

ANNEXE : Textes des publications

Cette partie peut être rendue sous forme non modifiable (fichier pdf de préférence).

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES PARUES

LESCOT J.-M., ET AL. 2013 A spatially-distributed cost-effectiveness analysis framework for controlling water pollution, *Environmental Modelling & Software* 41(0): 107-122.).

LESCOT, J.M., BORDENAVE, P., PETIT, K., LECCIA, O., SANCHEZ PEREZ, J.M., SAUVAGE, S., PROBST, J.L. (2011). Cost-effectiveness analysis for controlling water pollution by pesticides using SWAT and bio-economical modelling. 2011 International SWAT Conference Soil and Water Assessment Tool 15/06/2011-17/06/2011, Toledo, ESP. 16 p.

VERNIER F.(2011). EIS pesticide: an innovative Environmental Information System to calculate agro-environmental indicators. Joint Euraqua-PEER Scientific Conference, October 26-28, 2011 Agropolis International Montpellier, France.

VERNIER F., MIRALLES A., PETIT K., GOUY V., CARLUER N., PINET F (2012). EIS Pesticides: an Environmental Information System to characterize agricultural activities and calculate agro-environmental indicators at embedded watershed scales. *Agricultural Systems*.

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. []

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES A PARAITRE

Plusieurs articles en cours

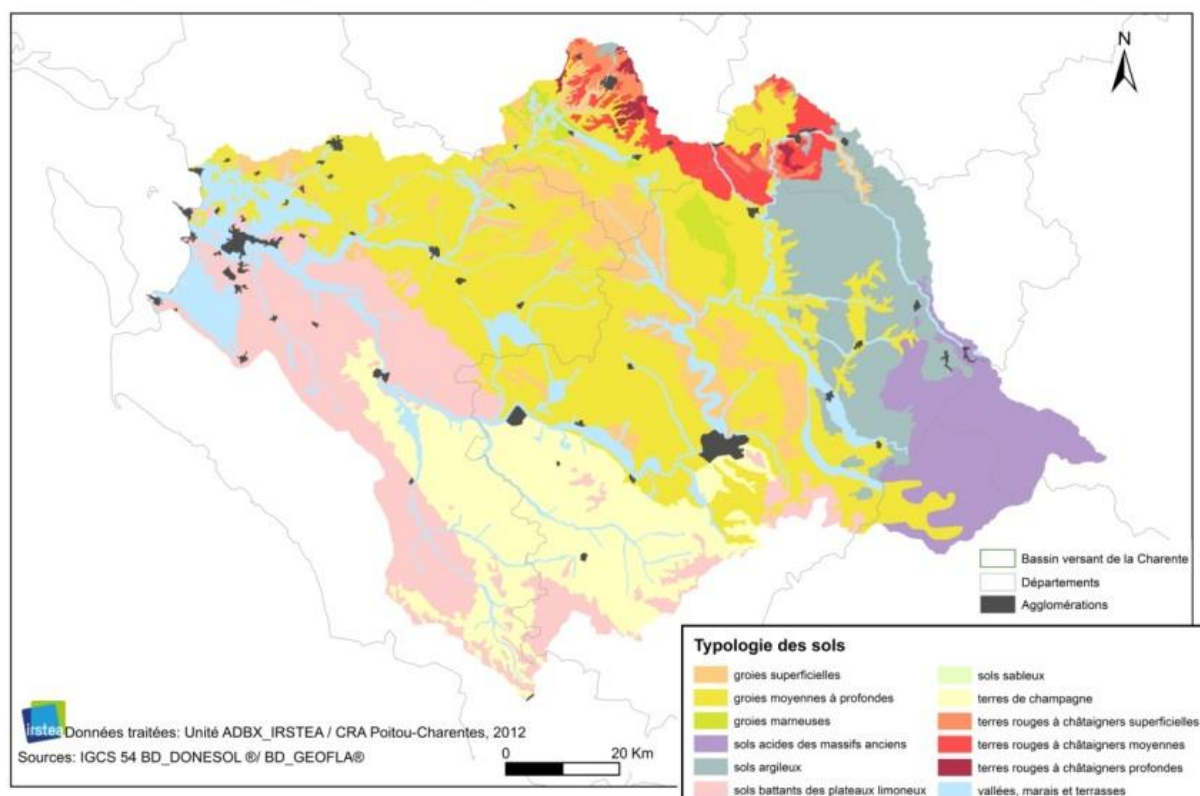
Table des matières

ANNEXE : Textes des publications	1
Publications scientifiques parues	1
Publications scientifiques à paraître	1
ANNEXE 1 : Typologie des sols simplifiés	3
ANNEXE 2 : Variabilité des IFT au niveau national.....	5
ANNEXE 3 : Extrait d'un fichier ITK.....	9
ANNEXE 4 : Choix multicritère des dix molécules.....	10
ANNEXE 5 : Extrait de fiche scénario (scénario de référence).....	13
ANNEXE 6 : Présentation du modèle agro-hydrologique semi-distribué SWAT	15
ANNEXE 7 : Programmation Mathématique pour le calcul des couts directs privés de mise en place des MAE..	22
ANNEXE 8 : Modélisation des systèmes sur le bassin versant du Né	26
ANNEXE 9 : Description du bassin versant du Né	27
ANNEXE 10 : Résultats à l'échelle du sous-bassin versant.....	29
ANNEXE 11 : Confrontation des valeurs simulées par SWAT aux valeurs observées pour le scénario de référence	31
ANNEXE 12 : Confrontation des valeurs simulées par SWAT pour les scénarios alternatifs à celles du scénario de référence	36
ANNEXE 13 : Mise en classe des indicateurs	40
ANNEXE 14 : Analyse Cout-Efficacité par sous-bassin versants.....	55

ANNEXE 1 : Typologie des sols simplifiés

La représentation cartographique des types de sols simplifiés (carte 1) permet de différencier les grandes régions auxquelles sont associés des systèmes de cultures majoritaires. On retrouve ainsi par exemple des cultures extensives et de l'élevage sur les sols argileux et acides des massifs anciens à l'Est, tandis que la vigne est surtout localisée sur les terres de champagne et les groies moyennes à profondes, où la culture de maïs est également développée. Les groies moyennes à profondes, terres argilo-limoneuses sont dominantes et représentent environ 30% de la surface. Les sols battants des plateaux limoneux (terres argileuses à structure soyeuse) et les terres de champagne (terres argilo-calcaires) occupent chacun presque 15% du bassin. Au contraire, les sols sableux, observés en région Poitou-Charentes sont très peu représentés sur le bassin, avec moins de 90ha (<0,01% de la surface totale) situés au Sud-ouest du bassin. Un traitement des données IGCS (au fur et à mesure de la validation des données) a été nécessaire pour obtenir ces cartes et elles ont été validées avec les acteurs locaux dans le cadre du projet Eccoter. L'objectif de cette typologie est de pouvoir associer type de sol simplifié, systèmes et pratiques agricoles. Les correspondances avec les unités cartographiques de sols et les proportions de chaque type de sol sont précisées dans les tableaux 1 et 2. Des cartes de sols ont été réalisées aux différentes échelles abordées, notamment une carte dédiée a été réalisée pour le bassin versant du Né. Des cartes de types de sols simplifiés ont également été produites pour le bassin du Né et du Ruiné, à partir des mêmes données et en tenant compte des échelles.

Carte des types sols simplifiés sur le Bassin Versant de la Charente



Carte 1 : Sols simplifiés dans le bassin versant de la Charente (traitement Irstea ADBX, 2013)

Les tableaux 1 et 2 donnent les correspondances entre les types de sols simplifiés décrits et les UCS de la base de données DONESOL ainsi que les proportions de ces types de sols dans le bassin de la Charente. Le même exercice a été fait à l'échelle du bassin du Né et de la zone AAC Coulonges Ste Hippolyte qui englobe ce sous bassin de la Charente

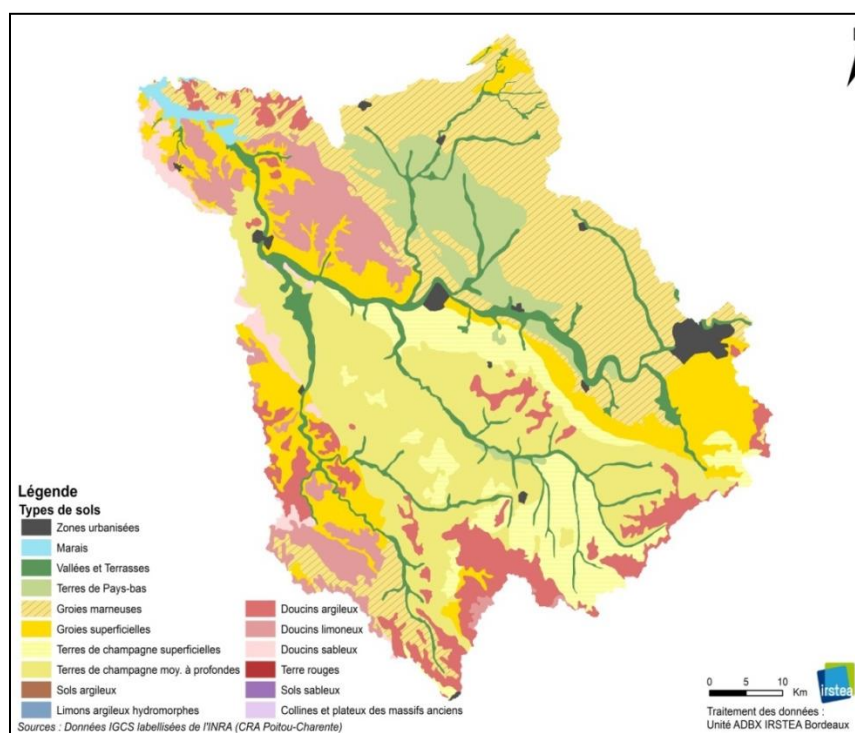
Projet ECCOTER / MAEVEAU – ANNEXES

Tableau 1 : Correspondance entre les types simplifiés de sol et les UCS (unités cartographiques de sols IGCS) (gauche) et Tableau 2 : Proportions des types de sols simplifiés dans le bassin de la Charente (source données IGCS et traitement Irstea)

Type simplifié de sol	Surface (ha)	% de la surface du BV
agglomérations	13640.1	1.4
groies marneuses	10492.3	1.0
groies moyennes à profondes	316185.5	31.4
groies superficielles	64262.6	6.4
sols acides des massifs anciens	72361.0	7.2
sols argileux	91278.5	9.1
sols battants des plateaux limoneux	146056.1	14.5
sols sableux	89.6	0.0
terres de champagne	144131.9	14.3
terres rouges à châtaigners profondes	26072.4	2.6
terres rouges à châtaigners moyennes	3772.2	0.4
terres rouges à châtaigners superficielles	9698.9	1.0
vallées, marais et terrasses	109503.2	10.9
Total général	1007544.2	100

Type simplifié de sol	Unité Cartographique de Sol (UCS)
agglomérations	0
groies marneuses	55/128
groies moyennes à profondes	16/29/31/33/38/44/54/56 60/68/129/197/198
groies superficielles	28/30/32/62/116
sols acides des massifs anciens	90/91/92/93/94/96/300
sols argileux	69/70/71/72/97/118/133
sols battants des plateaux limoneux	17/34/39/40/75/77/78/81 59/66/74/76/79/87
sols sableux	49
terres de champagne	37/46/58/73/85/86
terres rouges à châtaigners profondes	123
terres rouges à châtaigners moyennes	57
terres rouges à châtaigners superficielles	122
vallées, marais et terrasses	6/7/8/10/11/12/13/14/24/ 25/26/27/35/36/41/42/43 /50/51/52/61/67/88/131

Application de la méthode à la zone de captage AAC Grenelle Coulonges Ste Hippolyte : carte validée et partagée par l'ensemble des partenaires locaux.



ANNEXE 2 : Variabilité des IFT au niveau national

Un indicateur d'intensité de traitement (IIT) a été développé à partir du milieu des années 1980 au Danemark, pour répondre au fait que le recours croissant à des produits à faible grammage (dose homologuée libellée en g/ha) n'était pas reflété par les statistiques danoises portant sur les quantités totales de substances actives vendues (Gravesen, 2003). S'appuyant sur cette expérience danoise, le ministère en charge de l'Agriculture et l'INRA ont adapté la méthode de calcul de cet indicateur au contexte français (Champeaux, 2006).

L'IFT calculé en France est ainsi défini par la somme des traitements appliqués, pondérés chacun par le rapport entre la dose utilisée par hectare et la dose homologuée du produit commercial¹. Il prend en compte l'intensité du traitement, qui peut être réalisé à dose réduite ou sur une partie seulement de la surface (désherbage chimique sur le rang uniquement, par exemple). Il peut être agrégé pour un type de traitement, et calculé pour une parcelle, une exploitation, une région ou à l'échelle nationale, par culture ou pour l'ensemble des cultures. L'IFT peut être calculé par classe de produits : herbicides, fongicides, insecticides et "autres" pesticides, les traitements de semences et de stockage ne sont en revanche pas comptabilisés.

Le mode de calcul de l'IFT permet ainsi d'agréger des substances très différentes (puisqu'elles sont « normalisées » par une Dose Homologuée qui leur est propre) et ainsi de contribuer à estimer une pression phytosanitaire globale pouvant s'assimiler à un degré de dépendance à ces produits (OECD 2001, Pingault et al. 2009).

Le calcul de l'IFT à partir des données des enquêtes « Pratiques culturales » entre 1994 et 2011 nous apporte plusieurs enseignements concernant les pratiques de protection chimique des cultures et leur évolution.

Le 1^{er} enseignement est celui d'une grande variabilité des IFT totaux entre espèces cultivées (figure 1), traduisant bien des sensibilités très différentes des espèces aux complexes de bioagresseurs qui peuvent les atteindre. Le colza par exemple, qui présente les IFT moyens les plus élevés parmi les 8 cultures présentées, est celui dont le cycle végétatif est le plus long de toutes ces cultures (semé fin août et récolté en juillet), l'exposant ainsi longtemps à de nombreux bioagresseurs différents tout au long de son cycle. Cette remarque n'est pas anodine : l'objectif n'est en aucune manière d'avoir des pratiques conduisant à des IFT très bas sur toutes les cultures, ou dit autrement de comparer les cultures entre elles.

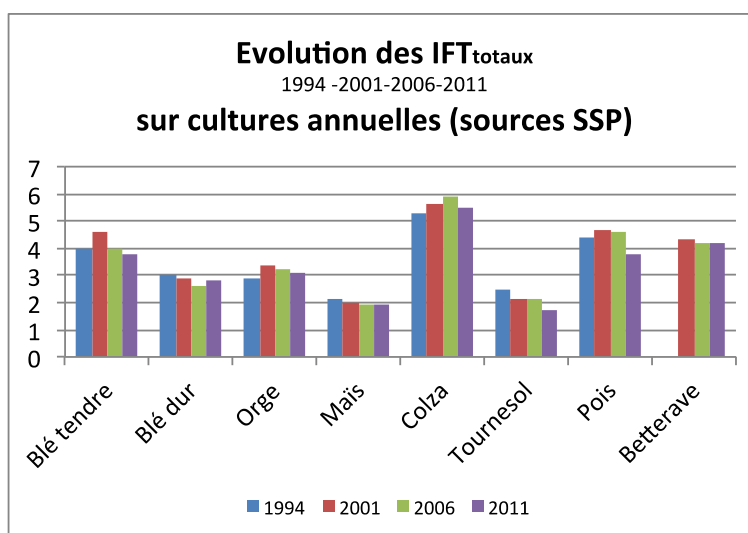


Figure 1 : évolution des IFT totaux moyens sur cultures annuelles en France, à partir des données d'enquêtes « pratiques culturales » du SSP de 1994 à 2011

¹ Si pour un même couple « culture x produit commercial », il existe plusieurs doses homologuées correspondant à des bioagresseurs différents, on retient la dose homologuée minimale

Le 2^{ème} enseignement est celui en revanche d'une faible variabilité des IFT herbicides entre cultures. Ce constat traduit bien le fait que les adventices sont gérées dans le cadre d'une approche « patrimoniale » à l'échelle de la succession des cultures (figure 2).

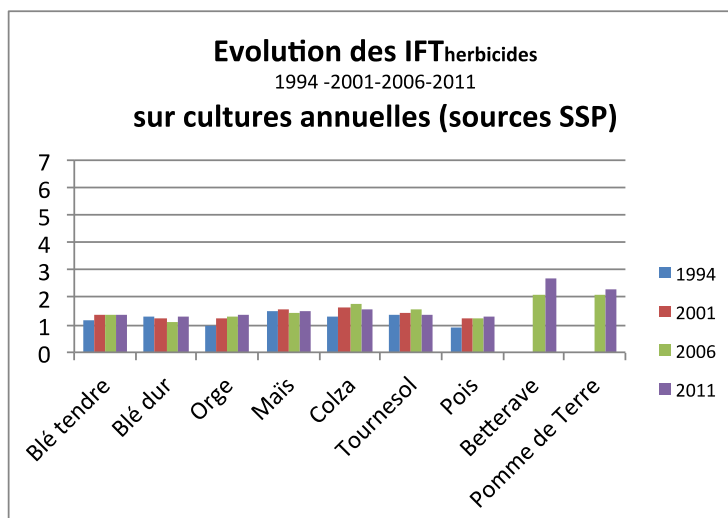


Figure 2 : évolution des IFT herbicides moyens sur cultures annuelles en France, à partir des données d'enquêtes « pratiques culturales » du SSP de 1994 à 2011

Enfin, disposer de 4 périodes d'enquête permet de bénéficier d'une certaine profondeur historique qui limite en partie les confusions et artéfacts liés au fait que les enquêtes n'ont lieu que tous les 5 ans. Cela nous autorise à regarder les résultats en termes d'évolution. En effet, si l'objectif de l'IFT n'est pas de disposer d'un indicateur permettant de comparer les cultures entre elles, il remplit une fonction intéressante celle de la comparaison des valeurs pour une même culture sur plusieurs campagnes, permettant d'approcher des évolutions... évolutions qui restent très ténues pour ne pas dire indétectables au regard de la figure 1. Et dans tous les cas sans commune mesure avec l'objectif affiché du plan Ecophyto lancé en 2008, et qui vise à horizon 2018 à atteindre une réduction de l'utilisation des pesticides de 50%, sur la base d'un indicateur proche de l'IFT (mais calculé sur les données de vente annuelle déclarées par les distributeurs de produits phytosanitaires).

