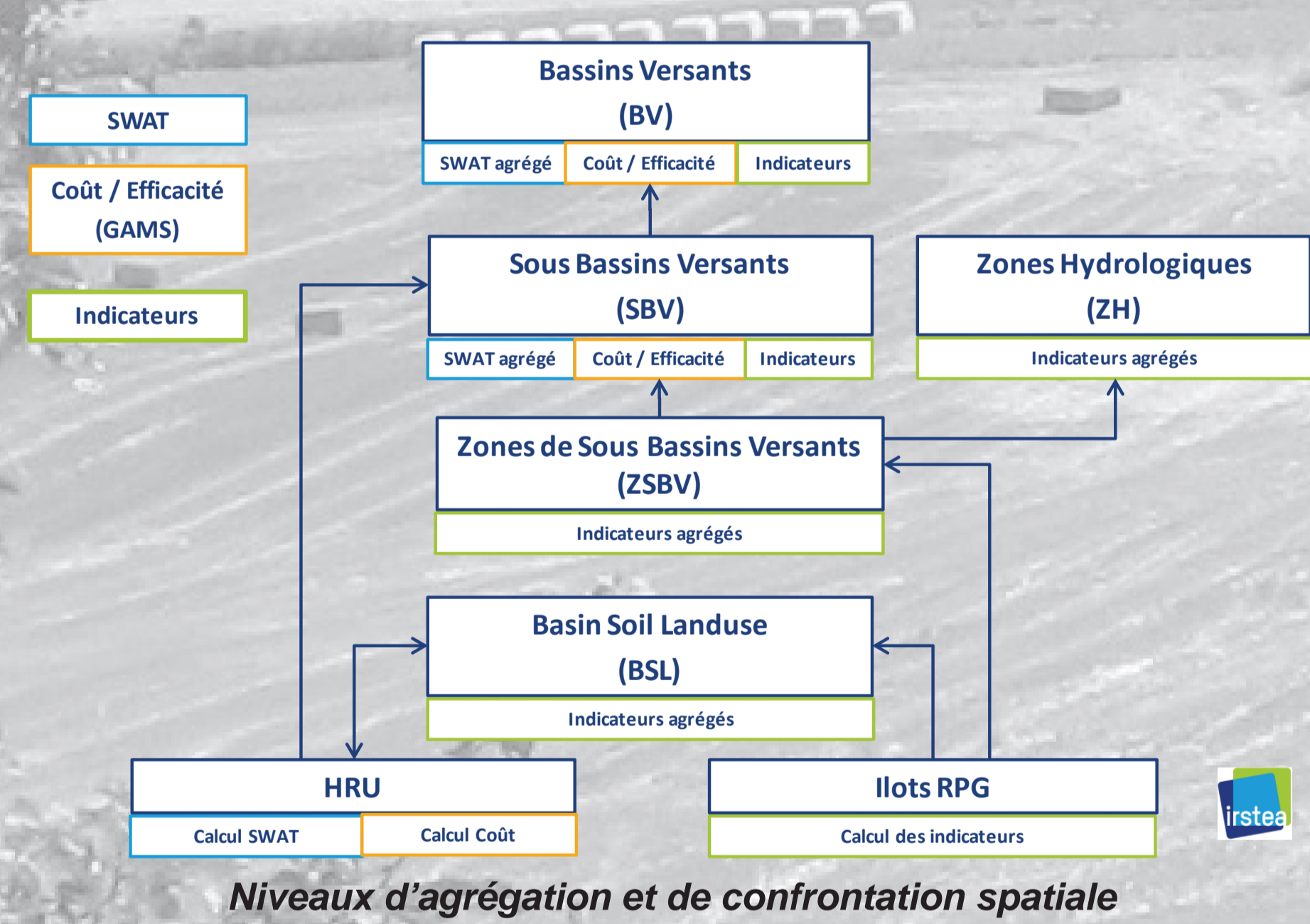


Cas du glyphosate pour le scénario de référence

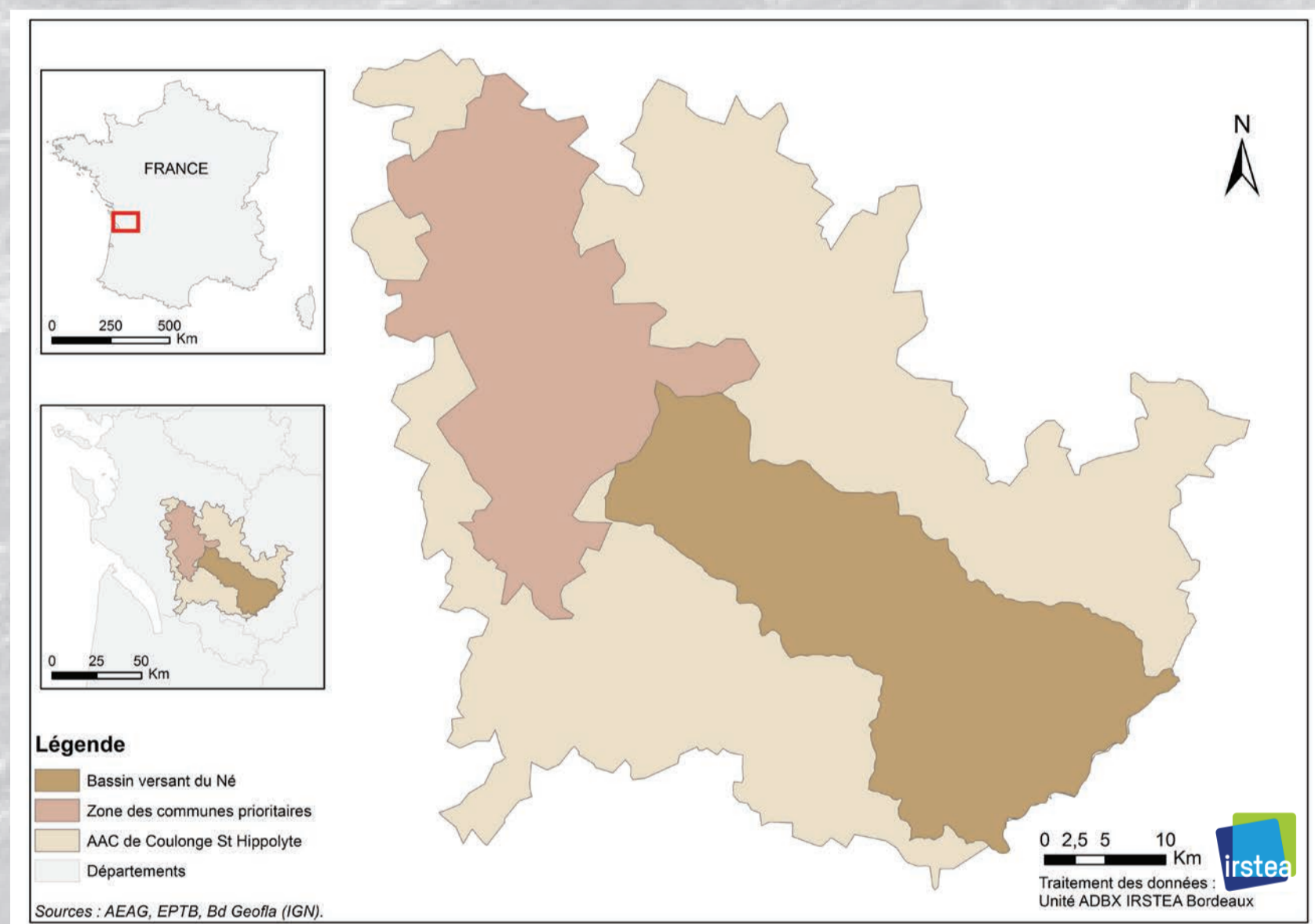
Exploration du couplage des modèles sur le BV de la Boutonne



Azote lixivé du modèle semi-distribué SWAT (ESU) en entrée du modèle maillé Marthe du BRGM (ESO)



Délimitation des zones d'étude (BV du Né et BAC Coulonge et St Hippolyte)



Types de scénarios testables par la méthode de modélisation intégrée

| | Description | Modification des pratiques | Modification de l'assolement | Pourcentage d'application |
|-----|--|---|---|--|
| S0 | Scénario initial et de référence | | | 100% du bassin |
| S9 | Pratiques intensives | Variations des fréquences des traitements phytosanitaires | | 100% du bassin |
| S1A | Combinaison S0 et S2 | Pratiques de S0 et de S2 | Combinaison de S0 et de S2 | 75% de la SAU en S0 et 25% en S2 |
| S2 | Prise en compte des MAET (FERTI_01 et PHYTO_04 pour GC et PHYTO_04 pour V) | IFT Herbicide de 1,04 pour GC et de 0,56 pour V 140 UN d'azote par ha et an pour GC | Allongement des rotations (3 années de luzerne ou 1 année de pois de printemps) | 100% du bassin |
| S3A | Conversion d'une surface de vigne en vigne biologique | Pas de description d'ITK et azote sous forme organique | Vigne Biologique et Vigne Conventioneel | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S0 GC en S0 |
| S3B | | | Vigne Biologique et Vigne MAET | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S2 GC en S2 |
| S4 | Conversion GC proches des cours d'eau en prairie temporaire MAET | 0 unité d'azote pour les prairies temporaires MAET | Introduction des prairies temporaires MAET | 100% des GC à moins de 20 m d'un cours d'eau en prairie temporaire MAET le reste en S0 |

Conclusions et Perspectives

La méthode a été testée en 2012-2013 sur le sous-bassin du Né (700 km², zone MAET). Elle a permis de décrire à cette échelle, dans toutes ses composantes, un scénario « de référence » et plusieurs scénarios évolutifs de l'agriculture. Les scénarios ont été définis et évalués par les outils « indicateurs » et « SWAT » en se focalisant sur 10 molécules phytosanitaires « traceur ». En ce qui concerne l'azote, un couplage des modèles SWAT et MARTHE a été exploré sur le sous-bassin versant de la Boutonne (1300 km²).