Un zoom sur les 2 régions d'étude (Poitou-Charentes (figure 3) et Aquitaine (figure 4)) montre qu'une variabilité inter-régionale des IFT par culture existe, traduisant des situations de production et des contextes agro-climatiques différents². Cette variabilité existe aussi en intra-régional (résultats non montrés). Elle fait état de l'existence d'une grande variabilité de pratiques montrant que des cultures sont conduites de façon très économe au sein de chaque région. Un travail particulier sur ces individus permettrait certainement d'identifier des modes de conduite cohérents du point de vue agronomique, et performants sur les plans agronomiques (rendement), économiques (marge) et environnementaux.

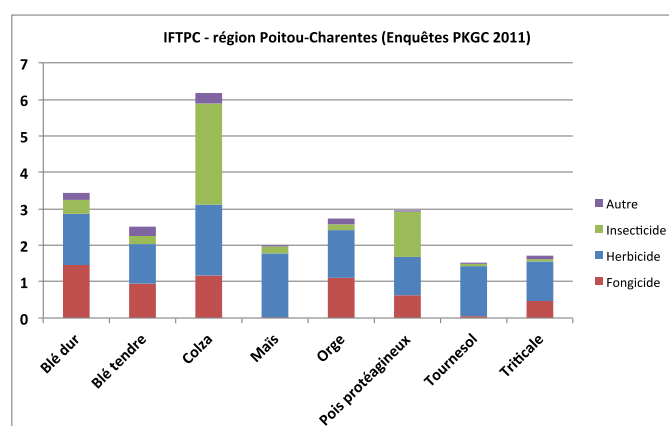


Figure 3 : IFT PC moyens par catégorie de produit sur cultures annuelles en Poitou-Charentes, à partir des données d'enquêtes « pratiques culturales » du SSP de 2011

² La comparaison entre les 2 régions ne peut se faire sur toutes les cultures car chaque culture n'est pas enquêtée dans toutes les régions

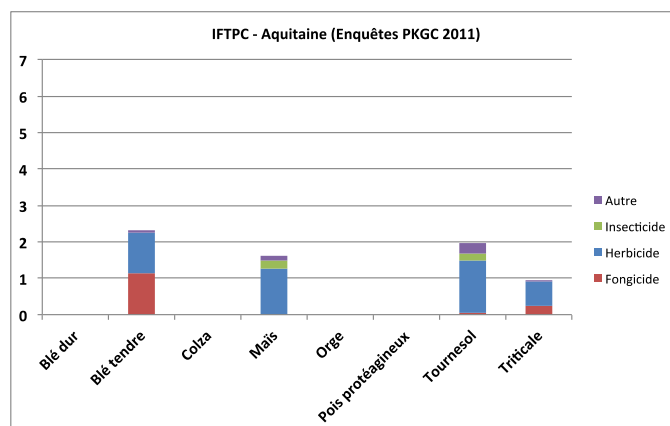


Figure 4 : IFT PC moyens par catégorie de produit sur cultures annuelles en Aquitaine, à partir des données d'enquêtes « pratiques culturales » du SSP de 2011

Utilisation des IFT à une échelle territoriale

Calculé à une échelle nationale ou régionale, l'IFT permet le partage d'un diagnostic commun, tout autant que la définition d'une vision partagée d'un objectif à atteindre. Cet indicateur a ainsi rendu possible la conception de politiques adaptées aux conditions locales, fondées non plus sur une obligation de moyens mais sur un objectif de résultat qui permet à chaque chef d'exploitation de choisir librement sa stratégie. L'IFT est ainsi aujourd'hui mobilisé à la fois dans le cadre de mise en œuvre de politiques publiques telles que les Mesures Agroenvironnementales territorialisées (MAEt) du programme de développement rural hexagonal (PDRH, 2007-2013) visant à réduire progressivement l'utilisation des pesticides, mais également dans le cadre du réseau DEPHY Ecophyto³ et plus généralement sur le terrain afin d'accompagner les agriculteurs dans leur démarche de réduction d'utilisation des produits phytosanitaires.

Mais après plusieurs années d'utilisation de l'IFT, différentes pistes d'évolutions à apporter à cet indicateur ont été identifiées. Il apparaît en effet que l'utilisation croissante de produits multi-substances actives⁴ peut entraîner une réduction de la valeur de l'IFT sans pour autant réduire la dépendance aux pesticides du système de culture. D'autre part, dans un contexte où la préservation des ressources en eau et l'amélioration de la qualité de l'eau font partie des enjeux prioritaires portés par le PDRH 2007-2013 et le PDRH 2014-2020 à venir, et ce dans un souci de répondre aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau, une déclinaison environnementale de l'IFT au regard de l'enjeu de production d'eau potable permet d'apporter des éléments d'informations supplémentaires sur les pratiques agricoles en termes d'utilisation de substances actives présentant un fort potentiel de transfert vers les eaux.

Une étude démarrée par l'INRA (UMR agronomie Grignon) en 2012 a porté sur l'amélioration de l'IFT et sa première déclinaison environnementale au regard de l'enjeu production d'eau potable. Les évolutions apportées à l'IFT « historique » suite à ce travail permettent :

- d'éviter que le recours à des produits multi-substances actives ne fasse baisser artificiellement l'IFT sans que le système de culture mis en place soit lui-même moins dépendant des pesticides. Cet objectif se traduit par le passage d'un IFT calculé au produit commercial (IFT « historique ») à un IFT « substance active » (IFT_{SA})
- de s'assurer que la réduction d'usage globale des pesticides s'accompagne bien d'une réduction d'usage des pesticides à fort potentiel de transfert vers les eaux par une segmentation de l'IFT_{SA} en fonction du potentiel de transfert vers les eaux (IFT_{SA} potentiel de transfert). Le potentiel de transfert est déterminé à l'aide de l'outil Siris-Pesticide en tenant compte des caractéristiques physico-chimiques de la substance active considérée ainsi que de l'usage à travers la prise en compte de la Dose Unité propre à la substance active.

³ Ce réseau est dédié à la démonstration, à l'expérimentation et à la production de références. Il s'appuie sur un ensemble d'exploitations agricoles (FERME) et sur un réseau de sites expérimentaux (EXPE).

⁴ Produit phytosanitaires composés de plusieurs substances actives en mélange.

Cet IFT_{SA} décliné par potentiel de transfert (horizontal ou vertical) vers les eaux devient un candidat intéressant parmi l'ensemble des indicateurs de « pression pesticide » utilisé dans le cadre de diagnostic de territoire à enjeux eau, ou de construction de scénarios de changements de pratiques sur ces territoires.

Sont présentés ci-dessous à titre illustratif les résultats⁵ obtenus pour la région Poitou-Charentes en terme d'IFT_{SA} segmenté par catégorie de produits (herbicides, fongicides...) (figure 5 gauche) et en termes d'IFT_{SA} segmenté par classe de potentiel de transfert vers les eaux superficielles (figure 5 droite).

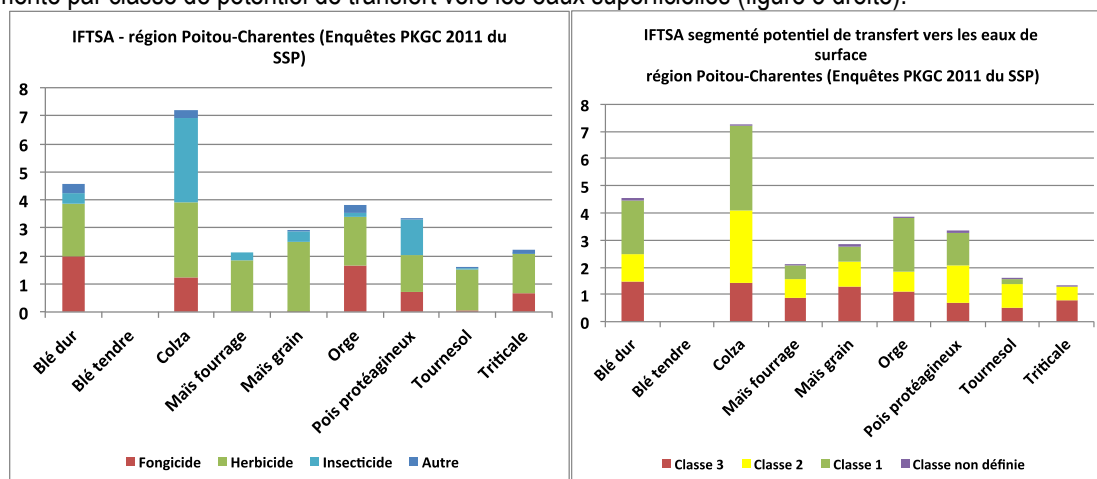


Figure 5 : IFT_{SA} moyens sur cultures annuelles en Poitou-Charentes, à partir des données d'enquêtes « pratiques culturales » du SSP de 2011. A gauche, segmentation par catégorie de produit; à droite, segmentation par classe de potentiel de transfert vers les eaux de surface (potentiels croissant des classes 1 à 3).

Le passage à l'IFT_{SA} ne modifie qu'à la marge les résultats en terme d'IFT : il contribue « juste » à corriger certains artefacts liés à des choix de produits multi-substances, conduisant à une légère augmentation moyenne des IFT globaux (comparaison figure 3 et 5 gauche).

En revanche, il apporte une information complémentaire en terme d'intensité de recours à des substances à fort potentiel de transfert vers les eaux (ici eaux de surface). On note ainsi des profils de pesticides, au regard du potentiel de transfert, différents selon les cultures. L'analyse de ces résultats fait par ailleurs apparaître que, en moyenne sur l'ensemble des grandes cultures, 94% des IFT_{SA} de classe 3 correspondent à des substances actives herbicides.

Sous réserve d'un travail approfondi d'évaluation de sa pertinence (travail en cours en collaboration avec IRSTEA en dehors du cadre du projet Maeveau), ce nouvel indicateur pourrait trouver une place pour éclairer l'évaluation de changements de pratiques agricoles dans des scénarios de territoire sous la double focale de la réduction d'usage et du potentiel de contamination des eaux des molécules utilisées.

⁵ Les résultats de l'IFT_{SA} sur blé tendre en Poitou-Charentes ne sont pas présentés faute de respect du secret statistique

ANNEXE 3 : Extrait d'un fichier ITK

Le fichier est renseigné par culture, en indiquant les informations générales puis en remplissant une ligne par opération culturale (semis, désherbage, irrigation début/fin, fertilisation, traitement phytosanitaire). Ces données sont nécessaires pour évaluer l'impact des pratiques via la modélisation intégrée. Le fichier est ensuite mis en forme pour automatiser la lecture des données par le modèle SWAT et le calcul des indicateurs avec des programmes R.

Extrait du fichier des itinéraires techniques

Culture et Rotation				Date et type d'opération				Rendement moyen	Irrigation		type de travail du sol	Fertilisation	
Culture	Rotation	Type de sol	Code _ITK	an	Mois	jour	opération culturale		quantité /passage (mm)	nb de tours		Fertilisant	quantité de fertilisant
mais grain	M M T B	Terres de Champagne	M_I	2	3	25	fertilisant				Nmin é	80	

a/ Informations sur la culture, opérations générales, irrigation et fertilisation

Traitement phytosanitaire												
Pesticide	quantité de pesticide	unité	% surface traitée / parcelle	DH_cult (l ou kg)	ma1	quantité _ ma1 (g/ha)	ma2	quantité _ ma2 (g/ha)	ma3	quantité _ ma3 (g/ha)	ma4	quantité _ ma4 (g/ha)
Lagon	0.6	l/ha	1	1	aclonifène	300	isoxaf lutole	45		0		0

b/ Opérations de protection des cultures

Les caractéristiques des matières actives composant les produits phytosanitaires mobilisés dans ces itinéraires techniques sont décrites dans une base de données extraite de la base ePhy6 (Ministère de l'agriculture) et SIRIS7 (INERIS).

⁶ Le site internet ePhy mis à jour par le ministère de l'agriculture (MAAP) est un catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages autorisés en France.

⁷ SIRIS est le Système d'Intégration des Risques par Interaction des Scores pour les pesticides. La base de données des substances actives de SIRIS-pesticides a été mise à jour en juin 2012 à partir d'une compilation de plusieurs bases et les renseignements des dossiers d'homologation européens. La base SIRIS comprend des informations générales, les paramètres physico-chimiques et toxicologiques des substances.

ANNEXE 4 : Choix multicritère des dix molécules

Tableau de synthèse: liste d'une sélection de substances autorisées et présentes dans les analyses d'eau des stations AEAG de Charente (sans les métabolites)

NOM	Famille Chimique	Activité biologique	FREDON 2011, A. Eau	FREDON 2011	S. Goineau, diagnostic 2010-11 29exploit Arnoult	etude et docs54 2011	etudes et docs26 2010	stations AEAG	etudes et docs26, 2010	directive 2008/105/CE decembre 2008	base IRSTEA
GLYPHOSATE	Acide aminé	Herbicide	x	x	x	x		x			x
S-METOLACHLORE / METOLACHL.	Chloroacetamide	Herbicide	x	x	x	x	x	x			x
BENTAZONE	Thiadiazinone	Herbicide	x			x		x			
ACETOCHLORE	Chloroacetamide	Herbicide	x	x	x		x	x			x
ISOPROTURON	Urée	Herbicide	x	x	x	x	x	x	x	SP	x
ZIRAME	Dithiocarbamate	Fongicide/Répulsif	x					x			
DIMETHENAMID-P	Chloroacetamide	Herbicide	x					x			
MECOPROP	chlorophénoxylé	Herbicide	x		x	x		x			
MANCOZEBE	Carbamate	Fongicide	x	x	x			x			x
2,4-MCPA	Aryloxyacide (chlorophénoxylé)	Herbicide	x		x	x		x	x	exam SDP ou SP	x
AMINOTRIAZOLE	Triazole	Herbicide	x			x		x			x
DIFLUFENICANIL	Amide	Herbicide	x		x			x			x
METALDEHYDE	Cyclo-octane	Molluscicide	x		x			x			x
TEBUCONAZOLE	Triazole	Fongicide	x					x			
CHLORTOLURON	Urée	Herbicide	x		x	x	x	x	x		x
LINURON	Urée	Herbicide	x				x	x	x	SDP	
METAZACHLORE	Chloroacetamide	Herbicide	x				x	x			x
CHLORPYRIPHOS-ETHYL	Organophosphoré	Insecticide					x	x	x	SP	x
FOSETYL-AL	Phosphite	Fongicide		x				x			x

SYNTHESE DE L'ETUDE DES MOLECULES UTILISEES EN AGRICULTURE ET ANALYSEES DANS LES COURS D'EAU

1/ REGION POITOU-CHARENTES

Les herbicides représentent la moitié des substances actives vendues, et sont aussi les plus retrouvées dans les eaux. Le **glyphosate** apparaît comme la substance la plus commercialisée (13% des ventes), elle peut être utilisée sur toutes les cultures ainsi qu'en zone non agricole. Son produit de dégradation, l'AMPA, est retrouvé en forte concentration dans les eaux superficielles car il peut aussi provenir de la dégradation des détergents.

L'atrazine était très utilisé pour désherber le maïs et a été remplacé par les chloacétamides (**S-métolachlore, acétochlore, diméthenamide-P**), famille la plus quantifiée dans les eaux. Le S-métolachlore et l'acétochlore sont recherchés dans 84 et 90% des stations en France. La **bentazone** a aussi été utilisé pour désherber le maïs, il peut être utilisé sur les céréales et les légumineuses. L'**aclonifen**, également très utilisé sur plusieurs cultures est retrouvé dans les eaux de Charente.

L'**isoproturon**, le **2,4 MCPA**, le **mécoprop** et le **chlortoluron** sont utilisés pour le désherbage des céréales et sont parmi les substances les plus quantifiées dans les eaux superficielles de Charente. L'isoproturon est une substance désignée prioritaire (SP) par l'Agence de l'eau dans la Directive 2008/105/CE (Parlement Européen et du conseil, 2008). Cette directive a établi des normes de qualité environnementale (NQE) dans le domaine de l'eau en listant 41 substances caractéristiques du bon état chimique des eaux pour la DCE. Le 2,4 MCPA (sels ou esters) est actuellement en examen pour être classée Substance Dangereuse Prioritaire ou Substance Prioritaire. Dans ce cadre, une NQE a été fixée pour cette molécule (Parlement Européen et du conseil, 2008). Le MCPA est à base d'acide phénoxyacétique. Sous forme de sels (sel de diméthylamine), il se dissocie rapidement et sous forme d'esters, il s'hydrolyse pour donner dans les deux cas la forme acide. L'isoproturon et le chlortoluron, famille des urées, sont recherchés sur environ 95% des stations de France.

L'**aminotriazole** et le **diflufénicanil** peuvent être utilisés sur plusieurs cultures selon le site ePhy (Ministère de l'agriculture) et sont présents en forte quantité dans les eaux.

Le **linuron**, substance classée dangereuse et prioritaire (SDP) dans la DCE et le **métazachlore** sont des désherbants sur tournesol et dans le maraîchage, tous deux recherchés dans 95% des stations en France et très quantifiés dans les eaux. L'utilisation du linuron est maintenant interdite sur colza et grandes cultures en général. Le **chlorpyrifos** est un insecticide pour toutes cultures désigné comme substance prioritaire (SP) donc très recherché dans les cours d'eau mais pas forcément présent dans tous.

Le **métaldéhyde**, est un molluscicide utilisé potentiellement sur toutes les cultures, et quantifié dans les eaux de Charente.

Le **mancozèbe** (plusieurs cultures), le **zirame** (maïs et arboriculture) et le **tébuconazole** (plusieurs cultures) sont des fongicides quantifiés dans les eaux de Charente. Le **fosetyl aluminium** et le **folpel** sont surtout utilisés sur la vigne, mais n'apparaissent pas dans la liste des molécules les plus quantifiées car leur risque de transfert est faible, dû à leur temps de demi-vie très court (GRAP, 2007).

2/ COMPARAISON AVEC LES SYNTHÈSES DES DIAGNOSTICS AGRICOLES DES TERRITOIRES, ECHELLE DES SOUS-BASSINS VERSANTS

Ces données issues d'études au niveau de la Charente ou au niveau national sont confirmées par les diagnostics agricoles des territoires réalisés au niveau des sous-bassins versants en 2008-2009 pour les états initiaux des plans d'action territoriaux (PAT). Des diagnostics d'exploitations ont ensuite été réalisés de façon plus détaillée en 2010-2011 dans le cadre des PAT. Les substances les plus vendues au niveau de la région sont aussi pour la plupart les plus utilisées sur le bassin de la Fosse-Tidet où la vigne est assez répandue sur ce bassin d'alimentation de captage (BAC). Selon le contrat de bassin versant (SIVOM du Cognaçais, 2008), 124 molécules différentes étaient utilisées en 2006, soit 11t de produits phytosanitaires épandus sur 3 300ha. Les matières actives les plus utilisées sont le glyphosate, le folpel, le mancozèbe, l'aclonifen. L'isoproturon et le glyphosate sont les substances encore autorisées les plus recherchées sur les stations du BAC en 2006.

D'après les diagnostics agricoles réalisés sur le bassin de l'Arnoult en 2010-2011 sur 29 exploitations, l'acétochlore, l'aclonifen, le glyphosate, le S-métolachlore, l'isoproturon et le métolachlore sont les molécules les plus utilisés. Les agriculteurs utilisent en moyenne plus de 100kg de chacune de ces 6 matières actives sur leur exploitation.

Dans le PAT du bassin versant de l'Arnoult (Commission des Interventions, 2009a) pour le captage de Trizay le métolachlore et la bentazone ont été identifiés en 2006 lors de l'état initial comme substances en augmentation sur ce bassin avec la monoculture de maïs. Les autres molécules souvent observées, sur le bassin de la Fosse-Tidet, de la Davidie ou du Né (Commission des Interventions, 2009b; 2009c), font partie de la famille des triazines (atrazine, simazine, atrazine déséthyl) et sont maintenant interdites, tout comme le diuron. Sur le Né, 116 molécules ou métabolites sont recherchés (Chambre d'Agriculture de la Charente, 2008). Les molécules retrouvées dans les eaux superficielles du Né en quantité supérieure aux normes de potabilité en 2005 et 2007

Selon le PAT du Né (Chambre d'Agriculture de la Charente, 2008) et toujours autorisées sont le glyphosate, l'acétochlore, le métolachlore et la bentazone. Les molécules toujours autorisées, détectées et dosées en 2006 sur le bassin du Né sont le 2,4 MCPA et le mécoprop sur les céréales, l'acétochlore, le métolachlore (interdit et remplacé par le S-métolachlore). Les herbicides utilisés sur la vigne et retrouvés en 2006 dans les eaux ont tous été interdits.

3/JUSTIFICATION DE LA SÉLECTION DES 10 MOLECULES TRACEURS

D'après V. Fauvelle (unité REBX, com. pers.), le **glyphosate** et le **S-métolachlore** sont des substances très étudiées, souvent prises comme référence et citées, notamment par l'agence de l'eau, lorsque l'on parle de pollution des eaux par les pesticides. Cependant, S. Léonard (FREDON, com. pers.) souligne le fait que le glyphosate analysé dans les eaux provient en grande partie d'usages non agricoles. Selon lui, il est même possible de voir des berges désherbées sur la Charente et ses affluents. Pour prendre en compte ces utilisations non agricoles ans l'étude, on considère une application de glyphosate au printemps sur les zones urbaines. Le S-métolachlore est retrouvé dans beaucoup de milieux différents. C'est donc une molécule intéressante à tracer pour évaluer l'impact des pratiques agricoles. Dans les études, il est souvent mesuré avec l'acétochlore, dont la présence sera donc déduite de la présence de S-métolachlore. Dans la même famille des chloroacétamides, le **diméthénamid-P** est également sélectionné comme traceur car contrairement au S-métolachlore, cette molécule de plus en plus utilisée (S. Léonard-FREDON, com. pers.) est plus soluble.

Dans la famille des urées, l'**isoproturon**, utilisé en grande quantité, est une substance classée prioritaire dans la DCE, et très retrouvée dans les eaux. Le linuron, de la même famille a les mêmes caractéristiques mais est

utilisé à des périodes différentes. On peut aussi déduire la présence de cette molécule grâce à la présence de l'isoproturon.

Le **mancozèbe** est un fongicide très utilisé sur la vigne.

Le **2,4 MCPA** est une molécule très soluble utilisée sur les céréales.

Le **métaldéhyde** est molluscicide utilisé sur toutes cultures, dont potentiellement assez présent dans les eaux car soluble, avec un Kow proche de 0.

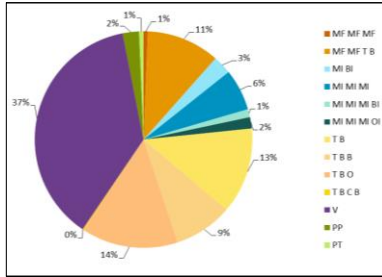
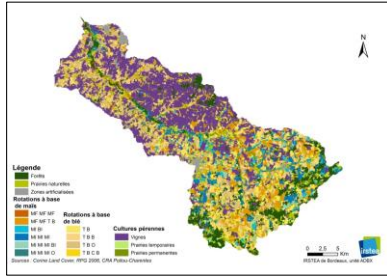
Chlorpyrifos-ethyl est une substance prioritaire dans la DCE, peu mobile, très recherchée est utilisé sur tout type de cultures. Organophosphoré

L'**aclonifen** est peu retrouvé dans les eaux car lipophile mais est très utilisé, notamment sur maïs et est assez classé dans l'ANNEXE I de la directive 91/414/CEE.

L'**aminotriazole** est un herbicide utilisé sur diverses cultures depuis plusieurs années est très quantifié dans les eaux superficielles de Charente.

ANNEXE 5 : Extrait de fiche scénario (scénario de référence)

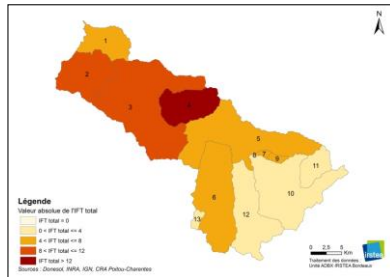
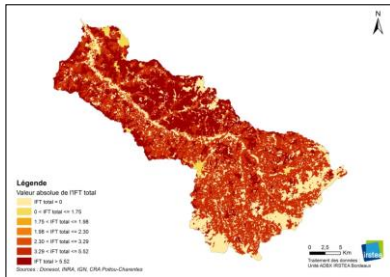
Description de l'occupation du sol « agricole »



Description des indicateurs de pression et d'intensité (IFT, Azote et PREMA)

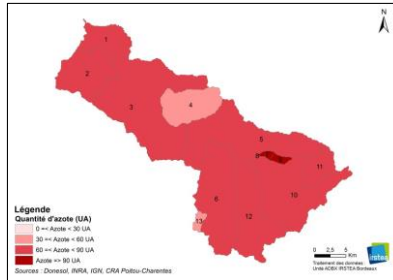
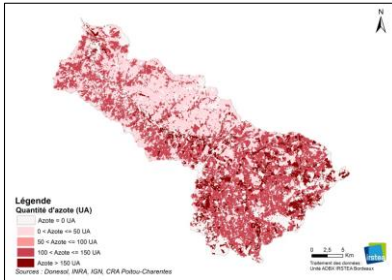
IFT Herbicide, Hors Herbicide et Total

		Moyenne	Ecart-type	Minimum	1 ^{er} quartile	Médiane	3 ^{ème} quartile	Maximum
Ensemble des îlots	IFT Herbicide	0,96	0,74	0,00	0,00	0,83	1,76	2,15
	IFT Hors Herbicide	6,84	6,95	0,00	0,00	2,55	15,37	15,37
	IFT Total	7,81	6,97	0,00	0,00	4,49	16,20	16,20
îlots agricoles	IFT Herbicide	1,27	0,58	0,00	0,83	0,83	1,90	2,15
	IFT Hors Herbicide	9,04	6,63	0,00	2,30	15,37	15,37	15,37
	IFT Total	10,31	6,20	0,00	4,06	16,20	16,20	16,20



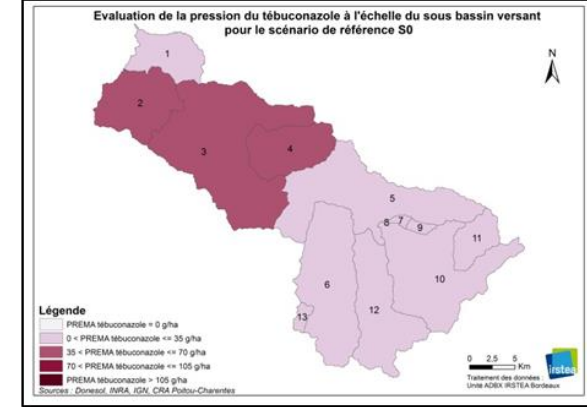
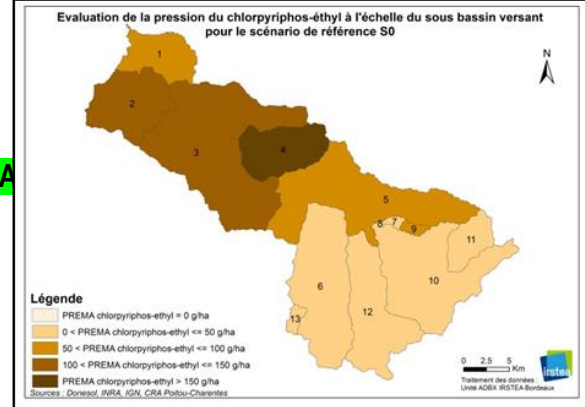
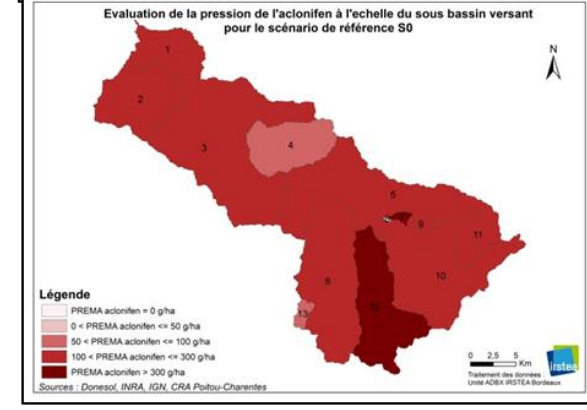
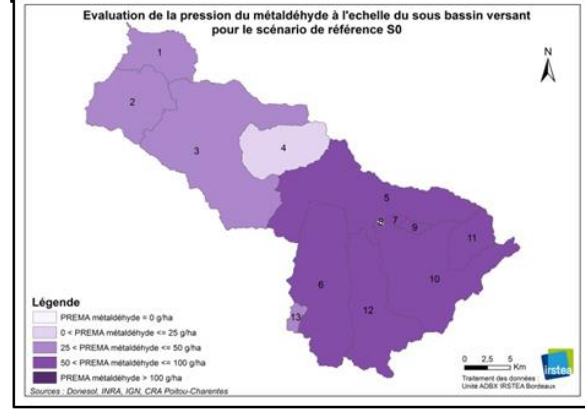
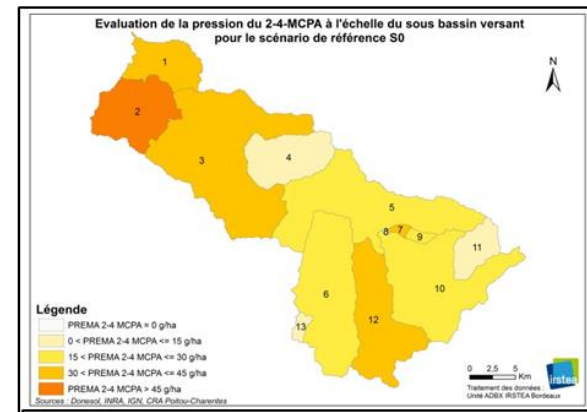
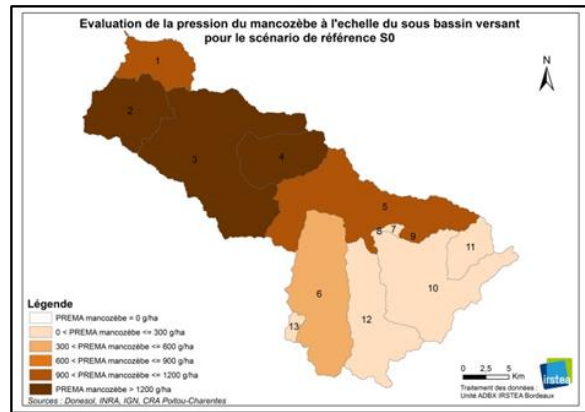
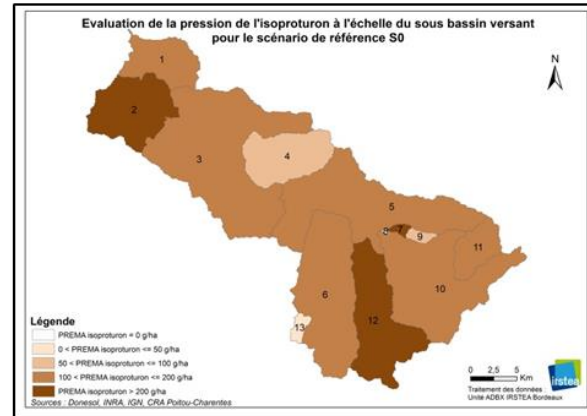
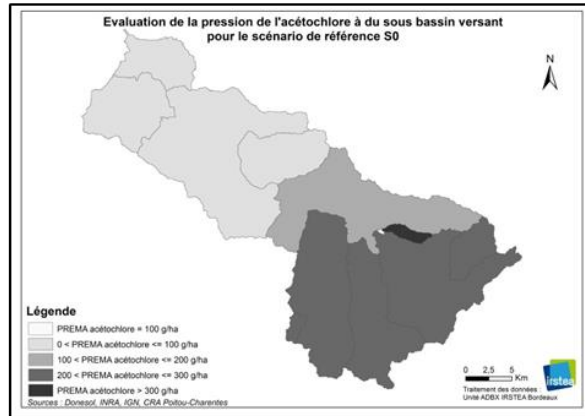
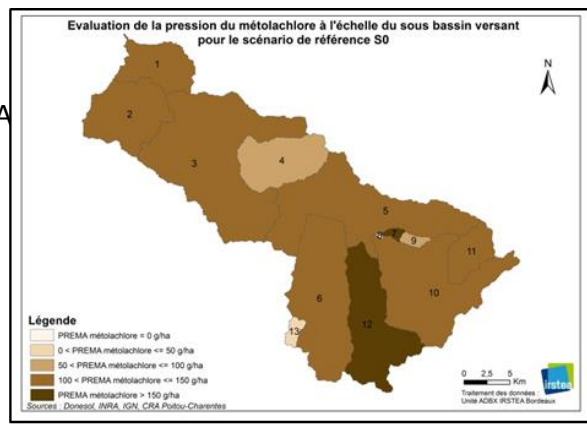
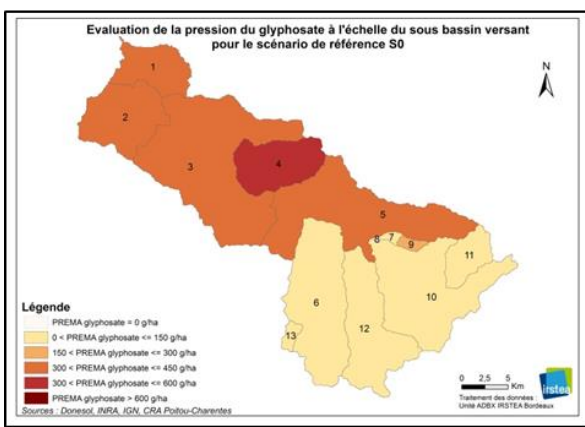
Azote

	Moyenne	Ecart-type	Minimum	1 ^{er} quartile	Médiane	3 ^{ème} quartile	Maximum
Ensemble des îlots	65,53	51,77	0,00	50,00	50,00	113,30	180,00
îlots agricoles	86,55	41,48	50,00	50,00	50,00	113,30	180,00



PREMA pour les 10 molécules sélectionnées

	Moyenne	Ecart-type	Minimum	1 ^{er} quartile	Médiane	3 ^{ème} quartile	Maximum
Ensemble des îlots	glyphosate	309,4	361,7	0,0	0,0	120,0	792,0
	S_metolachlore	96,1	163,9	0,0	0,0	0,0	160,0
	acetochlore	96,2	281,9	0,0	0,0	0,0	0,0
	isoproturon	95,1	164,9	0,0	0,0	0,0	166,7
	mancozebe	1172,3	1451,7	0,0	0,0	0,0	2970,0
	2_4_MCPA	24,0	70,5	0,0	0,0	0,0	0,0
	metaldehyde	35,6	56,6	0,0	0,0	0,0	62,5
	acilonfen	182,3	269,4	0,0	0,0	0,0	500,0
	chlorpyrifos_ethyl	98,7	122,2	0,0	0,0	0,0	250,0
	tebuconazole	39,5	48,9	0,0	0,0	0,0	100,0
îlots	glyphosate	460,5	348,8	0,0	120,0	792,0	792,0



ANNEXE 6 : Présentation du modèle agro-hydrologique semi-distribué SWAT

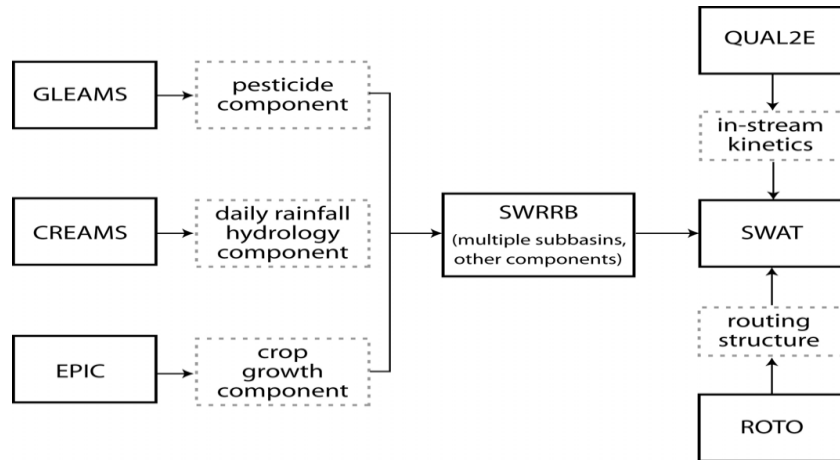


Figure 1: Historique du développement de SWAT et de ses adaptations (Gassman et al. 2007)

Le modèle SWAT se base sur la conservation de la masse du bilan hydrique.