Les premiers résultats sont encourageants et le collectif de recherche envisage, dans le cadre du projet Modchar2 (2013-2015), de mobiliser la méthode et les outils, en ajoutant une dimension économique pour produire des éléments d'appui aux programmes d'action en cours : bassin d'alimentation des captages Grenelle de St Hippolyte et Coulonge, SAGE Charente.



Irstea, Unité de recherche ADBx, F-33612 Cestas
Chambre régionale d'agriculture de Poitou-Charentes, F-86550 Migaloux-Beauvoir
Agence de l'Eau Adour-Garonne, Bordeaux
BRGM, Poitiers

Présentation du projet Modchar

Modélisation intégrée de scénarios d'évolution de l'agriculture (indicateurs et modèles) - application à des zones à enjeux eau dans le bassin de la Charente



- Equipe de projet : O. Leccia, JM. Lescot, S. Minette, A. Miralles, K. Petit, A. Pryet, C. Scordia, K. Tinland, F. Vernier
- Contacts pour le projet : F. Vernier (Irstea) et D. Espalieu (AEAG)



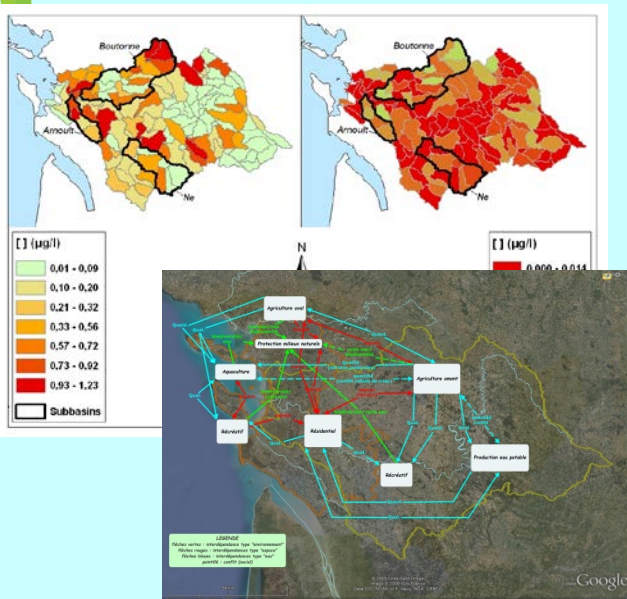
Echanges de la journée du 4/04/2014 - intervenants

- ❑ Introduction par D Espalieu, Agence de l'Eau Adour Garonne
- ❑ Présentation générale de la démarche (*F Vernier Irstea Bordeaux*)
- ❑ Modélisation de l'agriculture et des pratiques – calcul des indicateurs (*C Scordia et K Tinland Irstea Bordeaux*)
- ❑ Modélisation agro-hydrologique (*O Leccia Irstea et A Pryet Ensegid*)
- ❑ Modélisation économique (*JM Lescot Irstea Bordeaux*)
- ❑ Les apports d'un système d'information environnemental (*A Miralles UMR Tetis Montpellier*)
- ❑ Modélisation conjointe ESO/ESU (*M Chatelier BRGM et O Leccia Irstea*)

Echange final (départ restaurant vers 12h30 – 15 mn en voiture)

Visite de l'usine (14h30-15h30)

Contexte des travaux



- ❑ Une zone à fort enjeu eau que ce soit qualitatif ou quantitatif
 - ❑ Un investissement recherche des équipes de l'Irstea sur le bassin versant : projet européen Spicosa et projet Liteau Respireau (interactions science/décision publique, interdépendances BV/ZC), projet Maeveau (E&T)
 - ❑ Suite des travaux du projet Eccoter (MEDDE pesticides) (définition et évaluation de scénarios de MAET)
 - ❑ des programmes d'action en cours : SAGE Charente, le programme 2013-2018 de l'Agence, l'action Grenelle « AAC Coulonges Saint-Hippolyte », les nouvelles MAET....qui impliquent de définir et d'évaluer ex ante des scénarios
- > des échanges sont prévus avec les animateurs et/ou responsables des actions en cours**





Nos objectifs

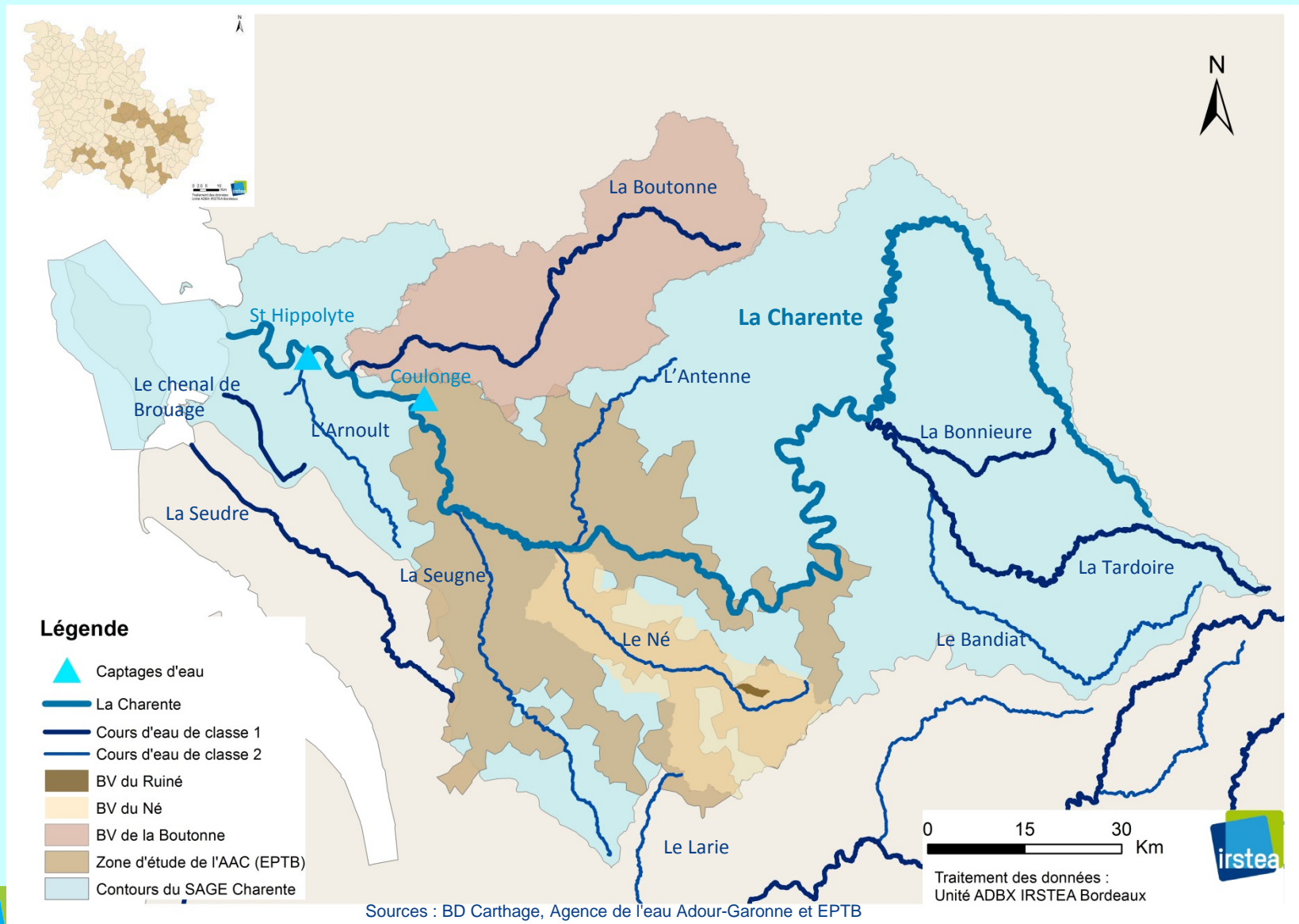
Objectifs de recherche :

- ❑ s'appuyer sur les travaux méthodologiques précédents de modélisation intégrée et proposer une adaptation de la méthode à des échelles intermédiaires (zone AAC, sous-bassins du SAGE Charente...)
- ❑ Poursuivre l'étude de faisabilité d'une utilisation conjointe des modèles ESO/ESU
- ❑ Proposer un système d'information environnemental adapté (entrepôt de données)

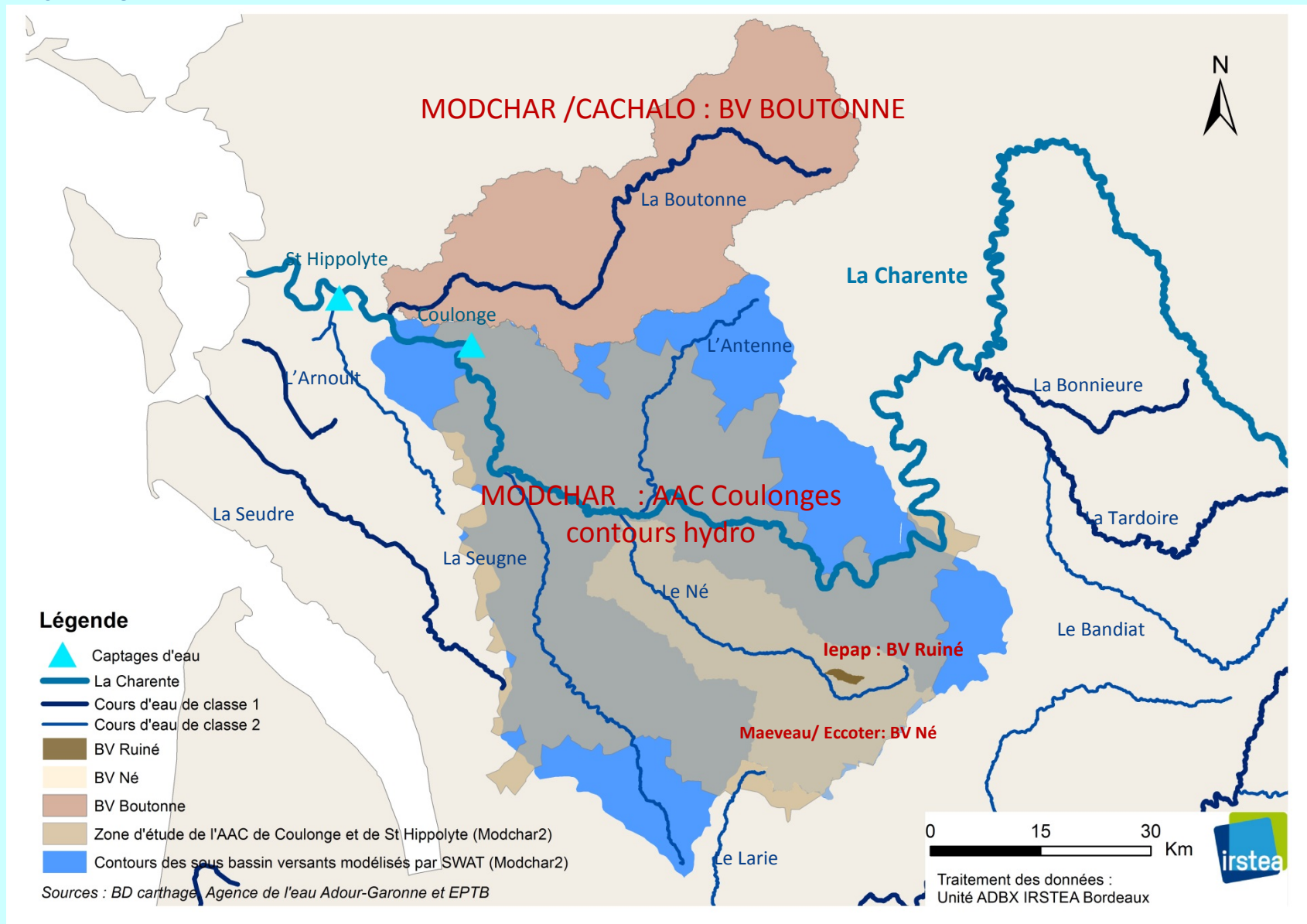
En termes d'appui, il est proposé :

- ❑ d'évaluer par modélisation et indicateurs spatialisés les effets de trajectoires d'évolution de l'agriculture de façon à déterminer les pratiques optimales spatialisées pour réduire les pollutions diffuses (échanges d'information et collaborations prévus avec les actions en cours)
- ❑ de mettre en œuvre une organisation de l'information et des résultats permettant une restitution pertinente aux acteurs locaux.
- ❑ À terme transfert des méthodes et outils...