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw})$$

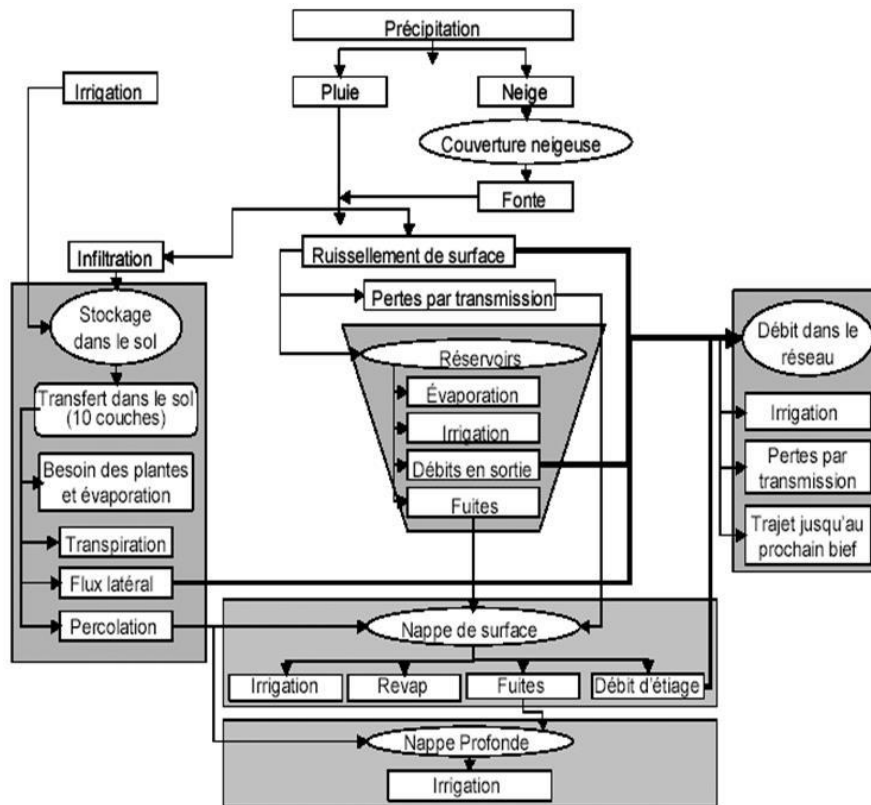
où SW_t est la part d'eau finale stockée dans le sol (mm H_2O), SW_0 est la quantité initiale d'eau au jour i (mm H_2O), t est le temps (jours), R_{day} est la quantité de précipitations au jour i (mm H_2O), Q_{surf} est la quantité de ruissellement de surface au jour i (mm H_2O), E_a est la quantité d'évapotranspiration au jour i (mm H_2O), w_{seep} est la quantité d'eau entrant en zone saturée provenant de l'horizon de sol au i (mm H_2O), et Q_{gw} est la quantité d'eau de retour nappe rivières au jour i (mm H_2O).

Les processus mathématiques que le modèle inclut (cf. Figure 1) simulent les diverses composantes de la balance hydrologique (c'est à dire les ruissellements de surface et de sub-surface, le flux latéral, la percolation, l'infiltration, le retour nappe rivières, l'évapotranspiration, et les pertes de transmission).

L'évapotranspiration peut être estimée par les équations de Penman-Monteith (1948), Priestley-Taylor (1972) ou Hargreaves (1985) incluses dans le modèle ou bien être directement en tant que donnée de forçage.

Les sorties du modèle portent sur les flux hydriques et de contaminants en rivière (*in-stream*), en nappes dans le sol à l'échelle du bassin et à celle des sous-bassins et pour certaines variables, au niveau de la HRU.

PRINCIPAUX PROCESSUS HYDROLOGIQUES SIMULÉS



Source : ECKARD et Arnold, 2001

Figure 2 : Processus hydrologiques simulés par SWAT

PRINCIPAUX PROCESSUS AGRONOMIQUES SIMULÉS

Le module de croissance des plantes est une version simplifiée du modèle de croissance des plantes EPIC (Williams 1990). Il permet de simuler la croissance à tous ses stades phénologiques en se basant sur le cumul journalier des sommes de températures, de la biomasse. Le paramètre indice de récolte est utilisé pour calculer les rendements de culture. Le développement de la plante est contraint par les stress de température, en nutriments ou hydrique. Les fonctions d'EPIC non incluses dans SWAT concernent le développement racinaire détaillé, le cycle des micronutriments ainsi que de la croissance simultanée de plusieurs cultures sur une même unité de calcul (la HRU). SWAT simule de manière semi distribuée (certaines variables sont spatialisées et prédéterminées) les interactions sol – plante – atmosphère. Le modèle permet de prendre en compte des successions culturales ainsi que les calendriers des pratiques agronomiques associées ; les calendriers culturaux sont entrés soit sur la base des pourcentages de somme de températures cumulées, soit en référence aux dates calendaires. Les pratiques culturales sont exhaustives et paramétrables : elles incluent les travaux du sol, la fertilisation, l'irrigation, l'application de pesticides, les semis et différents types de récolte (avec ou sans déchaumage). Les pratiques culturales sont décrites pour chaque HRU et il ne peut y avoir qu'un ITK par HRU. La HRU détermine donc la résolution spatiale et temporelle de la simulation.

PRINCIPAUX PROCESSUS PHYSICO-CHIMIQUES SIMULÉS POUR LE TRANSFERT ET LE DEVENIR DES PESTICIDES

Les processus de simulation des transferts et du devenir des produits phytosanitaires sont pris en compte par SWAT dans les différents compartiments du milieu (eaux, sol, biota et atmosphère). (Cf. **Figure 2**), à partir des caractéristiques physico chimiques spécifiques à chaque molécule (durées de demi-vie dans le sol et foliaire, constante de Henry, solubilité, coefficient de partition octanol /eau K_{ow} , coefficient d'absorption sur la matière

organique K_{oc}) et calcule les transferts et le devenir de chaque molécule en phase particulaire et en phase dissoute à partir du coefficient de partage K_d , facteur physico chimique (qui allié au facteur anthropique celui de la date d'application) contrôlent les transferts et le devenir des pesticides dans le milieu. Le coefficient K_d de partition permet de quantifier la part de concentration d'une molécule, en phase dissoute, et en particulaire

$K_d = \frac{[particulaire]}{[dissoute]}$ et de calculer ensuite les quantités transférées dans le sol et « in-stream ». (Cf. (Équations 1 et 2).

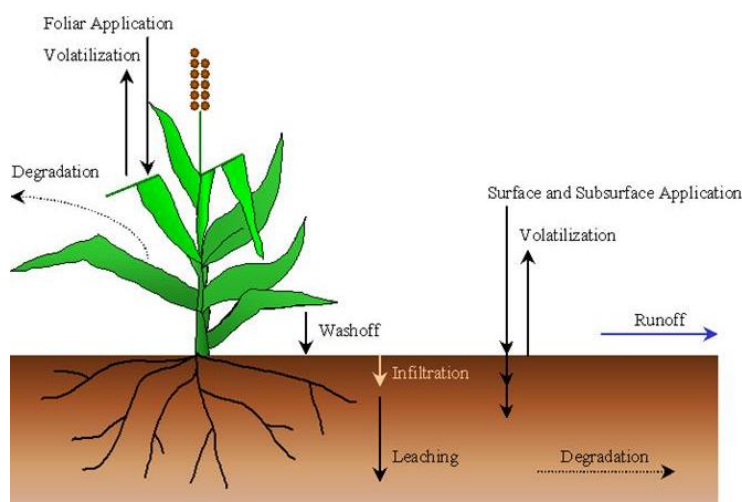


Figure 3 : Principaux processus d'épuration et de transfert des pesticides modélisés par SWAT (Arnold)

Ils répondent à une équation de bilan de masse :

$$\text{(Équation 3)} \quad \Delta pst_{rchwtr} = pst_{in} - (pst_{sol,o} + pst_{sorb,o}) - pst_{deg,wtr} - pst_{vol,wtr}$$

$$\text{(Équation 4)} \quad \Delta pst_{rchsed} = -pst_{deg,sed} + pst_{stl,wtr} - pst_{rsp,wtr} - pst_{bur} \pm pst_{dif}$$

- pst_{in} Quantité de pesticide arrivant au cours d'eau
- $pst_{deg,sed}$ Quantité de pesticide fixée sur sédiment dégradée (mg pst)
- $pst_{deg,wtr}$ Quantité de pesticide dans le support eau dégradée (mg pst)
- pst_{dif} Quantité de pesticide transférée entre l'eau et le sédiment par la diffusion (mg pst)
- pst_{rchsed} Quantité de pesticide dans le sédiment (mg pst)
- pst_{rchwtr} Quantité de pesticide dans l'eau (mg pst)
- $pst_{rsp,wtr}$ Quantité de pesticide enlevée du sédiment via la resuspension (mg pst)
- $pst_{sol,o}$ Quantité de pesticide en phase dissoute entraînée dans le flux sortant (mg pst)
- $pst_{sorb,o}$ Quantité de pesticide partant par le flux (mg pst)
- $pst_{stl,wtr}$ Quantité de pesticide prélevée de l'eau par la sédimentation (mg pst)
- $pst_{vol,wtr}$ Amount of pesticide removed via volatilization (mg pst)
- Δpst_{rchwtr} Différence de masse de pesticide dans la lame d'eau (mg pst)
- Δpst_{rchsed} Différence de masse de pesticide dans la couche sédimentaire (mg pst)

**DONNEES D'ENTREE DU MODELE AGRO-HYDROLOGIQUE ET METHODOLOGIE D'INTEGRATION DES
DONNEES AGRONOMIQUES VIA L'APPLICATIF INFORMATIQUE GENLU2**

Tableau 3 : Tableau des données d'entrée du modèle

Type de données	Descriptif	Source
Topographie	Modèle Numérique de Terrain 25 m x 25 m	IGN – BD topo
Pédologie : spatialisation	Carte pédo-géomorphologique 1 / 250.000ièmes IGCS <i>Retraitée par l'équipe ADBX et la chambre régionale d'agriculture (cf. paragraphe xx)</i>	DONESOL – GISSOL INRA ADBX
Pédologie : caractéristiques	Caractéristiques physico-chimiques (réservé utile, profondeur et nombre d'horizons, taux de limon, argile, sable, etc.) <i>Retraitée par l'équipe ADBX et la chambre régionale d'agriculture (cf. paragraphe xx)</i>	DONESOL - Chambre régionale d'Agriculture Poitou- Charentes ADBX
Hydrologie de surface	Référentiel français du réseau hydrographique de surface	BD Carthage 2010
Données de forçage	Températures minimales et maximales et hauteurs de précipitations journalières aux stations de La Couronne et de Cognac de 1983 à 2011. <i>Retraitée par l'équipe ADBX</i>	Météo-France ADBX
Occupation du sol	Construction de l'occupation du sol spatialisée, en typologies de rotations représentatives du bassin du Né liées à des types de sols agricoles, à partir de données d'enquêtes, de données institutionnelles (Registres Parcellaires Graphiques de 2006 à 2010) et complétés pour les surfaces non agricoles, par la base Corine Land Cover 2006) <i>Production équipe ADBX/ chambre régionale PC</i>	Irstea Bordeaux- Chambre régionale d'agriculture Poitou- Charentes RPG
Pratiques culturales	Calendriers cultureux de pratiques spatialisées (rotations types * types de sols) associés à l'occupation du sol : dates de semis, récolte, application de pesticides, de fertilisants, travaux du sol, ... <i>Production équipe ADBX/ chambre régionale PC</i>	Irstea Bordeaux- Chambre régionale d'agriculture Poitou- Charentes RPG
Données hydrométriques	Données institutionnelles de mesure ou de calcul des débits journaliers – la seule chronique disponible validée est celle de Salles d'Angles, à la station virtuelle (débit reconstitués) R4122523 de mi 2001 à 2005 et de 2008 à 2011 <i>Retraitées par l'équipe ADBX</i>	Banque Hydro- SCHAPI
Données de qualité des eaux	Plusieurs stations institutionnelles: Ars, Chaume du pas, La Magdeleine, Saint Médard, Pont des Eures, Lussaud et Condéon, Ces stations enregistrent 5 mesures de concentrations en rivières par an (2 en 2010) à partir de 2006. <i>Retraitées par l'équipe ADBX</i>	SIE – Agence de l'Eau Adour Garonne

Pour les scénarios simples, du fait de l'introduction de nouvelles cultures et de l'allongement des rotations, GENLU2 a permis de modifier rapidement l'occupation du sol et d'entrer les nouveaux calendriers cultureux associés. Pour les scénarios combinés, l'affectation de pratiques agricoles se fait à l'échelle de la HRU sur la totalité de la HRU. Cela implique, pour un scénario combiné, de sélectionner HRU par HRU, jusqu'à atteindre le pourcentage de surface cumulées de HRU qui atteint le pourcentage de surface de changement de pratique prévu dans la MAE ou dans le scénario combiné.

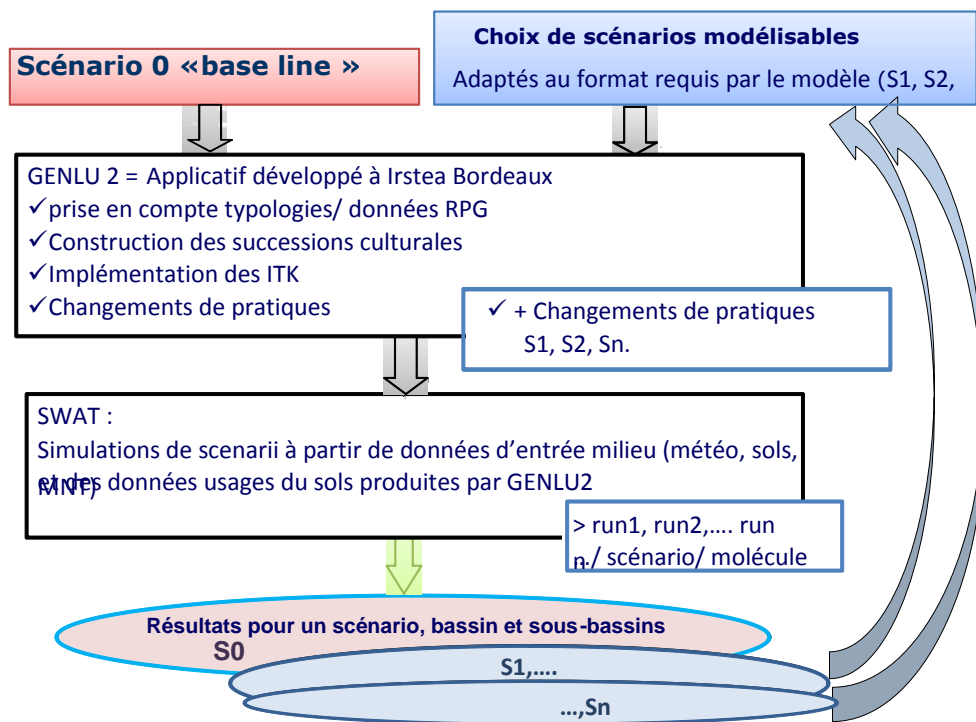


Figure 4: Processus pris en compte par l'applicatif GENLU2

LES FONCTIONS OBJECTIF D'ESTIMATION DE LA VALEUR PREDICATIVE DU MODELE HYDROLOGIQUE SWAT

Le coefficient d'efficacité de Nash Sutcliffe permet d'estimer la justesse de prédiction des modèles hydrologiques (Nash and Sutcliffe 1970). Il est défini comme suit :

$$ENS = 1.0 - \frac{\left[\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2 \right]}{\left[\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2 \right]} \quad (\text{Équation 5})$$

Où O_i sont les débits observés et P_i les débits prédits. \bar{O} sont les débits moyens observés.

Le NSE s'échelonne de $-\infty$ à 1 ; les valeurs les plus fortes indiquant une meilleure prédiction. Si le NSE est négatif ou très proche de zéro, les prédictions du modèles sont alors considérées comme « inacceptables ». (Santhi et al. 2001).

Le coefficient de détermination (r^2) est le carré du coefficient de corrélation du produit mixte de Pearson. Ce coefficient rend compte de la proportion totale des variances des valeurs observées qui forment la valeur explicative du modèle. Le coefficient d'efficacité mesure la justesse de l'adéquation entre les valeurs prédites et la droite des 1:1. Le r^2 est calculé par l'équation suivante :

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P}) \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \right]} \quad (\text{Équation 6})$$

Où O_i sont les débits observés et P_i les débits prédits. \bar{O} sont les débits moyens observés et \bar{P} les débits moyens prédits.

Les valeurs de ce coefficient s'échelonnent de $-\infty$ à 1. Plus les valeurs sont proches de 1, meilleures sont les prédictions du modèle.

EVALUATION DES PREDICTIONS DU MODELE ET ANALYSE DE SENSIBILITE

La démarche adoptée a été de mener tout d'abord une analyse de sensibilité sur les paramètres gérant la production de flux d'eaux, ensuite de procéder à de la calibration et enfin de valider. La démarche respecte les préceptes édictés par le concepteur de modèle SWAT (Arnold, 2012).

Le modèle agro-hydrologique SWAT contient des centaines de paramètres qui représentent les processus hydrologiques et de qualité des eaux. L'analyse de sensibilité permet de discriminer parmi les paramètres ceux pour lesquels les variations des prédictions du modèles sont les plus fluctuantes, et permet ensuite par les étapes de calibration et de validation à diminuer l'incertitude lies aux valeurs des paramètres d'entrée et à améliorer les performance prédictives du modèle SWAT (Arnold and Fohrer 2005, Holvoet et al. 2005)

La méthode utilisée est une approche hybride de simulation d'Hypercube latin et d'échantillonnage d'un paramètre à la fois via (Latin Hypercube – One factor At a Time, ou LH-OAT). Le concept de simulation par Hypercube latin est dérivé de la méthode de Monté Carlo tout en utilisant une méthode stratifiée d'échantillonnage pour réduire le nombre de simulations. Cette méthode présente l'avantage de la robustesse de Monté Carlo tout en optimisant le nombre de calculs (van Griensven et al. 2006). La méthode LH-OAT subdivise la distribution de chaque paramètre en N intervalles égaux, et échantillonne au hasard les valeurs du paramètres dans chaque intervalle. Chaque itération commence par un tirage d'un point j dans l'Hypercube latin. Autour de chaque point j , un effet partiel S_{ij} pour chaque paramètre e_i est calculé (en pourcentage).

$$S_{i,j} = \left| \frac{100 * \left(\frac{M(e_1, \dots, e_i * (1+f_i), \dots, e_p) - M(e_1, \dots, e_i, \dots, e_p)}{[M(e_1, \dots, e_i * (1+f_i), \dots, e_p) + M(e_1, \dots, e_i, \dots, e_p)]/2} \right)}{f_i} \right|$$

Où $M(\cdot)$ rend compte des fonctions objectives du modèle, f_i est la fraction par laquelle le paramètre e_i est changé et j se réfère à un point de l'Hypercube latin. L'effet final est calculé en moyennant les effets partiels de chaque itération pour tous les points de l'Hypercube latin.

L'analyse de sensibilité a été menée sur les principaux paramètres régissant la réponse hydrologique du modèle. La sensibilité d'un paramètre est décrite comme étant la moyenne des sensibilités relatives :

$$S_i = \frac{\delta P}{\delta I} * \frac{1}{P(i)} \quad (\text{Équation 7 : sensibilité partielle})$$

Avec P , la valeur prédite et I la valeur initiale du paramètre i .

Tableau 2 : Tableau d'analyse de sensibilité des principaux paramètres influant sur la réponse hydrologique

Paramètre	Valeur initiale	Valeur minimale	Valeur maximale	Bound	Upper	Valeur moyenne	Sensibilité
Rchrg_Dp	0.7	1	4	1	2001	2.8	1
Gwqmn	*****	1000	6	2	2001	1.86	2
Cn2	-25	0	10	3	2001	0.328	3
Esco	0.2	0.8	27	1	2001	0.183	4
Blai	0	1	61	1	2001	0.166	5
Sol_Z	-25	25	16	3	2001	0.148	6
Canmx	0	10	7	1	2001	0.142	7
Sol_K	-25	25	15	3	2001	0.0955	8
Slope	-25	25	23	3	2001	0.0919	9
Gw_Revap	0	0.036	3	2	2001	0.059	10
Alpha_Bf	0.05	0.6	1	1	2001	0.0577	11
Sol_Awc	-15	0	17	3	2001	0.0349	12
Gw_Delay	-10	10	2	2	2001	0.0242	13
Ch_K2	0	150	54	1	2001	0.0103	14
Biomix	0	1	25	1	2001	0.00385	15
Epco	0.3	0.9	28	1	2001	0.00121	16
Surlag	3	4	33	1	0	0.000399	17
Ssubbsn	-25	25	24	3	2001	0.000216	18
Ch_N2	0	1	51	1	2001	0.000131	19
Sol_Alb	-25	25	22	3	2001	0.0000659	20
Revapmn	-100	100	5	2	2001	0	23
Sftmp	0	5	36	1	0	0	23
Tlaps	0	50	52	1	2001	0	23

Sans surprise, les paramètres influençant le plus la réponse hydrologique sont ceux liés aux nappes (dont le premier Rchrg_Dp, le coefficient de percolation vers les nappes profondes ainsi que le second Gwqmn, le seuil de contribution de la nappe souterraine à l'écoulement en chenal, écoulement de base) (Cf. Tableau 2).

L'hydrosystème du bassin du Né est en effet fortement influencé par les interactions nappes rivières.

ANNEXE 7 : Programmation Mathématique pour le calcul des coûts directs privés de mise en place des MAE

La force de la programmation mathématique (PM) vient de sa capacité à incorporer des éléments pour lesquels la preuve empirique n'est pas encore disponible. De plus, la plupart du temps, les données disponibles sont soit limitées soit incomplètes et la programmation mathématique reste des lors la solution la plus pertinente pour évaluer les changements de revenu consécutifs à l'application des MAE. La PM est aussi la clé pour la création de modèles véritablement intégrés, étant donné qu'elle permet de relier des éléments économiques avec des éléments écologiques et biophysiques.

Développé sous GAMS (General Modelling Algebraic System) (Brooke et al. 1988, Mc Carl, 2009), le modèle économique développé simule l'utilisation des terres agricoles au niveau de chaque HRU.

On suppose que les agriculteurs n'ont aucun effet sur les prix de vente ou d'achat (« *price-takers* ») et qu'ils cherchent à maximiser leur profit. La fonction objective du modèle économique est donc la maximisation de l'utilité espérée (ici la Marge Brute puisque aucun abattement lié au risque n'a été pris en compte) dans le choix ou non d'implémenter une mesure particulière.

En plus des variables de décision correspondant aux cultures et aux pratiques standards observées, les MAE sont introduites dans le modèle bioéconomique soit en tant que nouvelles variables correspondant soit à une autre occupation de l'espace (nouvelles cultures principales, cultures dérobées, prairies, bandes enherbées,..) soit aux mêmes cultures pour lesquelles certains paramètres ont été modifiés (réduction des pesticides ou engrais utilisés) en ajoutant, si nécessaire, des contraintes supplémentaires (rotation plus longue, diversification des cultures,..).

Fonction objectif

La fonction objective du modèle en Programmation Linéaire au niveau agrégé de la HRU est donc le suivant:

$$\max \Pi_{hru} = \pi_{1,hru} + \pi_{2,hru}$$

$\pi_{1,hru}$ = Marge Brute par hru avec les pratiques standard (S0)

$\pi_{2,hru}$ = Marge Brute par hru avec les MAE

avec

$$\pi_{1,hru} = \sum_c (y_{c,1,hru} \times p_c - cv_{c,1}) \times X_{c,1,hru}$$

$$\pi_{2,hru} = \sum_c (y_{c,2,hru} \times p_c - cv_{c,2}) \times X_{c,2,hru} + \sum_c [S \times X_{c,2,hru} - C_{2,hru}(X_{c,2,hru})]$$

Π_{hru} : Profit réalisé en choisissant($\pi_{2,hru}$) ou pas ($\pi_{1,hru}$) la (les) mesure(s) agro-environnementale(s)

Hru : Unité de réponse hydraulique

c : Activité culture

m : Pratiques 1: pratique standard, 2: mesure agro environnementale

$X_{c,1,hru}$: Assolement (ha) de l'activité pour la culture i, et la pratique m à l'intérieur de l'unité spatiale

$y_{c,1,hru}$: Rendement de l'activité [tonnes de grains ou Matière Sèche ha-1] par culture et HRU

p_c : Prix pour la culture i (€.ha-1)

$cv_{c,2}$: Coût variable de production par culture, et type de pratique (€.ha-1)

S_{hru} : Aide compensatoire (€.ha-1) optimale calculée (égale où non au montant de la MAE) par hru

Cette aide est supposée compenser les coûts additionnels $C_{2,hru}$ de mise en place des MAE. La surface optimale par culture qui sera consacrée à la MAE est donc obtenue par :

$$\frac{\partial [S \times X_{c,2,hru} - C_{2,hru}(X_{c,2,hru})]}{\partial X_{c,2,hru}} = S_{c,hru} - C'_{2,hru}(X^*_{c,2,hru})$$

$C'_{2,hru}(X^*_{c,2,hru})$: coût marginal de mise en place de la MAE

Le coût total d'implémentation d'une MAE est ensuite calculé par intégration des coûts marginaux sur la surface où la mesure est appliquée. Pour chaque HRU nous avons donc:

$$Ct_{hru} = \sum_c \sum_{s=0}^s \rho_{c,hru} \times X^*_{c,2,hru}$$

$\rho_{c,hru}$ = Valeurs duales

$X^*_{c,2}$: Surface avec mesure dans la solution optimale pour l'aide S

Les coûts sont calculés par HRU (Ct_{hru}) puis sommés au niveau du sous-bassin (SBV) qui est l'échelle la plus appropriée pour évaluer l'efficacité d'une MAE sur la réduction de concentration à l'exutoire. Cette méthode a été appliquée dans le cadre d'une étude précédente sur le bassin du Gers amont (Lescot et al., 2013).

L'étude de la variabilité des coûts marginaux de mise en place ne faisait pas particulièrement l'objet du travail réalisé dans le cadre de ce projet. En effet, seuls les coûts additionnels par sous bassins étaient attendus pour l'analyse Coût-Efficacité. Pour l'application de la méthode au bassin versant du Né, les coûts ont donc été calculés directement à l'échelle de chaque sous bassin versant par différence entre les valeurs des solutions optimales (calculées par la fonction objective) pour le scénario de référence et les autres scénarios visant à réduire l'apport de pesticides en implémentant des MAE.

Le coût direct d'implémentation d'un scénario à l'échelle d'un sous bassin est alors calculé de la façon suivante:

$$C_{SBV} = \pi^*_{1,SBV} - \pi^*_{2,SBV} \quad \forall SBV$$

$$\pi^*_{1,SBV} = \sum_{HRU=1}^n \pi^*_{1,HRU}$$

$$\pi^*_{2,SBV} = \sum_{HRU=1}^n \pi^*_{2,HRU}$$

$$C_{tBV} = \sum_{SBV=1}^{13} C_{SBV}$$

Ces coûts totaux C_{tBV} à l'échelle du bassin sont calculés sur une base annuelle à partir des coûts totaux calculés au niveau des sous-bassins.

Afin d'avoir une échelle temporelle identique à celle de la modélisation avec SWAT, nous utilisons la somme actualisée des coûts annuels sur la période pendant laquelle les mesures sont implémentées, définie par :

$$CT = \sum_{t=1}^T C_{tBV} \times (1 + r)^{-t}$$

CT : Coût total

C_{tBV} : Coût annuel (€); t : années de la période de simulation ; r : taux d'actualisation.

Contraintes:

- Surfaces agricoles

$$\sum_c X_{c,1,hru} + \sum_c X_{c,2,hru} \leq Sau_{hru} \quad \forall hru$$

- Surfaces irriguées

$$\sum_{c_i} X_{c,1,hru} + \sum_{c_i} X_{c,2,hru} \leq S_{irrigable_{hru}} \quad \forall hru$$

c_i : cultures irriguées sur le bassin versant du Né : blé, orge, maïs grain, tournesol

- importance relative des cultures par sous bassin

$$\sum_{hru} X_{c,1,hru} \leq p_{SBV,c} \times Sau_{SBV} \quad \forall sub, \forall c \quad \{hru\} \in sub$$

- mise en place des mesures

$$\sum_c X_{c,1,hru} \leq (1 - x_{hru}) \times Sau_{hru}$$

$$\sum_c X_{c,2,hru} \leq x_{hru} \times Sau_{hru} \quad x_{hru} \in \{0,1\}$$

- variables

$$X_{c,1,hru} \geq 0$$

$$X_{c,2,hru} \geq 0$$

ANNEXE 8 : Modélisation des systèmes sur le bassin versant du Né

La répartition des catégories d'occupation du sol modélisées sur le bassin du Né est détaillée pour chaque sous-bassin. La carte des rotations permet de visualiser la succession des cultures modélisée sur le bassin versant.

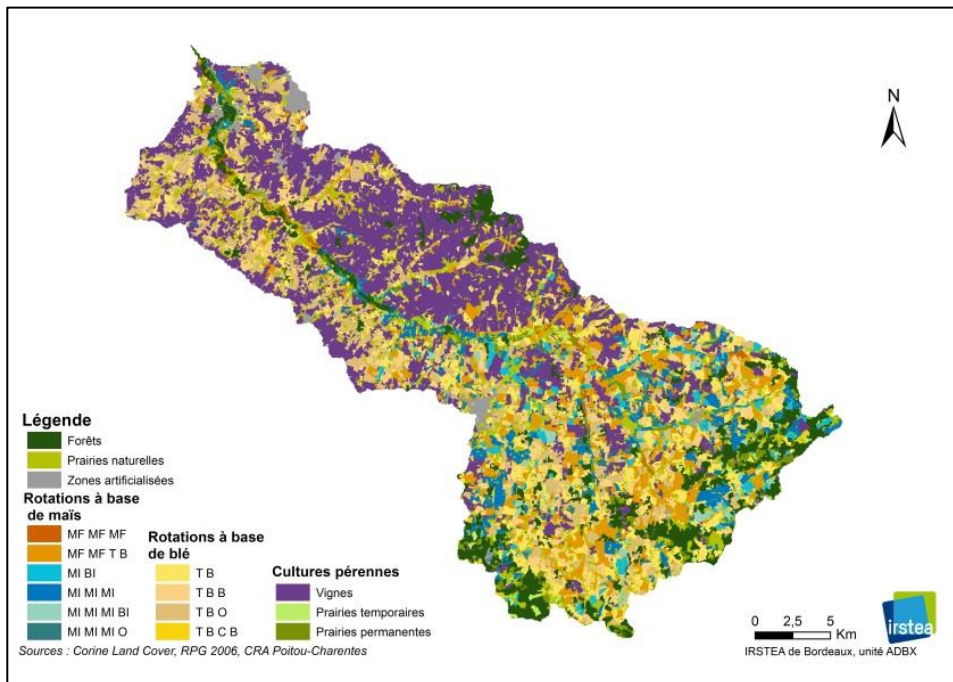
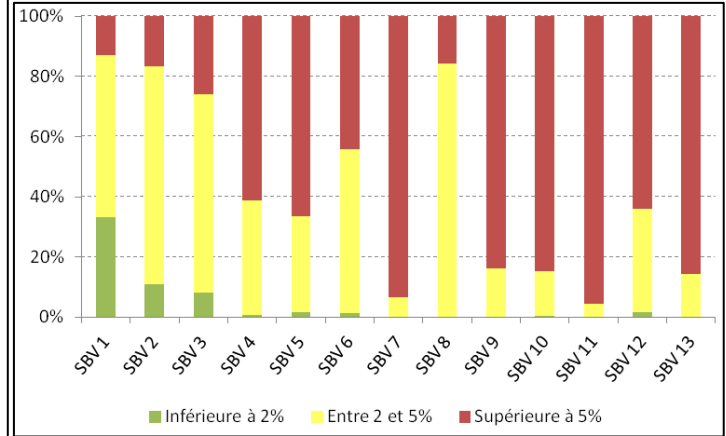
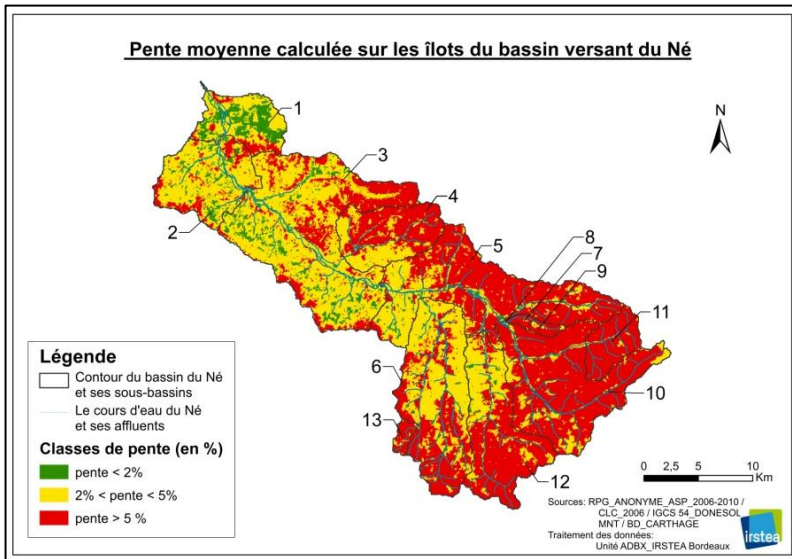


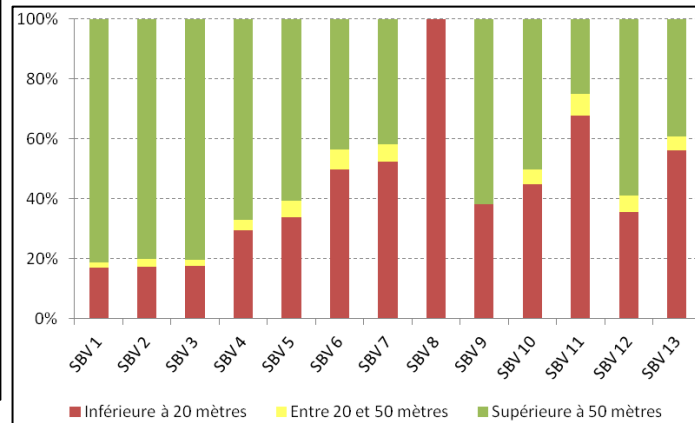
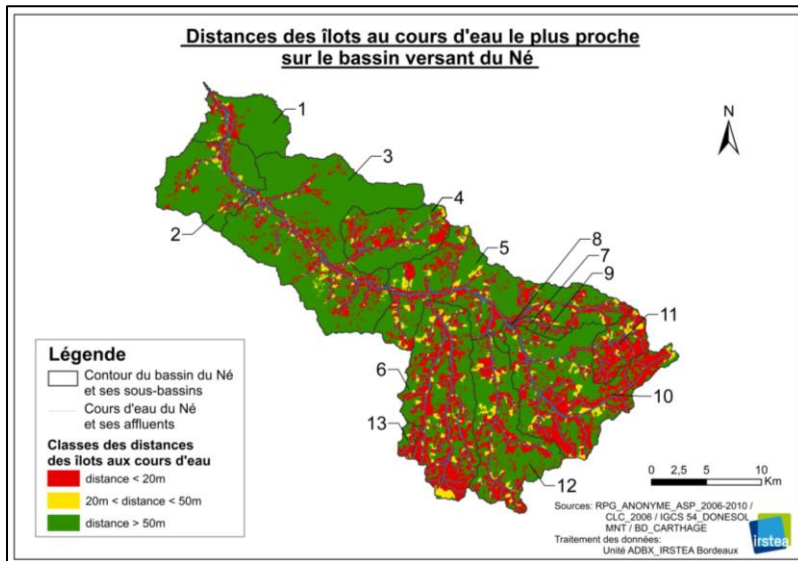
Figure 1 : rotations culturales modélisées sur le bassin versant du Né pour le scénario de référence