Zones d'étude et programmes d'action

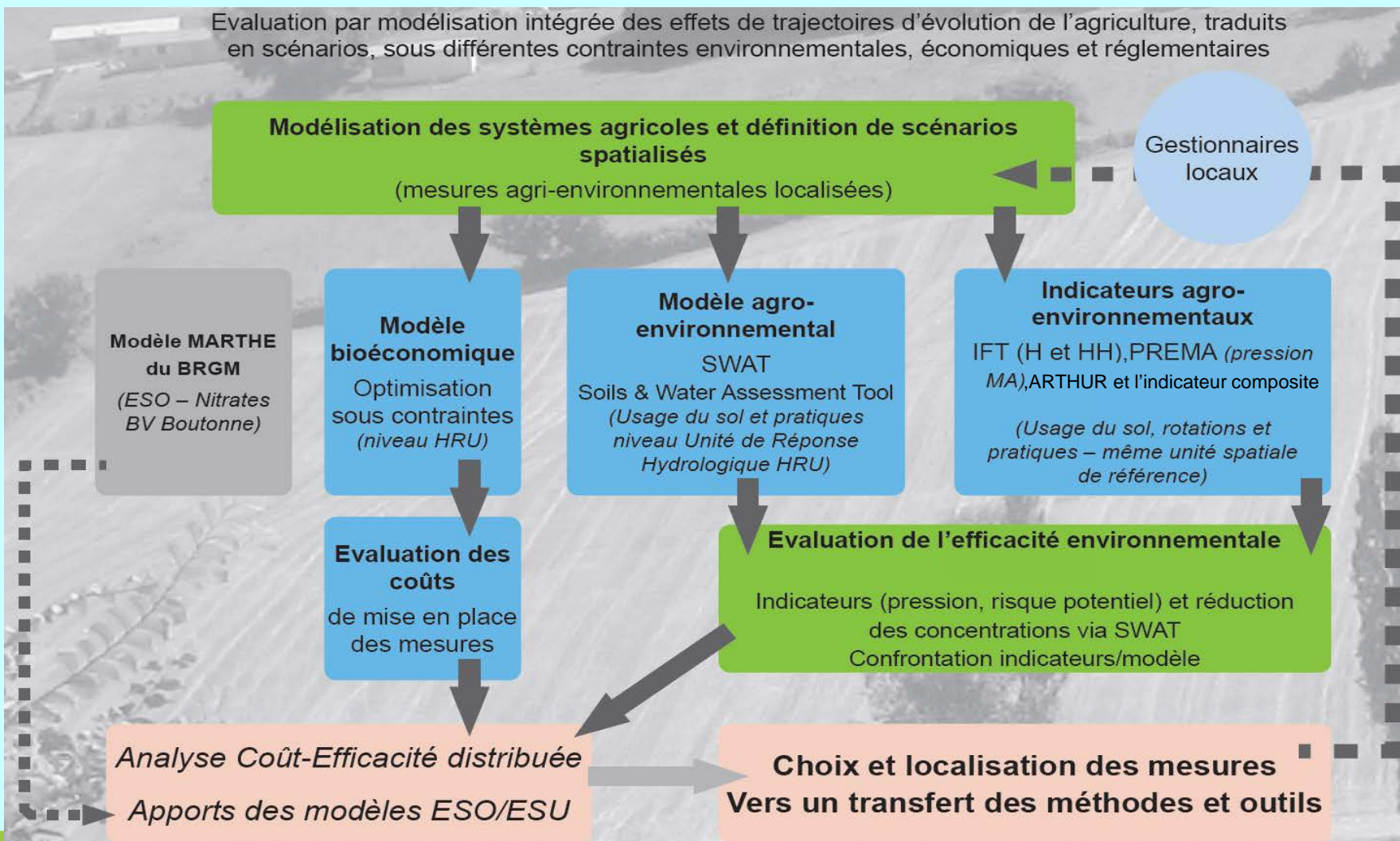


Les projets associés

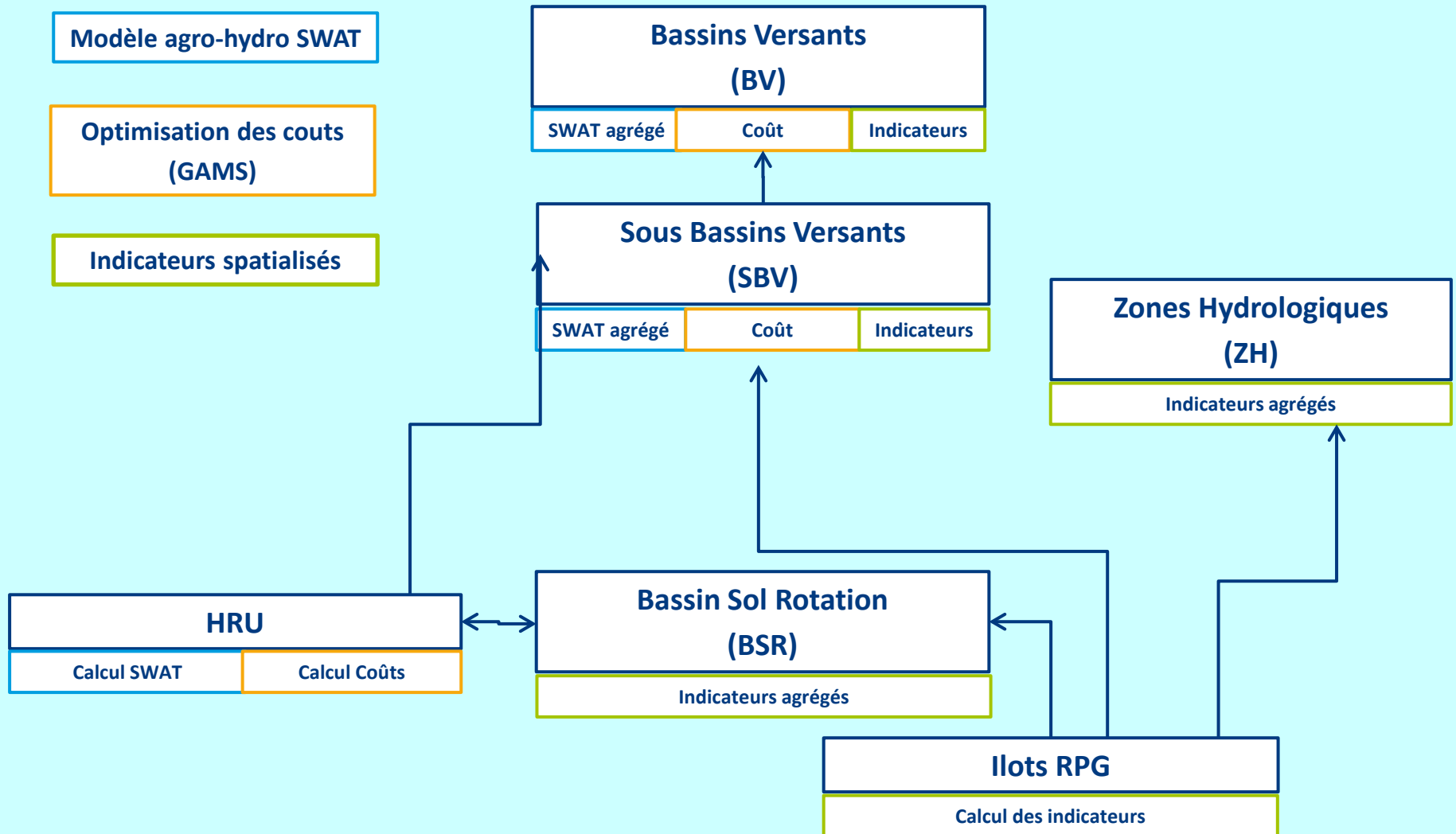


Une approche de modélisation intégrée de scénarios d'évolution de l'agriculture

Evaluation par modélisation intégrée des effets de trajectoires d'évolution de l'agriculture, traduits en scénarios, sous différentes contraintes environnementales, économiques et réglementaires



Échelles spatiales de calcul et de confrontation des résultats





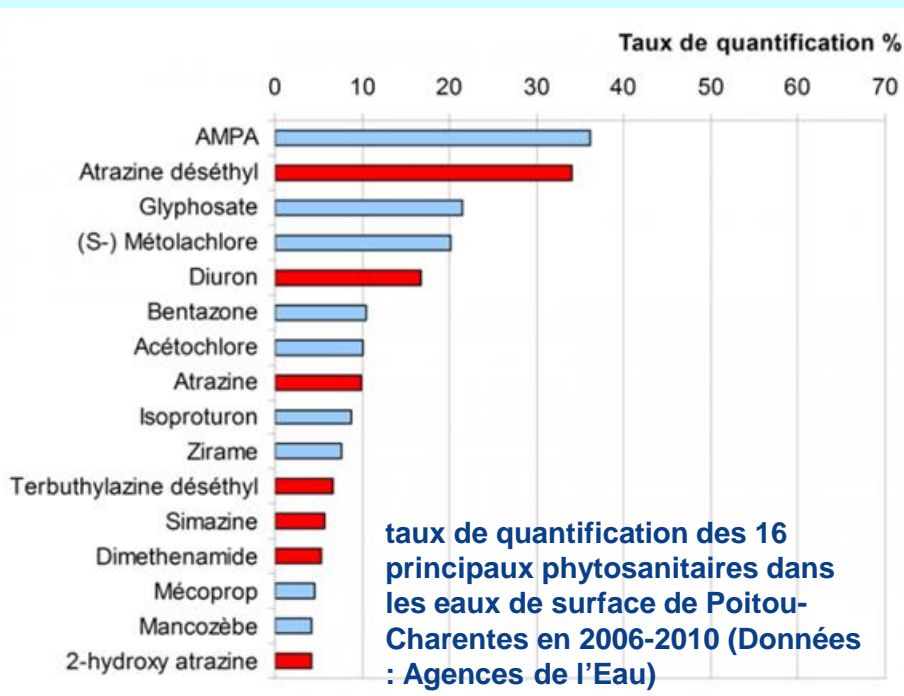
Des scénarios de trajectoires de l'agriculture localisés et combinés

Travaux réalisés dans le cadre du projet Eccoter financé par le MEDDE et l'ONEMA

| | | Description | Modification des pratiques | Modification de l'assolement | Pourcentage d'application |
|-----|-----|--|--|---|--|
| S0 | | Scénario initial et de référence | | | 100 % du bassin |
| S9 | | Pratiques intensives | Variations des fréquences des traitements phytosanitaires | | 100% du bassin |
| S1A | | Combinaison S0 et S2 | Pratiques de S0 et de S2 | Combinaison de S0 et de S2 | 75% de la SAU en S0 et 25% en S2 |
| S2 | | Prise en compte des MAET (FERTI_01 et PHYTO_04 pour GC et PHYTO_04 pour V) | IFT Herbicide de 1,04 pour GC et de 0,56 pour V 140 UN d'azote par ha et an pour GC | Allongement des rotations (3 années de luzerne ou 1 année de pois de printemps) | 100% du bassin |
| S3 | S3A | Conversion d'une surface de vigne en vigne biologique | Pas de description d'ITK et azote sous forme organique | Vigne Biologique et Vigne Conventionnel | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S0 GC en S0 |
| | S3B | | | Vigne Biologique et Vigne MAET | 20% de Vigne Biologique et 80% Vigne S2 GC en S2 |
| S4 | | Conversion GC proches des cours d'eau en prairie temporaire MAET | 0 unité d'azote pour les prairies temporaires MAET | Introduction des prairies temporaires MAET | 100% des GC à moins de 20 m d'un cours d'eau en prairie temporaire MAET le reste en S0 |

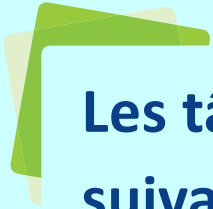
Choix d'une liste commune de 10 molécules phyto en fonction des contraintes des outils et de critères de choix

- toxicité (classement dans la liste des substances prioritaire de la DCE)
- Utilisation dans le bassin de la charente
- fréquence de détection dans les eaux superficielles
- **construction des ITK en privilégiant les produits concernés par ces dix molécules**



| Molécule | type d'action |
|---------------------|---------------|
| Glyphosate | Herbicide |
| S-métolachlore | Herbicide |
| Isoproturon | Herbicide |
| 2-4 MCPA | Herbicide |
| Aclonifen | Herbicide |
| Acétochlore | Herbicide |
| Mancozèbe | Fongicide |
| Tébuconazole | Fongicide |
| Chlorpyriphos-éthyl | Insecticide |
| Métaldéhyde | Molluscicide |

source : Rapport Modchar – IRSTEA - Vernier F., et. al, 2012



Les tâches du projet Modchar (détail dans les présentations suivantes)

- **Caractérisation des activités agricoles**
- **Construction des scénarios**
- **Calcul d'indicateurs spatialisés pour chacun des scénarios**
- **Modélisation de ces scénarios du point de vue de leurs effets sur la qualité de l'eau avec SWAT.**
- **Evaluation des coûts correspondant aux scénarii**
- **Poursuite des travaux méthodologiques sur le bassin de la Boutonne : utilisation conjointe de SWAT et MARTHE (lien avec le projet BRGM Cachalo)**