ANNEXE 9 : Description du bassin versant du Né

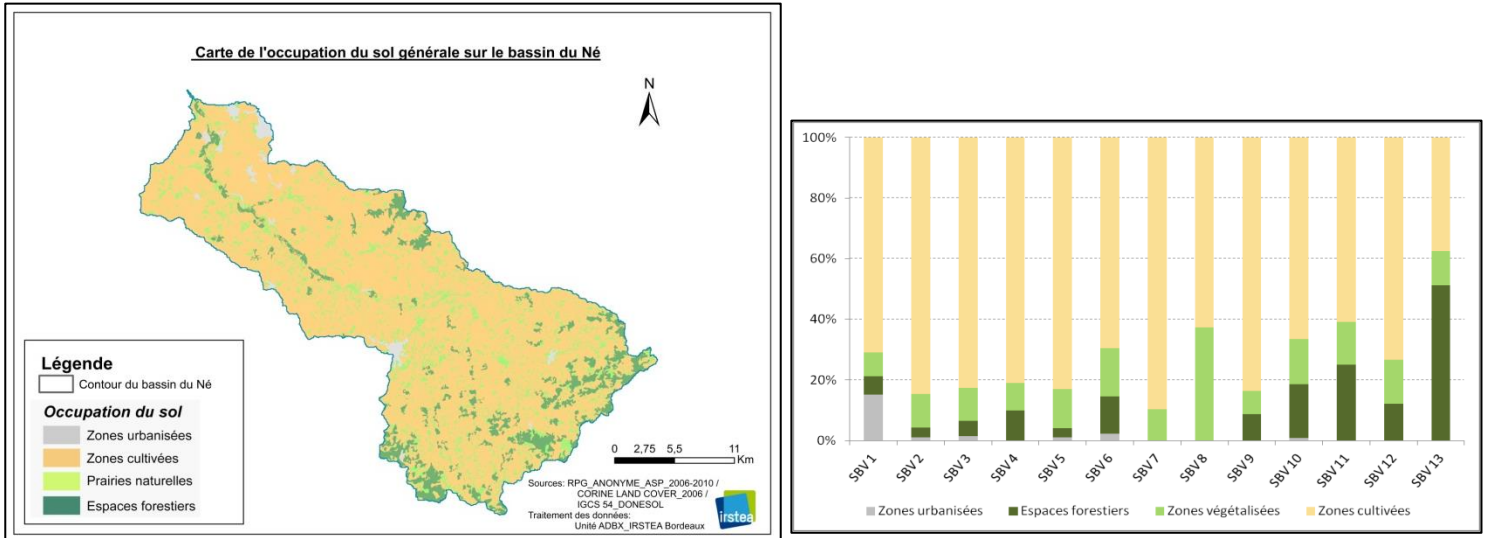
Description de la pente sur le bassin versant du Né



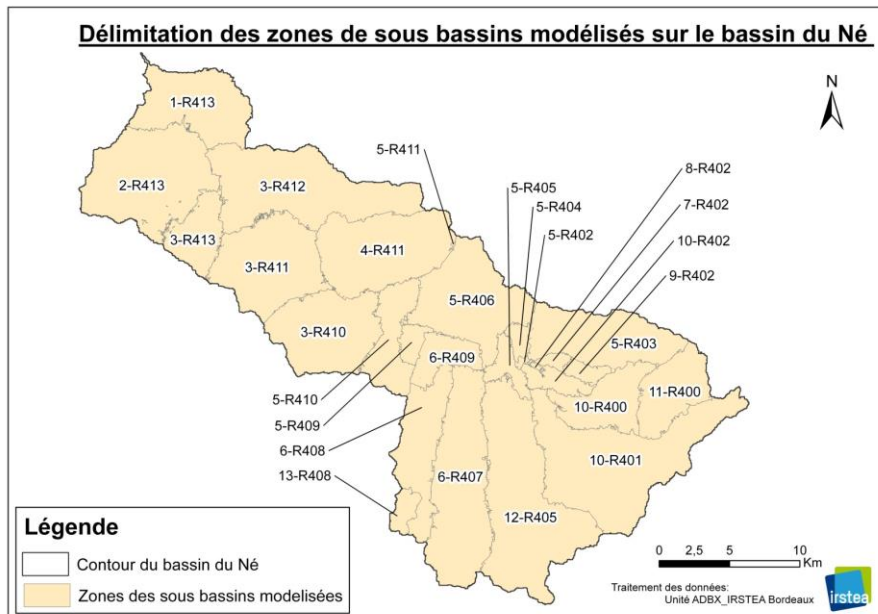
Description de la distance au cours d'eau sur le bassin versant du Né



Description de l'occupation du sol sur le bassin versant du Né



Représentation spatialisée des zones de sous-bassins versants



ANNEXE 10 : Résultats à l'échelle du sous-bassin versant

Résultats des IFT Herbicide et Hors Herbicide au niveau des îlots

	S0	S9	S1A	S2	S3A	S3B	S4
Herbicide	1,27	1,80	1,19	0,71	1,22	0,67	1,09
Hors Herbicide	9,04	10,85	8,60	6,15	8,10	5,49	8,83

Résultats des IFT Herbicide et Hors Herbicide au niveau des sous-bassins versant

IFT Herbicide

	Surface	S0	S9	S1A	S2	S3A	S3B	S4
SBV 1	3431,24	1,00	1,34	0,99	0,56	0,97	0,54	0,94
SBV 2	5426,99	1,14	1,58	1,13	0,64	1,12	0,63	1,06
SBV 3	15591,14	1,05	1,53	1,03	0,60	1,01	0,57	0,95
SBV 4	4577,09	0,84	1,45	0,74	0,52	0,67	0,41	0,71
SBV 5	11330,47	1,18	1,54	0,98	0,62	1,09	0,56	0,87
SBV 6	9259,50	1,15	1,32	0,95	0,57	1,12	0,55	0,74
SBV 7	203,17	1,62	1,78	1,04	0,72	1,58	0,69	0,79
SBV 8	37,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SBV 9	359,90	1,28	1,61	1,08	0,67	1,15	0,57	0,82
SBV 10	9929,09	1,08	1,20	0,87	0,53	1,05	0,50	0,70
SBV 11	2195,14	1,04	1,11	0,69	0,50	1,04	0,50	0,42
SBV 12	7057,26	1,26	1,39	1,10	0,62	1,24	0,60	0,95
SBV 13	466,58	0,48	0,54	0,33	0,23	0,47	0,22	0,25

IFT Hors Herbicide

	Surface	S0	S9	S1A	S2	S3A	S3B	S4
SBV 1	3431,24	5,86	7,02	5,71	3,97	5,41	3,66	5,80
SBV 2	5426,99	7,37	8,83	7,22	5,04	7,01	4,78	7,28
SBV 3	15591,14	8,10	9,69	7,83	5,56	7,46	5,11	7,98
SBV 4	4577,09	10,27	12,22	9,15	7,18	7,20	5,01	10,11
SBV 5	11330,47	6,22	7,54	5,35	4,11	4,55	2,94	5,86
SBV 6	9259,50	3,07	3,80	2,64	1,85	2,47	1,43	2,58
SBV 7	203,17	3,13	3,98	2,08	1,56	2,33	0,98	2,28
SBV 8	37,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SBV 9	359,90	5,90	7,14	4,81	3,77	3,40	2,01	5,34
SBV 10	9929,09	2,37	2,99	1,91	1,34	1,80	0,94	1,94
SBV 11	2195,14	1,52	1,98	1,04	0,73	1,43	0,66	0,77
SBV 12	7057,26	2,49	3,17	2,20	1,41	2,15	1,18	2,15
SBV 13	466,58	1,11	1,36	0,87	0,58	0,92	0,45	0,89

Projet ECCOTER / MAEVEAU – ANNEXES

Résultats des PREMA au niveau des sous-bassins versant

EXEMPLE DU GLYPHOSATE

SBV	SURFACE	S0	S9	S1A	S2	S3A	S3B	S4
1	3431,24	352,43	706,84	341,02	194,56	329,53	182,07	351,96
2	5426,99	382,79	810,01	371,35	182,02	364,42	171,98	378,73
3	15591,14	418,23	895,92	397,28	209,19	385,39	191,22	413,67
4	4577,09	529,87	1117,05	439,44	277,86	371,59	191,60	521,64
5	11330,47	314,13	731,33	248,60	148,25	228,28	101,47	301,03
6	9259,50	149,83	393,06	118,01	56,72	118,92	39,83	132,13
7	203,17	141,00	440,25	78,56	36,83	98,63	13,72	109,21
8	37,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	359,90	276,01	717,57	189,45	132,52	147,26	62,27	256,43
10	9929,09	110,81	330,08	78,43	35,59	80,93	19,48	93,30
11	2195,14	57,15	235,14	28,76	7,78	52,02	5,07	32,87
12	7057,26	118,35	334,51	97,65	28,95	100,71	19,38	106,02
13	466,58	36,94	167,75	29,30	17,10	26,98	11,66	33,38

Le SBV 8 a été négligé en raison de son occupation du sol (majoritairement prairies et zones végétalisées). Ces résultats mettent en exergue l'hétérogénéité par sous-bassin : l'efficacité attendue dépend de l'occupation du sol et des systèmes présents, ce qui apporte une possibilité de mieux cibler les mesures en fonction par exemple de la dégradation de la ressource ou encore de la présence d'enjeux à préserver (biodiversité).

ANNEXE 11 : Confrontation des valeurs simulées par SWAT aux valeurs observées pour le scénario de référence

Exemple de résultat avec le Glyphosate pour le scénario 0 : concentrations simulées vs concentrations observées en trois points du bassin du Né (3 stations de mesures, en amont, aval et dans la partie médiane du bassin).

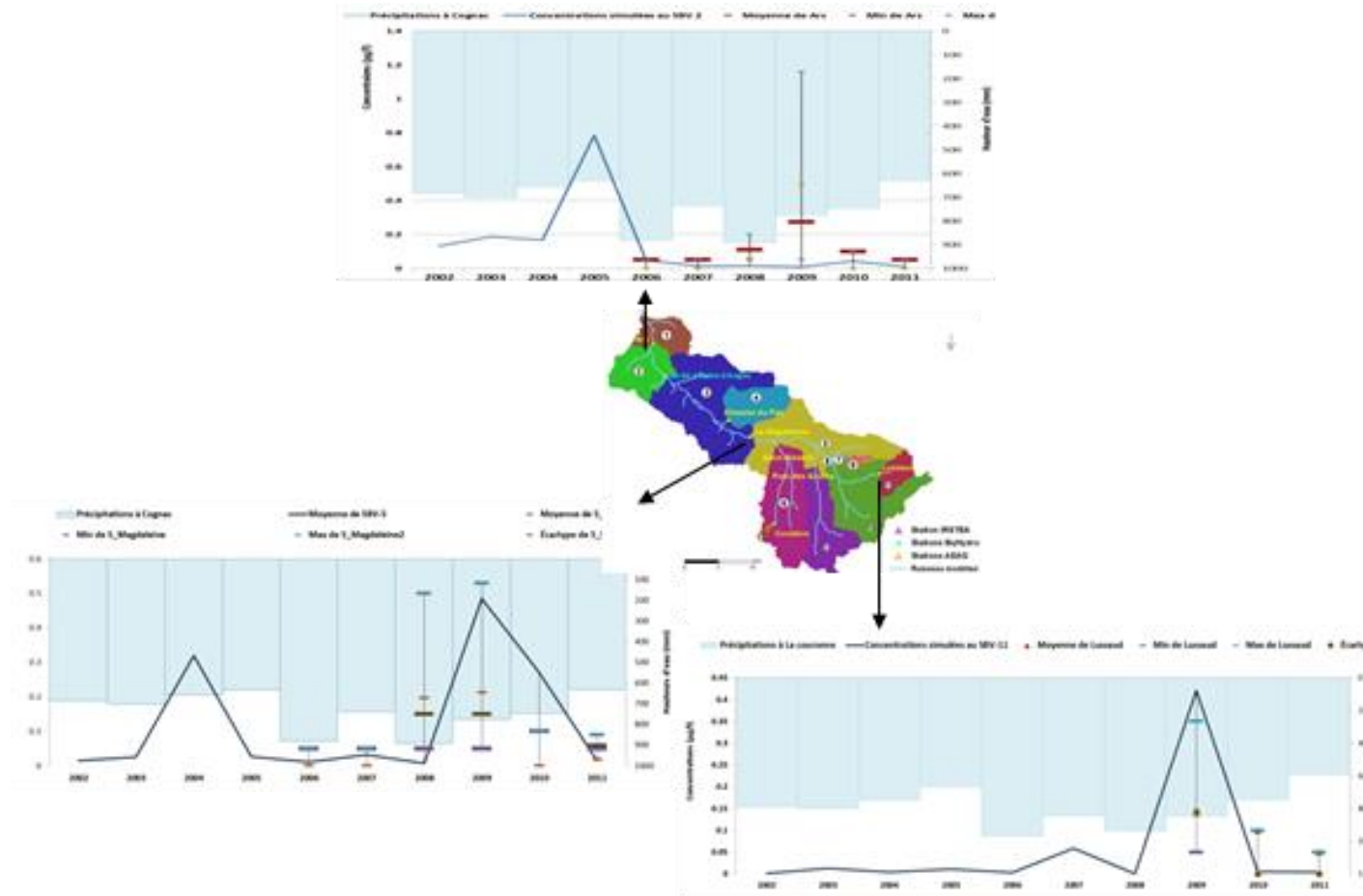


Figure 1 : Confrontations des concentrations simulées de Glyphosate aux mesures pour les parties amont, médiane et aval du bassin du Né

Projet ECCOTER / MAEVEAU – ANNEXES

Glyphosate

Années	SBV-1	SBV-2	Ars	SBV-3	SBV-4	Chaume du Pas	SBV-5	Magdeleine	SBV-6	St-Médard	SBV-7	SBV-8	SBV-9	SBV-10	SBV-11	Lussaud	SBV-12	Pont Ecures	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 du Pas	SBV-5	Magdeleine	SBV-6	St-Médard	SBV-7	SBV-8	SBV-9	SBV-10	SBV-11	Lussaud	SBV-12	Pont Ecures	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

Années	1	2	Ars	3	4	Chaume du Pas	5	Magdeleine	6	St-Médard	7	8	9	10	11	Lussaud	12	Pont Ecures	13	Condéon	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
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

Projet ECCOTER / MAEVEAU – ANNEXES

Tébuconazole

Années	SBV-1	SBV-2	Ars	SBV-3	SBV-4	Chaume du Pas	SBV-5	Magdeleine	SBV-6	St-Médard	SBV-7	SBV-8	SBV-9	SBV-10	SBV-11	Lussaud	SBV-12	Pont Ecures	SBV-13	Bassin
2006	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000		0.000	0.020	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000		0.000	0.000
2007	0.033	0.041	0.050	0.047	0.057		0.066	0.050	0.095		0.064	0.008	0.000	0.099	0.139		0.121		0.000	0.059
2008	0.347	0.471	0.012	0.605	0.000		0.670	0.010	0.007		0.000	0.003	0.000	0.001	0.005		0.001		0.189	0.177
2009	0.010	0.012	0.014	0.014	0.004	0.010	0.018	0.018	0.004	0.020	0.000	0.000	0.000	0.056	0.090	0.020	0.015	0.020	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	0.020	0.111	0.020	0.000	0.053
2011	0.001	0.002	0.020	0.005	0.001	0.020	0.008	0.020	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.014	0.026	0.020	0.003	0.020	0.000	0.005
SBV	0.070	0.093	0.023	0.119	0.011	0.016	0.135	0.023	0.032	0.020	0.032	0.006	0.005	0.038	0.058	0.020	0.042	0.020	0.031	0.052

Métaldéhyde

Années	SBV-1	SBV-2	Ars	SBV-3	SBV-4	Chaume du Pas	SBV-5	Magdeleine	SBV-6	St-Médard	SBV-7	SBV-8	SBV-9	SBV-10	SBV-11	Lussaud	SBV-12	Pont Ecures	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 du Pas	5	Magdeleine	6	St-Médard	7	8	9	10	11	Lussaud	12	Pont Ecures	13	Condéon
2006	0.258	0.281	0.010	0.336	0.082		0.712	0.010	0.710		0.691	0.481	0.490	0.959	0.580		0.923		0.017	
2007	0.431	0.504	0.010	0.619	0.283		1.963	0.012	2.833	0.012	3.802	1.148	1.423	2.439	2.745	0.010	3.594		0.037	0.010
2008	1.883	2.064	0.012	2.289	0.664		2.559	0.012	1.660		2.115	1.566	2.988	3.299	2.124		0.772		0.166	
2009	1.421	1.570	0.012	1.757	0.172	0.010	1.916	0.022	2.511	0.018	1.382	0.892	1.265	1.759	0.878	0.023	3.188	0.010	0.035	0.020
2010	0.309	0.343	0.020	0.381	0.622	0.020	0.425	0.020	0.487	0.020	0.628	0.417	0.408	0.369	0.519	0.020	0.684	0.020	0.008	
2011	0.767	0.887	0.020	1.028	0.100	0.020	1.272	0.020	1.649	0.020	3.146	1.625	2.640	1.531	1.520	0.020	1.641	0.020	0.049	
SBV	0.845	0.942	0.026	1.068	0.321	0.030	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

Projet ECCOTER / MAEVEAU – ANNEXES

Aclonifène

Années	SBV-1	SBV-2	Ars	SBV-3	SBV-4	Chaume du Pas	SBV-5	Magdeleine	SBV-6	St-Médard	SBV-7	SBV-8	SBV-9	SBV-10	SBV-11	Lussaud	SBV-12	Pont Ecures	SBV-13	Bassin	Bassin
2006	0.064	0.020	0.075	0.095	0.025		0.146	0.020	0.039		0.063	0.049	0.177	0.155	0.179		0.154		0.021	0.096	0.502
2007	0.044	0.020	0.052	0.062	0.023		0.087	0.020	0.100		0.036	0.024	0.041	0.125	0.186		0.097		0.119	0.077	1.678
2008	0.090	0.020	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	1.858
2009	0.068	0.040	0.077	0.088	0.009	0.030	0.110	0.020	0.177	0.023	0.014	0.012	0.037	0.164	0.245	0.070	0.172	0.050	0.003	0.091	1.442
2010	0.038	0.020	0.043	0.049	0.034	0.020	0.050	0.020	0.047	0.020	0.042	0.030	0.084	0.066	0.084	0.020	0.061	0.020	0.003	0.049	0.431
2011	0.050	0.020	0.059	0.102	0.016	0.020	0.125	0.020	0.076	0.020	0.016	0.014	0.034	0.201	0.250	0.020	0.156	0.020	0.005	0.085	1.373
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	1.214

Acétochlore

Années	1	2	Ars	3	4	Chaume du Pas	5	Magdeleine	6	St-Médard	7	8	9	10	11	Lussaud	12	Pont Ecures	13	Condéon
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	
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
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	
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	
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	
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	
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

Chlorpyriphos-éthyl

Années	1	2	Ars	3	4	Chaume du Pas	5	Magdeleine	6	St-Médard	7	8	9	10	11	Lussaud	12	Pont Ecures	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	0.042
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		0.052
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	1.126
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		0.286
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		0.035
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	0.015

Projet ECCOTER / MAEVEAU – ANNEXES

2-4 MCPA

Années	SBV-1	SBV-2	Ars	SBV-3	SBV-4	Chaume du Pas	SBV-5	Magdeleine	SBV-6	St-Médard	SBV-7	SBV-8	SBV-9	SBV-10	SBV-11	Lussaud	SBV-12	Pont Ecures	SBV-13	Bassin	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	0.002
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	0.002	0.001
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	0.002
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	0.010
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	0.002
SBV	0.009	0.011	0.019	0.014	0.006	0.020	0.026	0.019	0.048	0.020	0.032	0.007	0.007	0.043	0.026	0.020	0.031	0.029	0.000	0.020	0.003

Commentaires pour la lecture des tableaux:

- I. Les valeurs de concentrations simulées sont confrontées aux valeurs mesurées disponibles à certains exutoires de sous-bassins matérialisés par des encadrés (Cf. tableaux).
- II. Les paramètres de confrontation retenus, au vu du faible nombre de mesures annuelles (2 en 2012 et 4 à 7 pour les autres années, en fonction de la molécule détectée et de la station de mesure) sont les valeurs minimum et maximum annuelles et l'écart type qui rendent compte de l'amplitude de la distribution des valeurs de concentrations. Cette amplitude est remarquable pour le S_Métolachlore.

ANNEXE 12 : Confrontation des valeurs simulées par SWAT pour les scénarios alternatifs à celles du scénario de référence

Glyphosate	S0	S9	EF S9	S2	EF S2	S3A	EF S1	S0	S3B	S4	EF S4
SBV											
1	0.01	0.12	0.106	0.01	-0.099	0.01	0.112	0.01	0.01	0.014	0.008
2	0.03	0.14	0.112	0.01	-0.103	0.03	0.128	0.03	0.01	0.027	0.018
3	0.06	0.29	0.228	0.02	-0.210	0.06	0.266	0.06	0.02	0.060	0.037
4	0.11	0.77	0.663	0.03	-0.630	0.11	0.741	0.11	0.03	0.110	0.076
5	0.04	0.36	0.328	0.01	-0.321	0.03	0.349	0.04	0.00	0.037	0.033
6	0.15	1.48	1.336	0.03	-1.304	0.15	1.449	0.15	0.04	0.143	0.101
7	0.02	0.10	0.087	0.01	-0.079	0.01	0.091	0.02	0.00	0.018	0.018
8	0.02	0.12	0.099	0.00	-0.094	0.01	0.106	0.02	0.00	0.016	0.016
9	0.04	0.35	0.310	0.02	-0.289	0.01	0.295	0.04	0.00	0.040	0.040
10	0.14	0.74	0.607	0.02	-0.584	0.13	0.715	0.14	0.03	0.136	0.107
11	0.12	0.96	0.837	0.00	-0.836	0.12	0.956	0.12	0.00	0.121	0.120
12	0.22	1.44	1.216	0.01	-1.209	0.22	1.430	0.22	0.01	0.221	0.210
13	0.00	0.03	0.027	0.00	-0.026	0.00	0.027	0.00	0.00	0.001	0.000
BV	0.10	0.64	0.106	0.08	-0.099	0.11	0.112	0.10	0.05	0.097	0.008
Mancozèbe	S0	S9	EF S9	S2	EF S2	S3A	EF S1	S0	S3B	S4	EF S4
SBV											
1	0.02	0.02	-0.001	0.02	0.016	0.02	0.006	0.02	0.03	0.024	-0.002
2	0.04	0.03	-0.004	0.02	0.023	0.03	0.009	0.04	0.05	0.036	-0.013
3	0.14	0.09	-0.048	0.05	0.094	0.13	0.035	0.14	0.18	0.136	-0.048
4	0.22	0.11	-0.118	0.04	0.156	0.22	0.068	0.22	0.35	0.224	-0.126
5	0.01	0.04	0.030	0.02	-0.006	0.00	0.009	0.01	0.00	0.011	0.008
6	0.03	0.06	0.031	0.04	0.005	0.03	0.022	0.03	0.02	0.027	0.010
7	0.05	0.07	0.017	0.01	-0.003	0.03	0.029	0.05	0.00	0.052	0.052
8	0.02	0.02	0.001	0.01	0.006	0.00	-0.004	0.02	0.00	0.019	0.019
9	0.26	0.30	0.034	0.10	0.063	0.00	-0.063	0.26	0.00	0.263	0.263
10	0.02	0.06	0.043	0.02	-0.023	0.01	0.031	0.02	0.01	0.017	0.005
11	0.01	0.01	0.003	0.00	0.001	0.00	0.001	0.01	0.00	0.005	0.002
12	0.01	0.03	0.020	0.02	0.000	0.01	0.007	0.01	0.01	0.007	0.001
13	0.01	0.01	0.001	0.01	0.007	0.01	0.004	0.01	0.01	0.012	0.000
BV	0.15	0.14	-0.001	0.08	0.016	0.125	0.006	0.15	0.13	0.130	-0.002
S Métolachlore	S0	S9	EF S9	S2	EF S2	S3A	EF S1	S0	S3B	S4	EF S4
1	0.43	0.51	0.077	0.29	0.213	0.36	0.149	0.43	0.39	0.30	-0.086
2	0.55	0.65	0.095	0.36	0.270	0.36	0.091	0.55	0.50	0.35	-0.150
3	0.73	0.90	0.163	0.51	0.348	0.36	0.014	0.73	0.73	0.39	-0.341
4	0.92	1.47	0.552	0.43	-0.119	0.36	0.481	0.92	0.58	0.40	-0.180
5	0.91	1.08	0.166	0.64	0.471	0.36	-0.109	0.91	0.90	0.50	-0.399
6	0.88	1.04	0.157	0.67	0.514	0.36	-0.153	0.88	0.55	0.22	-0.331
7	1.60	1.91	0.307	1.04	0.733	0.36	-0.371	1.60	0.96	0.52	-0.441
8	0.64	0.78	0.149	0.46	0.311	0.36	0.050	0.64	0.43	0.37	-0.058
9	1.81	2.37	0.563	1.35	0.791	0.36	-0.429	1.81	0.92	0.36	-0.553
10	2.13	2.39	0.258	1.27	1.015	0.36	-0.654	2.13	1.92	0.83	-1.086
11	1.95	2.11	0.166	1.18	1.016	0.36	-0.655	1.95	0.80	0.83	0.036
12	2.36	2.73	0.364	1.76	1.392	0.36	-1.030	2.36	3.27	0.79	-2.481
13	0.32	0.11	-0.210	0.07	0.281	0.36	0.080	0.32	0.30	0.02	-0.283
BV	3.01	3.90	0.077	2.17	0.213	2.841	0.149	3.01	2.82	2.70	-0.086

Chlorpyrifos	S0	S9	EF S9	S2	EF S2	S3A	EF S1	S0	S3B	S4	EF S4
1	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.0	0.003	0.00	0.00	0.003	0.003
2	0.01	0.01	0.000	0.00	0.000	0.0	0.008	0.01	0.00	0.010	0.010
3	0.02	0.02	0.001	0.00	-0.001	0.0	0.022	0.02	0.00	0.023	0.023
4	0.01	0.01	-0.002	0.00	0.002	0.0	0.011	0.01	0.00	0.012	0.012
5	0.01	0.01	0.000	0.00	0.000	0.0	0.004	0.01	0.00	0.014	0.014
6	0.10	0.10	0.000	0.01	0.009	0.1	0.092	0.10	0.00	0.095	0.095
7	0.02	0.01	-0.006	0.00	0.006	0.0	0.007	0.02	0.00	0.017	0.017
8	0.00	0.00	-0.001	0.00	0.001	0.0	0.000	0.00	0.00	0.003	0.003
9	0.08	0.05	-0.032	0.00	0.032	0.0	-0.032	0.08	0.00	0.084	0.084
10	0.06	0.06	-0.006	0.00	0.006	0.1	0.049	0.06	0.00	0.062	0.062
11	0.00	0.00	-0.001	0.00	0.001	0.0	0.001	0.00	0.00	0.002	0.002
12	0.04	0.04	0.001	0.00	-0.001	0.0	0.039	0.04	0.00	0.037	0.037
13	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
BV	0.02	0.02	0.000	0.00	0.000	0.01	0.003	0.02	0.00	0.018	0.003
Aclonifene	S0	S9	EF_S9	S2	EF_S2	S3A	EF_S1	S0	S3B	S4	EF_S4
1	0.14	0.03	-0.106	0.03	0.138	0.1	-0.004	0.14	0.03	0.125	0.093
2	0.21	0.05	-0.160	0.08	0.237	0.2	-0.037	0.21	0.08	0.185	0.107
3	0.39	0.13	-0.264	0.19	0.450	0.4	-0.069	0.39	0.19	0.353	0.167
4	0.68	0.20	-0.478	0.24	0.716	0.7	-0.050	0.68	0.24	0.563	0.325
5	0.70	0.33	-0.368	0.13	0.499	0.7	0.180	0.70	0.13	0.627	0.496
6	1.01	0.51	-0.505	0.21	0.718	1.0	0.268	1.01	0.21	0.491	0.278
7	0.65	0.22	-0.431	0.04	0.469	0.6	0.173	0.65	0.04	0.579	0.541
8	0.27	0.06	-0.208	0.01	0.219	0.3	0.045	0.27	0.01	0.232	0.221
9	1.60	0.75	-0.850	0.18	1.035	1.6	0.535	1.60	0.18	1.427	1.243
10	1.16	0.47	-0.689	0.24	0.925	1.2	0.230	1.16	0.24	1.139	0.903
11	1.77	0.71	-1.056	0.45	1.505	1.8	0.260	1.77	0.45	1.761	1.313
12	2.76	0.77	-1.995	0.58	2.579	2.7	0.086	2.76	0.58	2.665	2.080
13	0.63	0.33	-0.300	0.00	0.300	0.6	0.331	0.63	0.00	0.631	0.631
BV	0.53	0.03	-0.106	0.08	0.138	0.52	-0.004	0.53	0.08	0.497	0.093
Tébuconazole	S0	S9	EF S9	S2	EF S2	S3A	EF S1	S0	S3B	S4	EF S4
1	0.00	0.01	0.006	0.01	0.001	0.00	0.000	0.00	0.00	0.004	0.000
2	0.00	0.01	0.008	0.01	0.002	0.00	0.000	0.00	0.01	0.005	-0.002
3	0.01	0.03	0.020	0.03	0.007	0.01	-0.001	0.01	0.02	0.013	-0.011
4	0.00	0.05	0.046	0.03	-0.017	0.00	0.022	0.00	0.05	0.005	-0.042
5	0.02	0.02	0.004	0.02	0.018	0.00	-0.015	0.02	0.00	0.018	0.014
6	0.04	0.05	0.014	0.05	0.034	0.04	0.002	0.04	0.07	0.036	-0.030
7	0.03	0.03	0.003	0.03	0.029	0.03	-0.003	0.03	0.00	0.031	0.031
8	0.00	0.01	0.004	0.01	0.002	0.00	-0.001	0.00	0.00	0.004	0.004
9	0.15	0.25	0.102	0.17	0.065	0.00	-0.065	0.15	0.00	0.146	0.146
10	0.03	0.05	0.019	0.05	0.031	0.02	-0.010	0.03	0.05	0.033	-0.016
11	0.00	0.01	0.001	0.01	0.004	0.00	-0.001	0.00	0.01	0.004	-0.004
12	0.01	0.02	0.006	0.02	0.011	0.01	0.001	0.01	0.03	0.012	-0.019
13	0.00	0.00	0.000	0.00	0.001	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001	0.000
BV	0.02	0.05	0.006	0.04	0.001	0.005	0.000	0.02	0.01	0.019	0.000

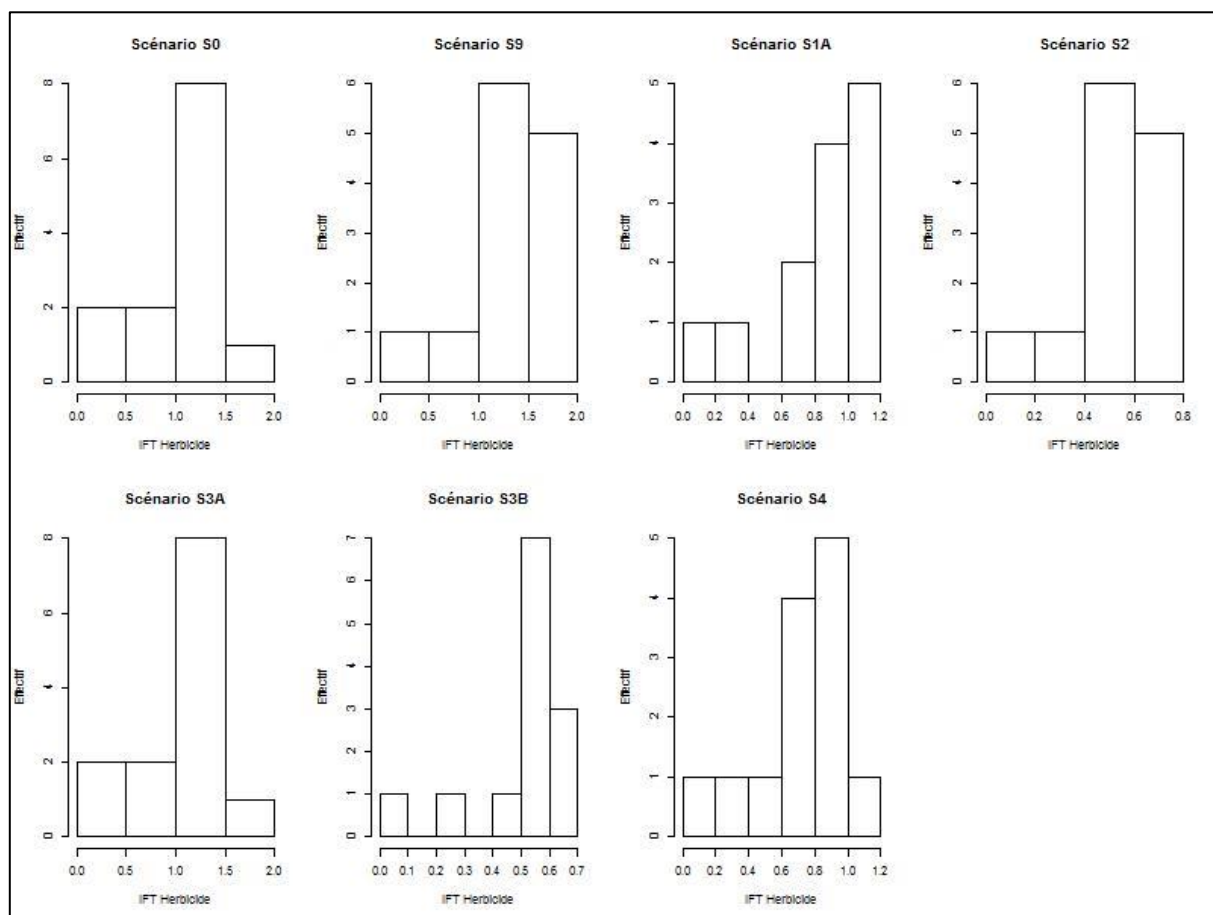
Métaldéhyde	S0	S9	EF S9	S2	EF S2	S3A	EF S1	S0	S3B	S4	EF S4
1	0.15	0.88	0.732		-0.732	0.15	0.880	0.15		0.140	0.140
2	0.20	1.14	0.949		-0.949	0.19	1.139	0.20		0.179	0.179
3	0.25	1.29	1.044		-1.044	0.25	1.289	0.25		0.233	0.233
4	0.20	1.15	0.953		-0.953	0.20	1.155	0.20		0.153	0.153
5	0.37	1.53	1.162		-1.162	0.36	1.521	0.37		0.344	0.344
6	0.60	2.05	1.454		-1.454	0.58	2.038	0.60		0.493	0.493
7	0.79	2.35	1.555		-1.555	0.78	2.339	0.79		0.733	0.733
8	0.25	1.32	1.071		-1.071	0.24	1.315	0.25		0.208	0.208
9	1.44	3.66	2.221		-2.221	1.43	3.648	1.44		1.336	1.336
10	0.92	1.76	0.849		-0.849	0.91	1.763	0.92		0.913	0.913
11	1.18	2.49	1.311		-1.311	1.17	2.482	1.18		1.171	1.171
12	0.86	3.46	2.596		-2.596	0.85	3.445	0.86		0.849	0.849
13	0.84	0.58	-0.256		0.256	0.84	0.586	0.84		0.842	0.842
BV	1.37	3.66	0.732		-0.732	1.33	0.880	1.37		1.230	0.140
MCPA, 2-4	S0	S9	EF_S9	S2	EF_S2	S3A	EF_S1	S0	S3B	S4	EF_S4
1	0.00	0.00	-0.001	0.00	0.002	0.00	0.002	0.00	0.00	0.003	0.002
2	0.00	0.00	-0.001	0.00	0.002	0.01	0.006	0.00	0.00	0.003	0.002
3	0.01	0.01	-0.001	0.00	0.005	0.00	-0.004	0.01	0.00	0.008	0.004
4	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.03	0.028	0.00	0.00	0.001	0.000
5	0.03	0.03	0.003	0.01	0.009	0.02	0.011	0.03	0.01	0.028	0.017
6	0.02	0.03	0.008	0.01	-0.002	0.26	0.267	0.02	0.01	0.020	0.015
7	0.26	0.36	0.095	0.15	0.053	0.00	-0.048	0.26	0.15	0.264	0.118
8	0.00	0.00	-0.002	0.00	0.003	0.06	0.059	0.00	0.00	0.005	0.003
9	0.06	0.08	0.015	0.01	-0.006	0.06	0.067	0.06	0.01	0.062	0.053
10	0.06	0.11	0.049	0.03	-0.020	0.02	0.042	0.06	0.03	0.061	0.032
11	0.02	0.03	0.006	0.01	0.005	0.05	0.043	0.02	0.01	0.021	0.010
12	0.05	0.06	0.010	0.04	0.031	0.00	-0.030	0.05	0.04	0.049	0.008
13	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.04	0.041	0.00	0.00	0.000	0.000
BV	0.02	0.02	-0.001	0.00	0.002	0.02	0.002	0.02	0.00	0.020	0.002
Isoproturon	S0	S9	EF S9	S2	EF S2	S3A	EF S1	S0	S3B	S4	EF S4
1	0.15	1.73	1.582		-1.582		1.582	0.15		0.652	0.652
2	0.20	2.26	2.067		-2.067		2.067	0.20		0.787	0.787
3	0.25	2.44	2.190		-2.190		2.190	0.25		0.820	0.820
4	0.20	1.45	1.244		-1.244		1.244	0.20		0.620	0.620
5	0.37	2.32	1.957		-1.957		1.957	0.37		0.950	0.950
6	0.60	2.69	2.097		-2.097		2.097	0.60		0.862	0.862
7	0.79	4.65	3.854		-3.854		3.854	0.79		2.141	2.141
8	0.25	2.74	2.486		-2.486		2.486	0.25		1.328	1.328
9	1.44	5.23	3.792		-3.792		3.792	1.44		1.423	1.423
10	0.92	2.36	1.441		-1.441		1.441	0.92		1.202	1.202
11	1.18	2.80	1.621		-1.621		1.621	1.18		1.389	1.389
12	0.86	4.86	4.005		-4.005		4.005	0.86		1.308	1.308
13	0.84	0.27	-0.568		0.568		-0.568	0.84		0.140	0.140
BV	1.37	2.75	1.582		-1.582		1.582	1.37		1.330	0.652
Acétochlore	S0	S9	EF_S9	S2	EF_S2	S3A	EF_S1	S0	S3B	S4	EF_S4
1	0.13	0.11	-0.021		0.021		-0.021	0.13		0.127	0.000
2	0.16	0.13	-0.026		0.026		-0.026	0.16		0.160	0.000
3	0.31	0.26	-0.051		0.051		-0.051	0.31		0.311	0.000
4	0.18	0.16	-0.015		0.015		-0.015	0.18		0.180	0.000
5	0.59	0.48	-0.111		0.111		-0.111	0.59		0.594	0.000
6	0.90	0.69	-0.219		0.219		-0.219	0.90		0.907	0.002
7	1.22	0.95	-0.271		0.271		-0.271	1.22		1.224	0.001
8	0.30	0.27	-0.034		0.034		-0.034	0.30		0.303	0.000