Collaboration souhaitée avec les gestionnaires et acteurs locaux

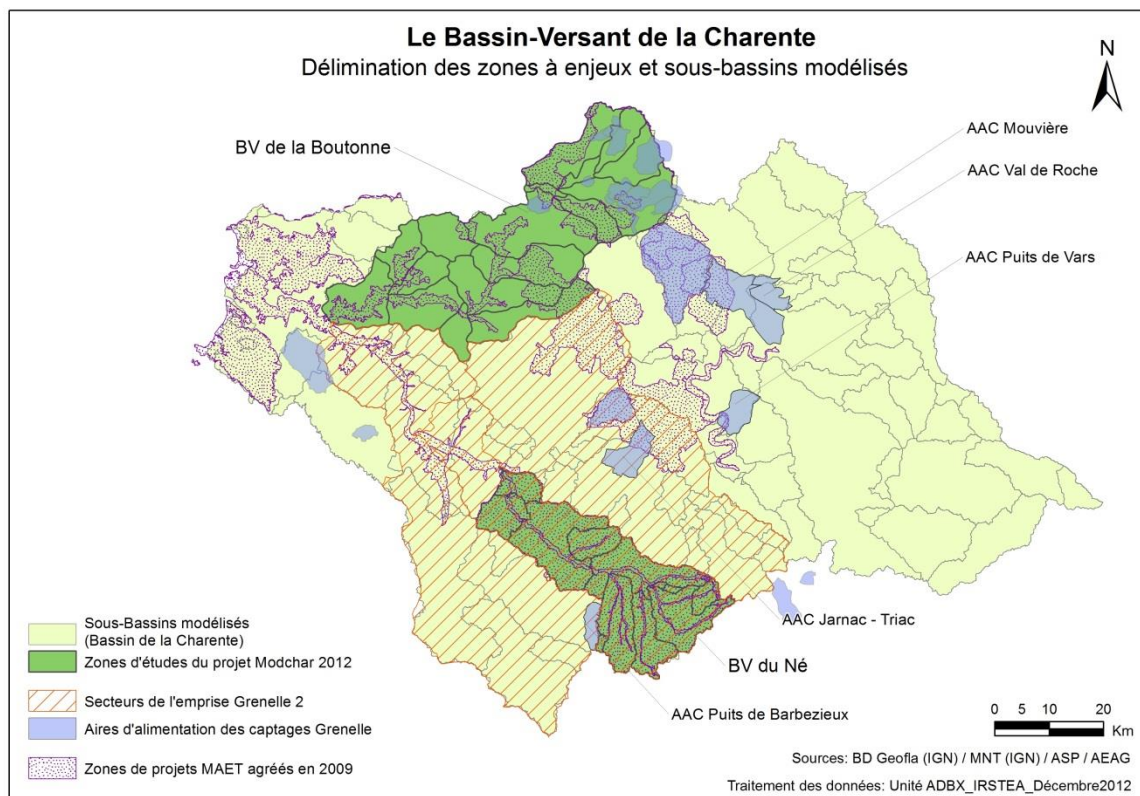
Échanges mutuels d'informations avec les porteurs de programmes d'action

Diminution des pollutions diffuses sur le bassin de la Charente : modélisation de scénarios d'évolution de l'agriculture

Delphine Espalieu – Agence de l'eau Adour-Garonne

Le projet MODCHAR a pour objectif de développer une méthode de modélisation intégrée et des outils transférables aux gestionnaires, afin de tester des hypothèses d'évolution des activités agricoles et d'en estimer les conséquences en termes d'impact sur la qualité de la ressource en eau.

Ce projet est développé par IRSTEA Bordeaux, dans le cadre d'un partenariat impliquant l'Institution Charente, la chambre régionale d'agriculture de Poitou-Charentes, le BRGM de Poitiers et l'Agence.



Qualité des eaux et pratiques agricoles

La qualité des ressources en eau du bassin de la Charente est étroitement liée aux pratiques agricoles, qui ont fortement évoluées ces trente dernières années. Elles doivent désormais être repensées avec les acteurs agricoles et adaptées. Plusieurs questions subsistent :

- vers quels changements de pratiques faut-il s'orienter ?
- dans quelles proportions (% SAU) faut-il agir pour obtenir des résultats probants en termes de réduction de pollutions diffuses ?
- quels secteurs stratégiques du territoire investir en priorité ?
- quels sont les coûts d'adaptation et les conséquences socio-économiques pour la filière agricole ?

La méthodologie

La méthode mobilise trois outils, qui permettent de :

- décrire à l'échelle de la décision publique locale (aire d'alimentation de captage, bassin versant, masse d'eau...) les systèmes agricoles et les pratiques associées
- calculer, pour un scénario donné et spatialisé d'occupation du sol, des indicateurs de pression (par molécule), d'intensité des pratiques (IFT) et de risque potentiel (EQUIF, Arthur⁽¹⁾ indicateur composite Irstea)

- simuler le devenir et les transferts via une modélisation agro-hydrologique (SWAT¹ (Soil and Water Assessment Tool, SWAT2009) couplée avec l'outil de description des pratiques pour chaque scénario (une macro GENLU a été spécifiquement développée à cet effet).

Des résultats encourageants

Les premiers résultats concernent le bassin versant du Né, faisant l'objet d'un contrat territorial en cours de rédaction et intégré dans l'aire d'alimentation des captages (AAC) Grenelle de Coulonge et Saint-Hippolyte, avec un zoom sur les scénarios de mesures agro-environnementales territorialisées (MAET) étudiés dans le cadre des projets MAEVEAU-ECCOTER⁽²⁾. Les scénarios, décrits conjointement par l'équipe de recherche et les acteurs locaux, peuvent tenir compte des usages du sol, des modifications de pratiques (itinéraires techniques) ou de la mise en œuvre de mesures (ex : MAET⁽³⁾). Un scénario peut en combiner deux autres (ex : 80 % de changement de pratiques et 20 % d'agriculture biologique) ou encore tester l'impact de la spatialisation de certaines mesures (bandes enherbées de 10 m le long des cours d'eau). Ces premiers résultats permettent d'envisager la mobilisation de cette méthodologie dans un contexte plus opérationnel d'appui à la mise en œuvre du programme d'action sur l'AAC de Coulonge Saint-Hippolyte, en complément aux actions opérationnelles sur le territoire sous l'égide de l'Institution Charente et, dans un deuxième temps, pourquoi pas, sur la zone du SAGE Charente. A cet effet, le partenariat du projet Modchar2 en cours de démarrage a été élargi à l'ENSEGID – Institut Polytechnique de Bordeaux (hydrologie), l'Irstea de Montpellier (systèmes d'information) et inclut un volet économique des scénarios testés (Irstea Bordeaux).

Pour aller plus loin

Par ailleurs, une réflexion a été initiée en 2012 pour dégager une méthodologie de couplage entre les deux modèles SWAT⁽⁴⁾ (IRSTEA) et MARTHE (BRGM). La collaboration IRSTEA/BRGM apporte une complémentarité de compétences entre les compartiments superficiel et agronomique d'une part, et souterrain de l'autre. L'objectif poursuivi est de modéliser, dans un premier temps, les transferts d'azote du sol vers les nappes pour simuler plusieurs scénarios d'évolution des pratiques. Le bassin de la Boutonne amont (12 AAC Grenelle en eau souterraine et un SAGE) a été sélectionné comme zone d'étude.

1 : indicateur développé par la chambre régionale d'agriculture

2 – Ces travaux ont pour objectifs d'apporter des avancées sur les méthodes d'évaluation de politique environnementale et de tester ces méthodes sur des territoires du Sud-Ouest concernés par les MAET à enjeu "qualité des eaux" - Programmes « Pesticides » (Eccoter) et « Eaux et territoires » (Maeveau). Ces travaux ont été financés par le MEDDE et l'ONEMA dans le cadre du projet « Pesticide » (appel d'offres 2009)

3 – mesures agro-environnementales territorialisées

4 - outil d'analyse de nombreuses données hydrologiques et agronomiques d'un bassin versant en vue de prédire les effets de la gestion des terres sur la ressource hydrique

5 - MARTHE est un logiciel destiné à modéliser les problèmes d'écoulement rencontrés dans des contextes variés

Calibration du modèle SWAT avec le logiciel PEST sur le bassin de la Charente

Santos Léonard, Pryet Alexandre¹, Leccia Odile², Vernier Françoise²

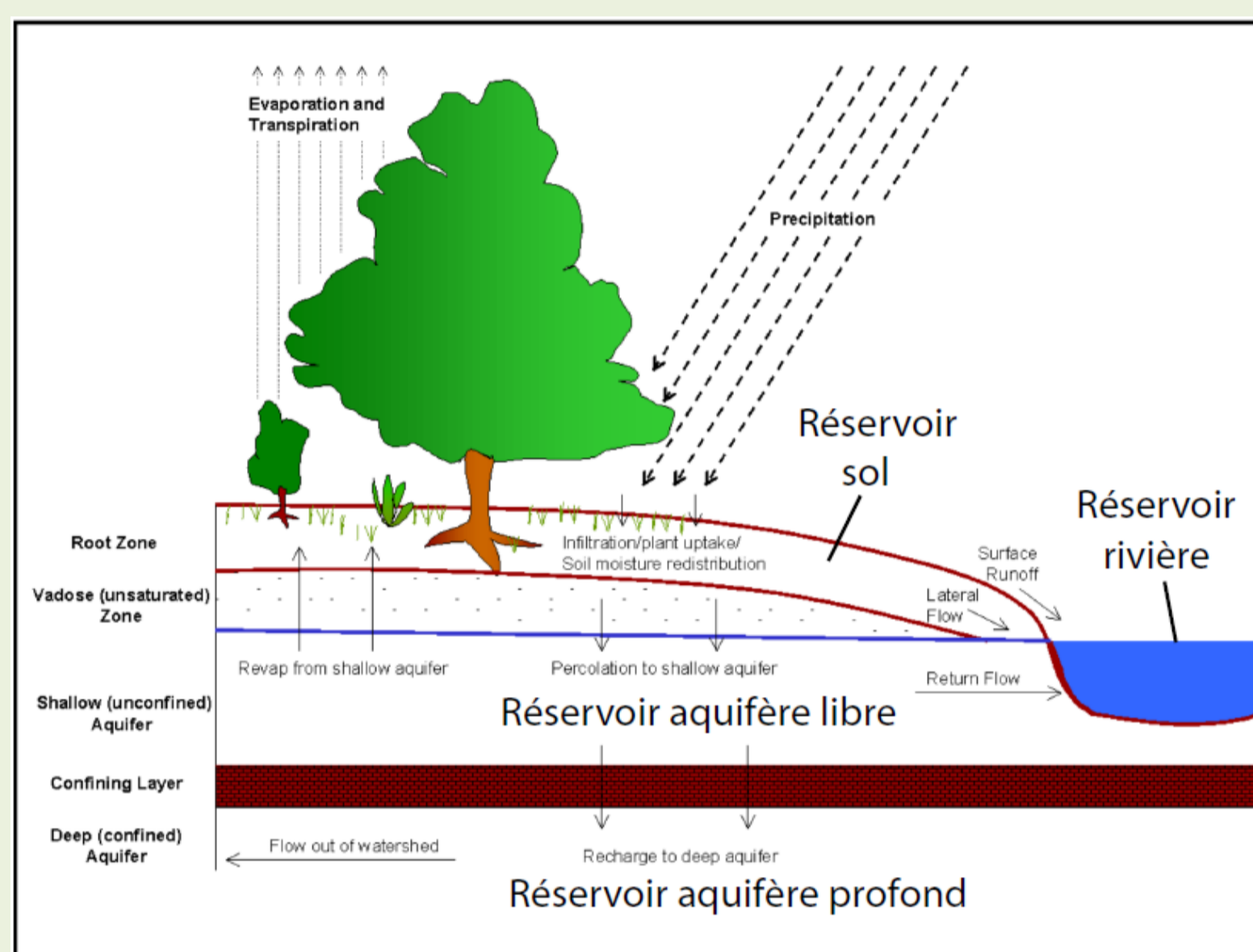
¹ EA4592, ENSEGID, Bordeaux INP, Université Michel de Montaigne, 1 allée F. Daguin, 33607 Pessac, France

²IRSTEA Bordeaux, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas, France

I. Objectifs

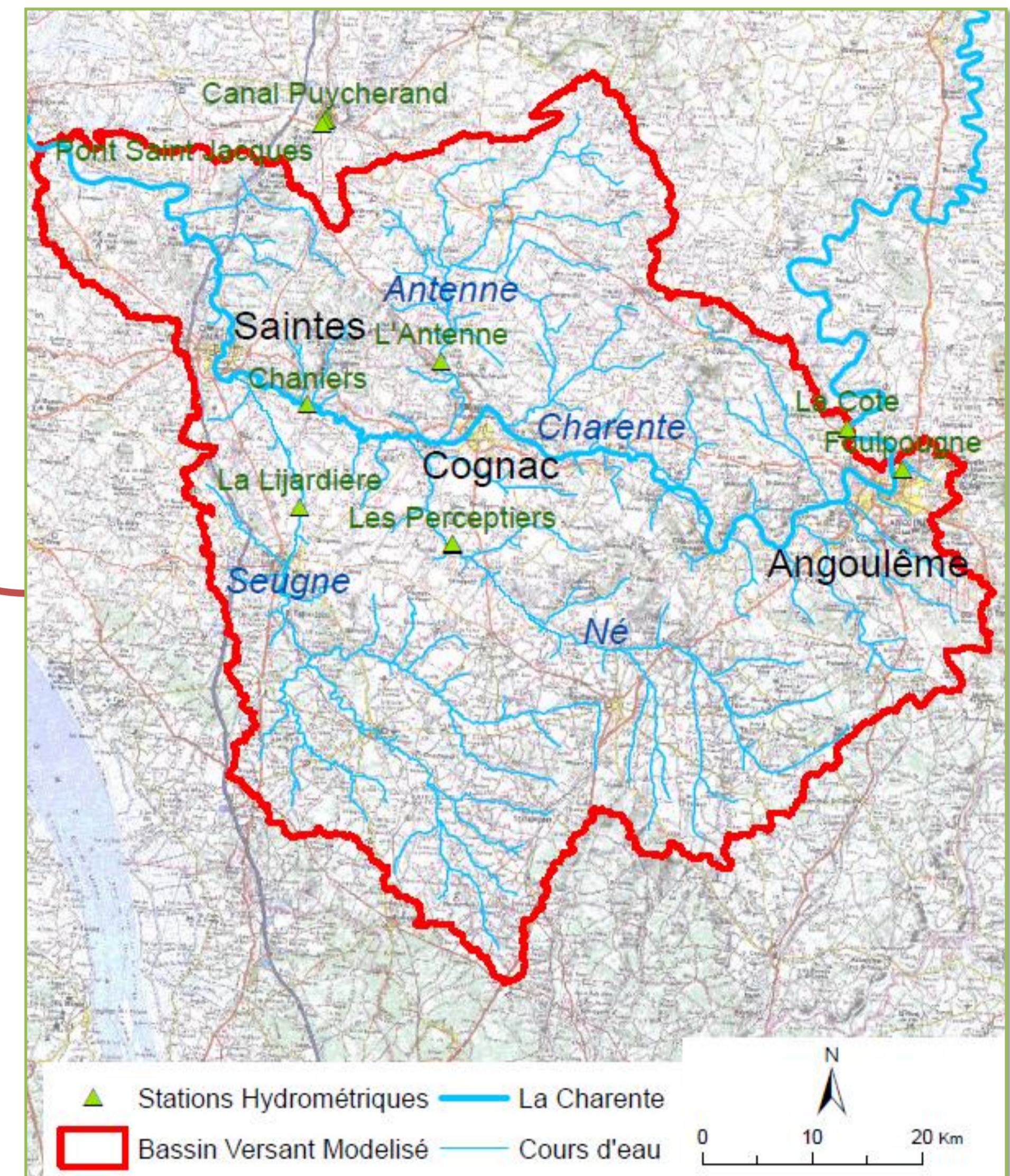
- ✓ Implémenter le modèle agrohydrologique SWAT sur un sous-bassin de la Charente
- ✓ Trouver une méthode efficace pour calibrer le modèle agrohydrologique SWAT à l'aide du logiciel d'optimisation PEST

II. Le modèle agro-hydrologique SWAT



- ✓ Modèle développé par Arnold et al. (2009), ici on s'intéresse essentiellement à la modélisation des débits des rivières
- ✓ Utilisation des principaux paramètres hydrologiques

Source : Neitsch et al. (2009)



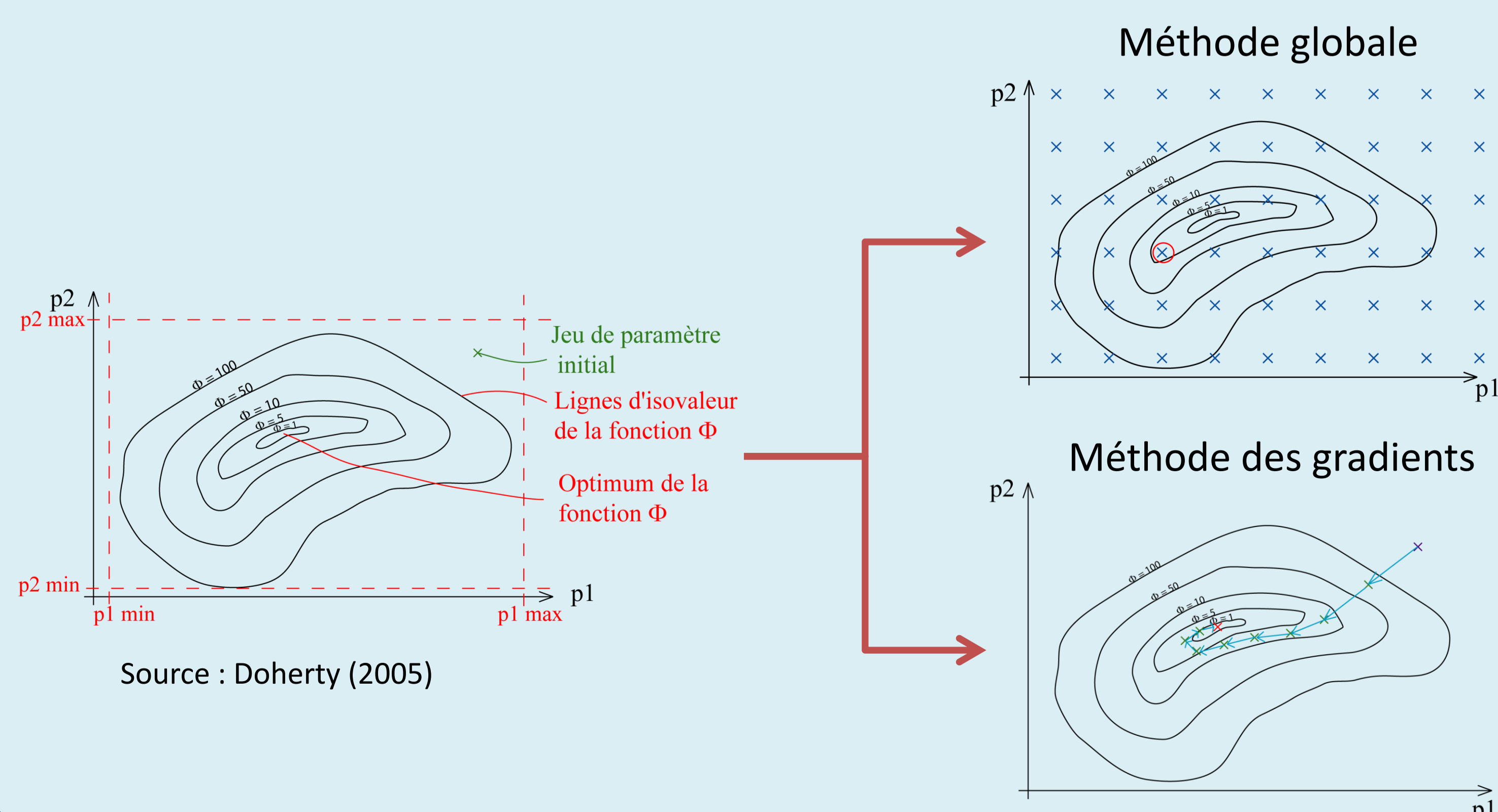
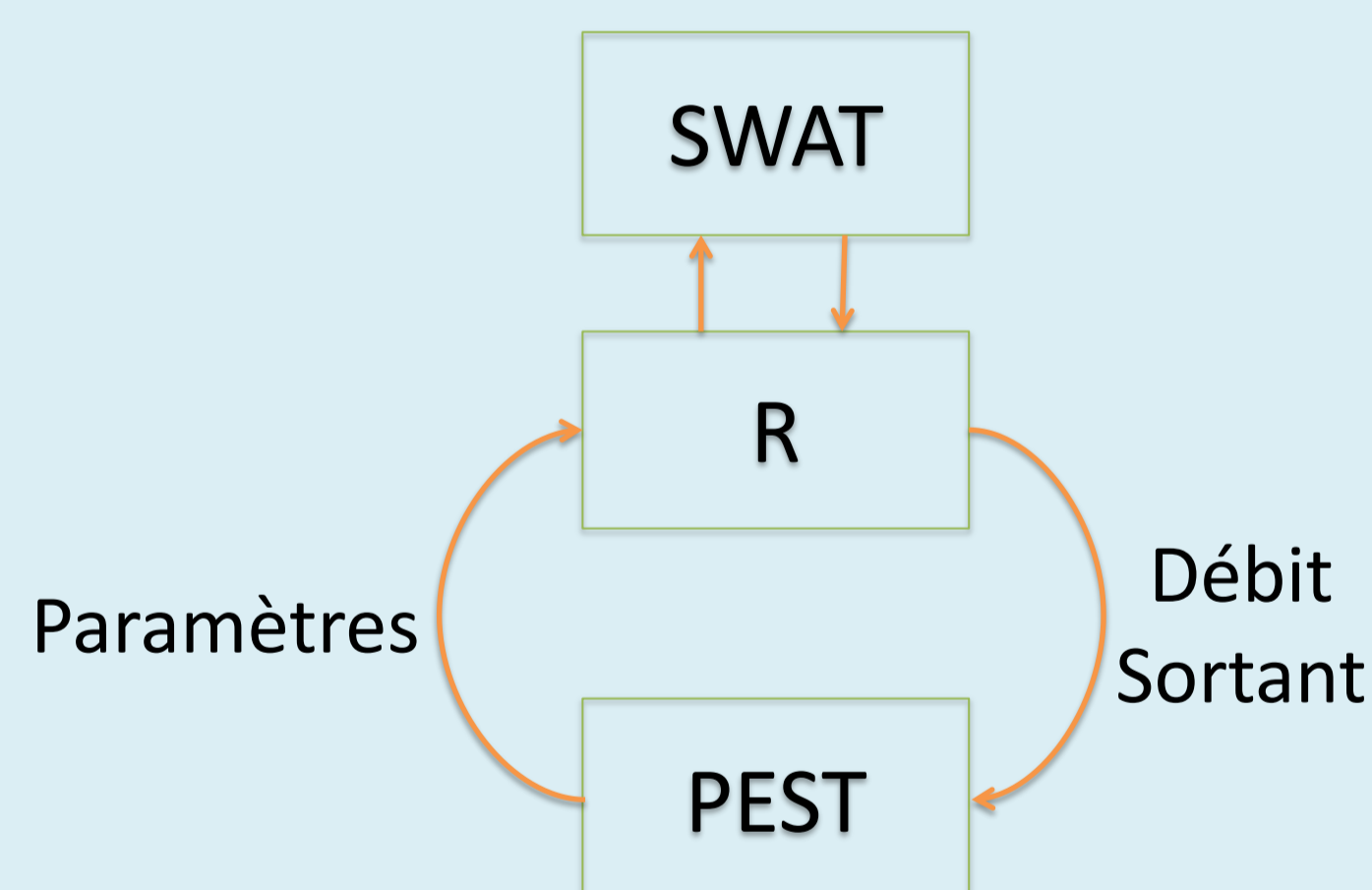
III. Méthodologie

Démarche

- ✓ Proposer une méthode de couplage entre PEST et SWAT
- ✓ Proposer un processus de calibration le plus efficace possible avec PEST
- ✓ Prise en compte de paramètres distribués

Optimisation :

- ✓ Logiciel PEST (Doherty, 2005)
- ✓ Deux types de méthodes utilisées :



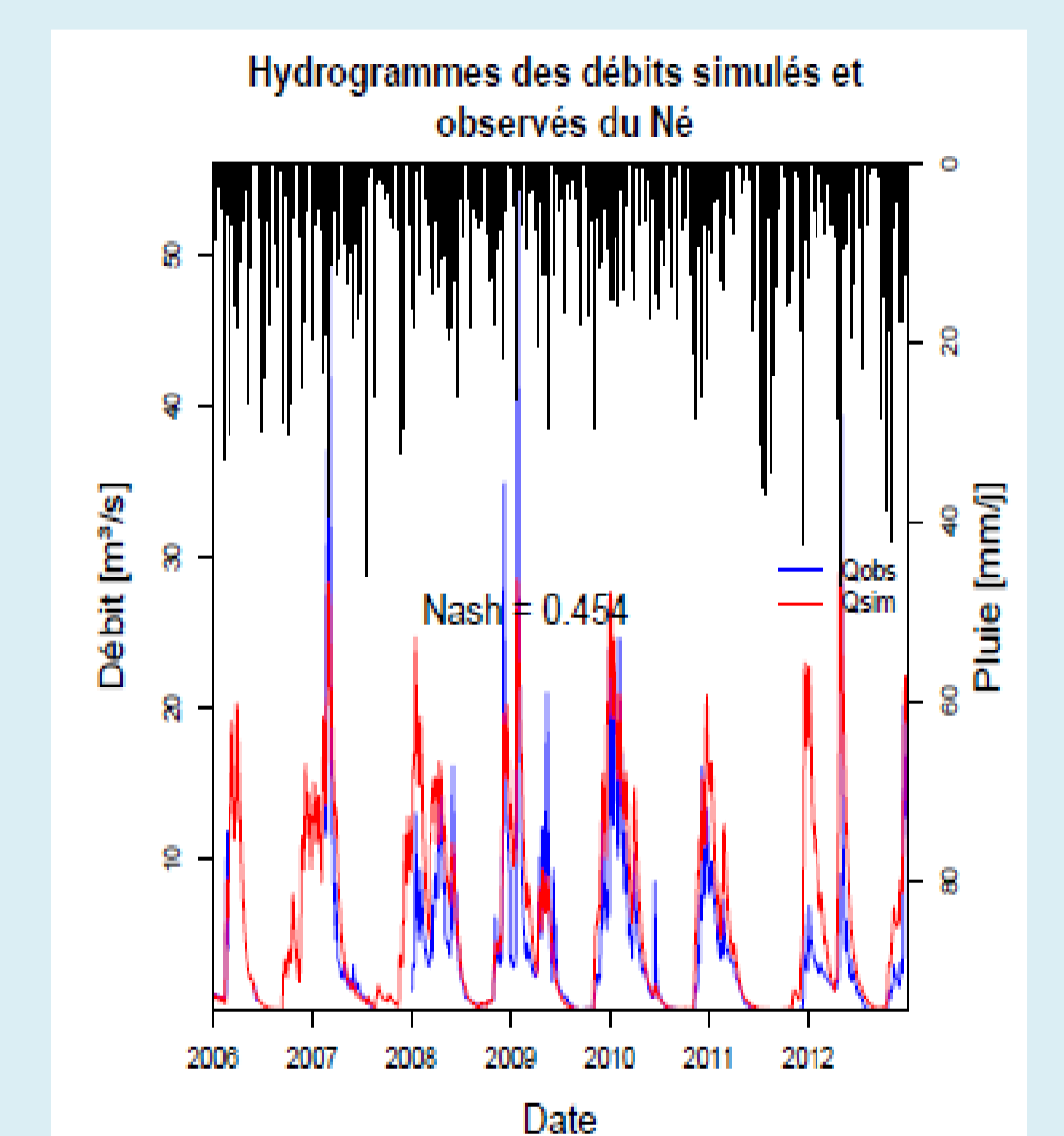
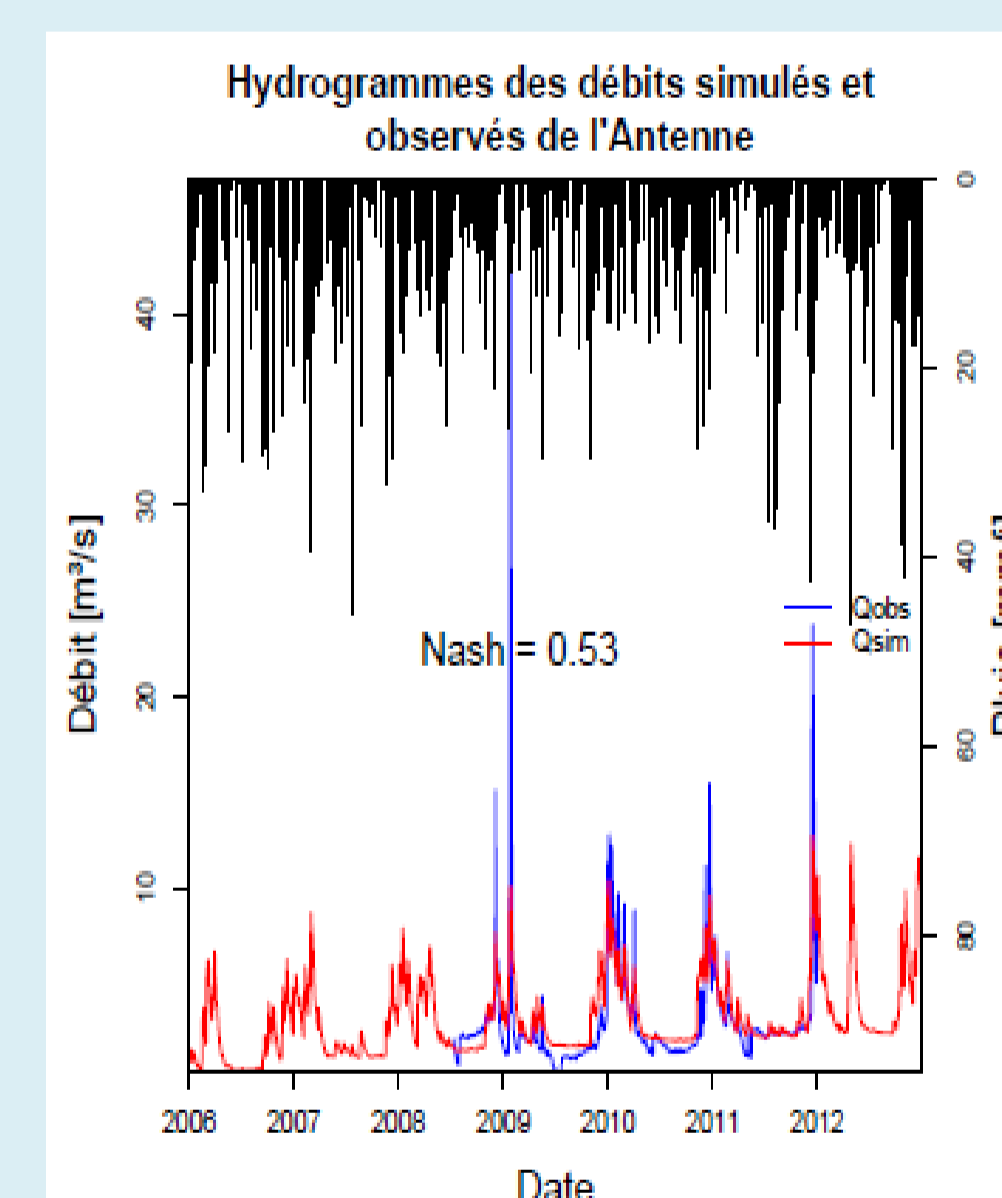
IV. Résultats

Processus de calibration

1. Méthode globale (CMA_ES)
2. Méthode des gradients (GLMA)

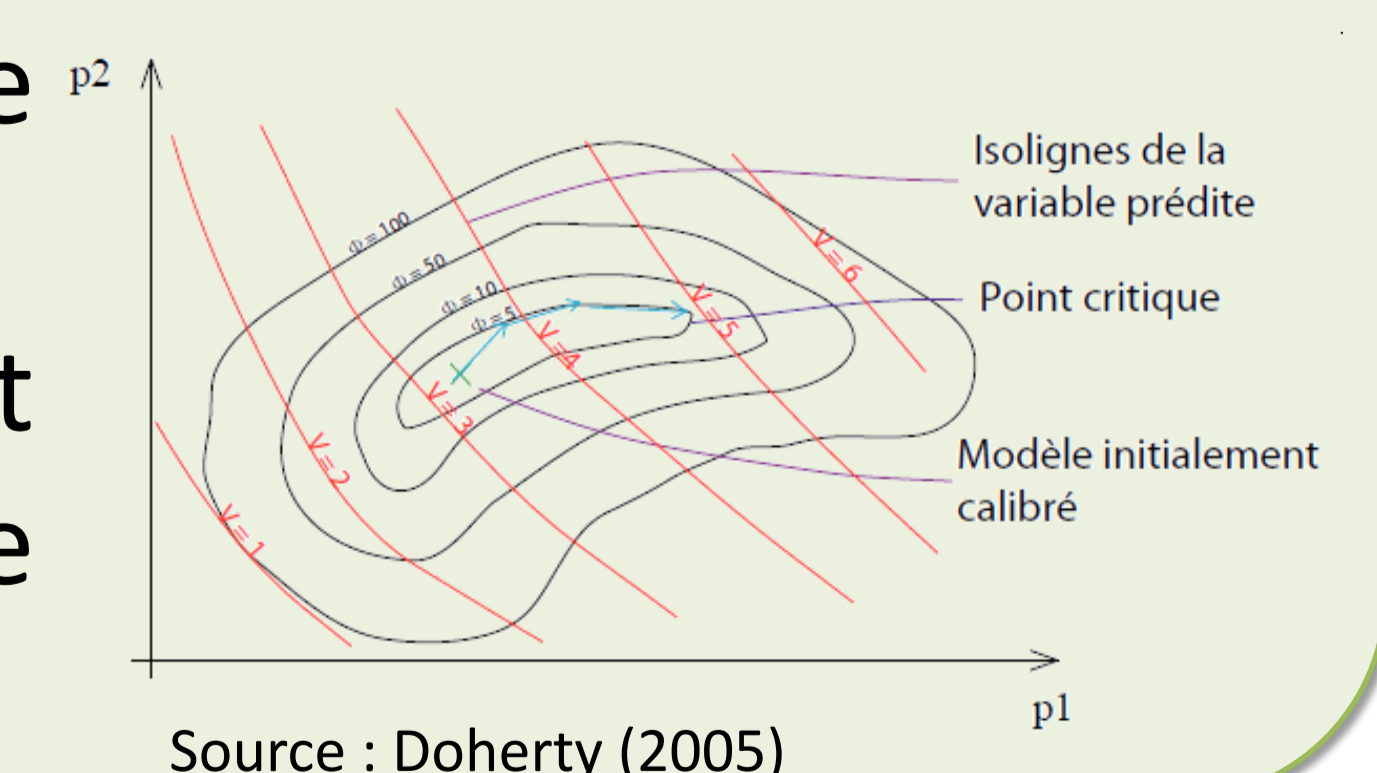


Hydrogrammes obtenus



V. Incertitude des valeurs prédites

- ✓ Calculée avec le mode prédictif de PEST
- ✓ Prédiction de l'impact des prélèvements sur le débit d'étiage



VI. Perspectives

- ✓ Modèle calibré utilisé pour faire des prédictions d'impact de changements de pratiques

Travaux réalisés avec le soutien financier du MEDDE et de l'ONEMA (programme pesticides) et de l'Agence de l'Eau Adour Garonne