9	2.23	1.79	-0.440		0.440		-0.440	2.23		2.231	0.003
10	2.23	1.71	-0.517		0.517		-0.517	2.23		2.232	0.000
11	2.96	2.32	-0.641		0.641		-0.641	2.96		2.958	0.001
12	1.42	1.26	-0.156		0.156		-0.156	1.42		1.419	0.001
13	2.49	1.62	-0.866		0.866		-0.866	2.49		2.502	0.016
BV	0.81	0.68	-0.021		0.021		-0.021	0.81		0.813	0.000

ANNEXE 13 : Mise en classe des indicateurs

IFT HERBICIDE

Figure 1 : Distribution de l'IFT Herbicide pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins

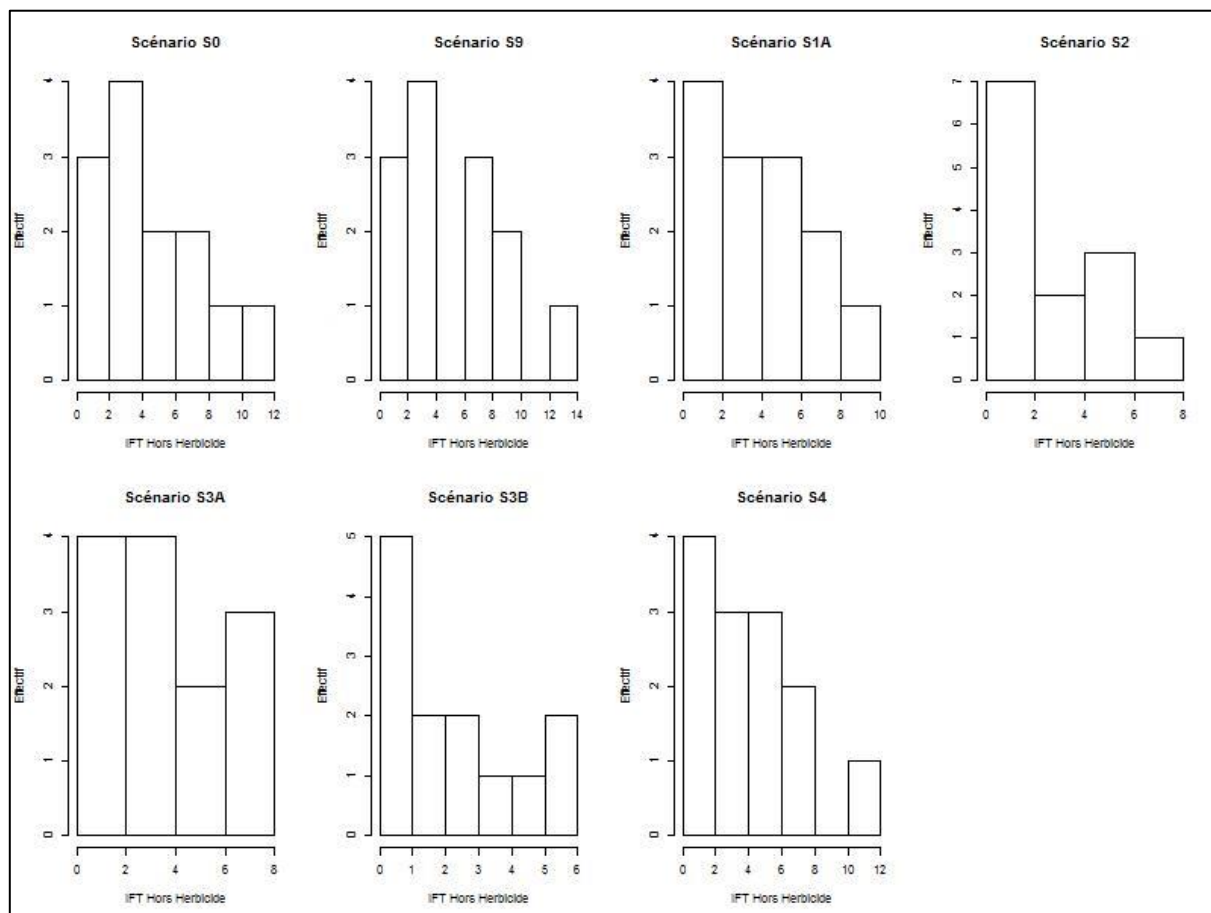


versants

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

IFT HORS HERBICIDE

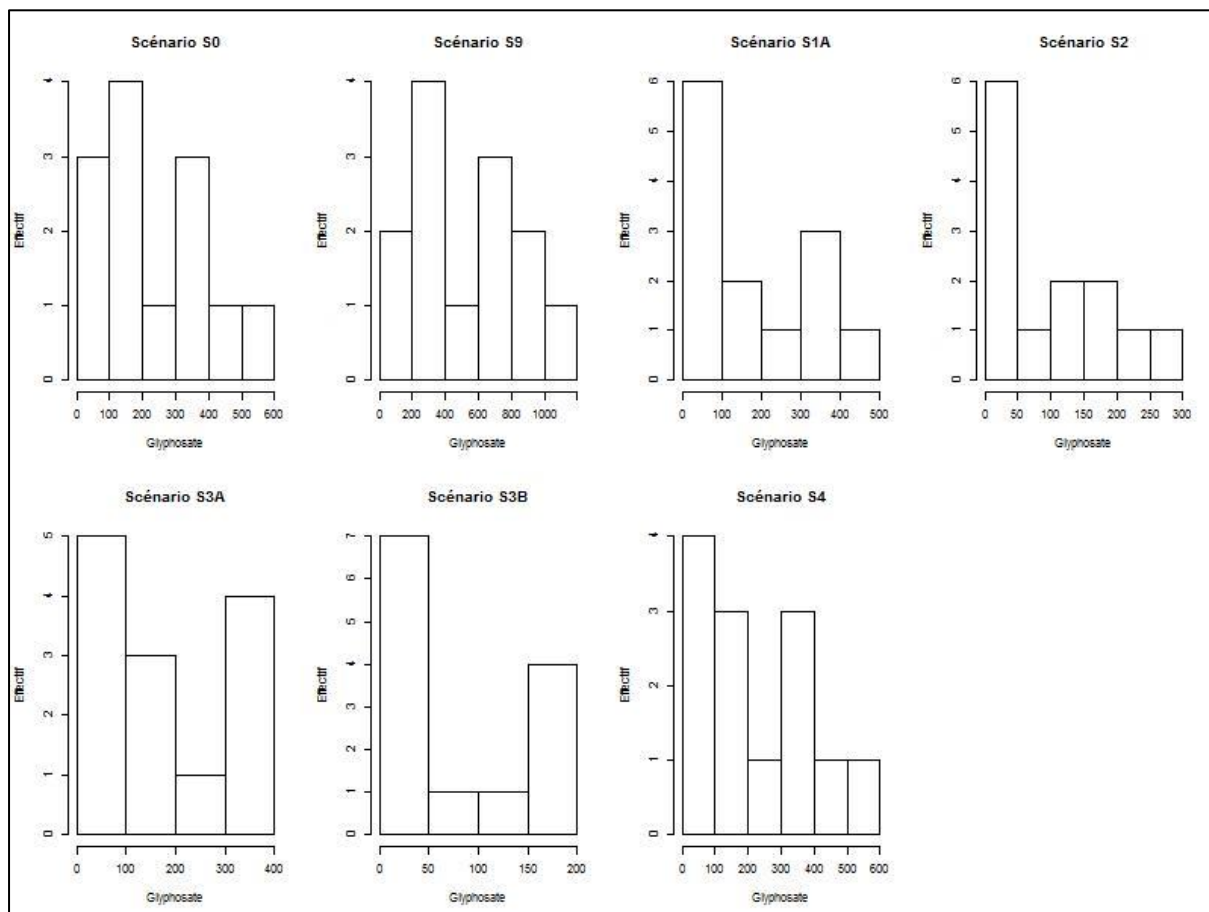
Figure 2 : Distribution de l'IFT Hors Herbicide pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins versants



Bornes des classes	
Classe 1	Egal à 0
Classe 2	Entre 0 et 4
Classe 3	Entre 4 et 8
Classe 4	Entre 8 et 12
Classe 5	Supérieur à 12

PREMA GLYPHOSATE

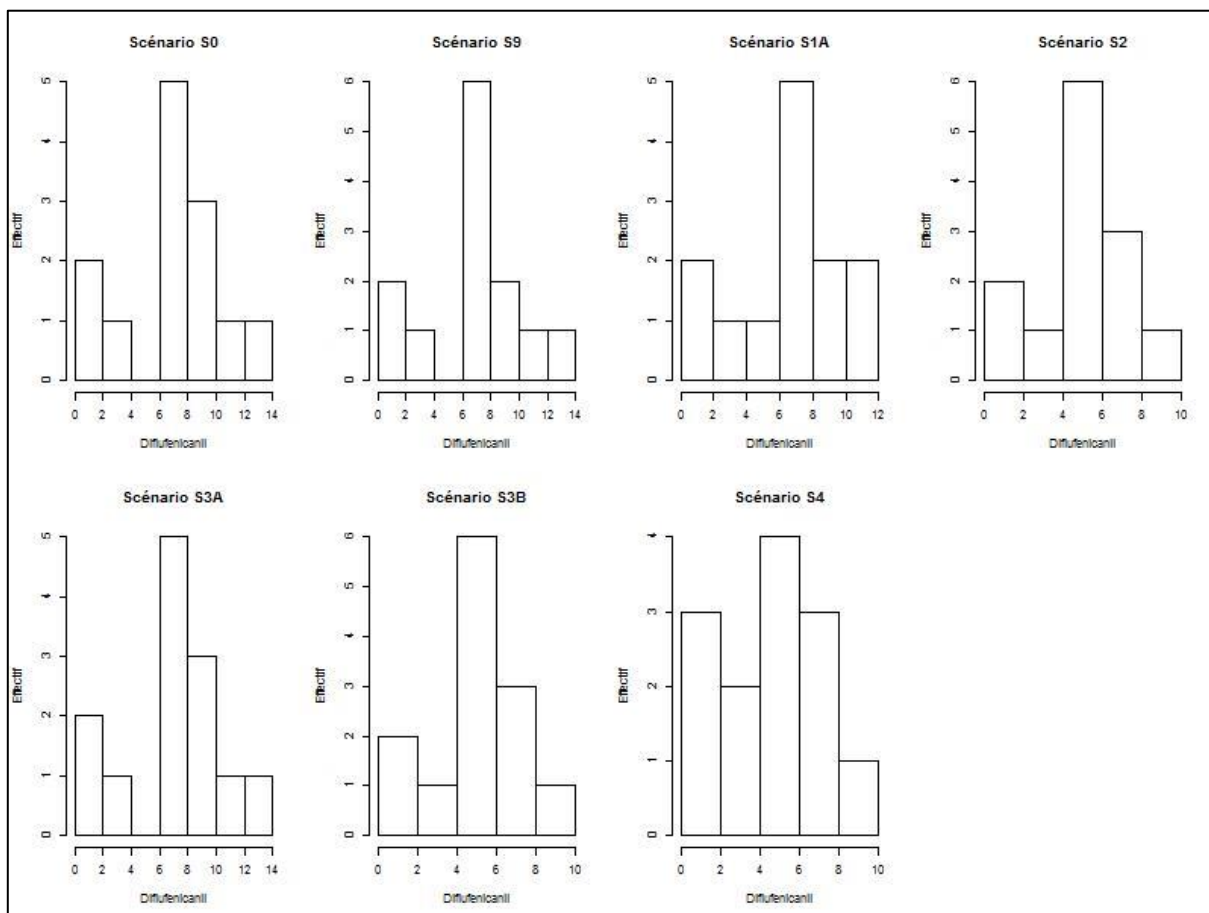
Figure 3 : Distribution du PREMA Glyphosate pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins versants



Bornes des classes	
Classe 1	Egal à 0
Classe 2	Entre 0 et 150
Classe 3	Entre 150 et 300
Classe 4	Entre 300 et 450
Classe 5	Entre 450 et 600
Classe 6	Supérieur à 600

PREMA DIFLUFENICANIL

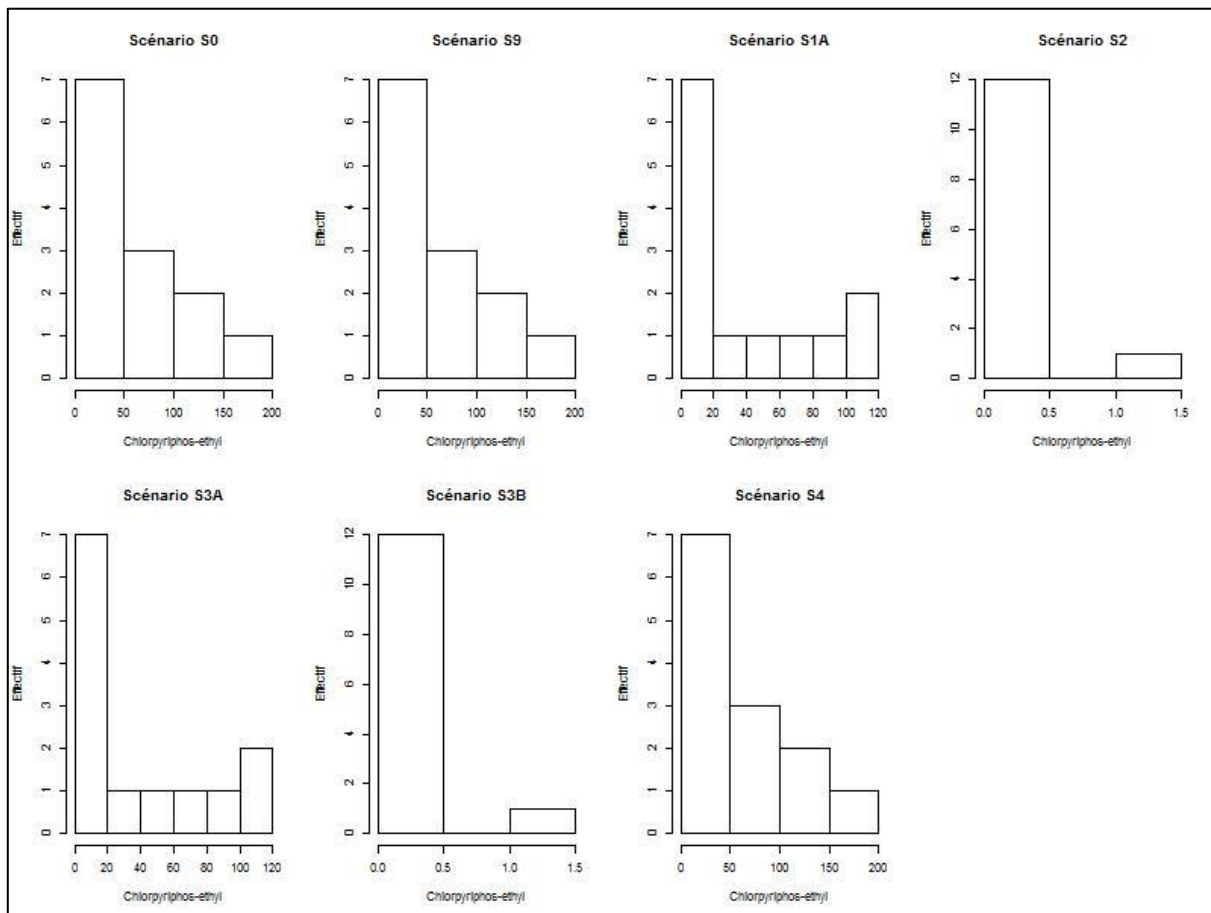
Figure 4 : Distribution du PREMA Diflufenicanil pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins versants



Bornes des classes	
Classe 1	Egal à 0
Classe 2	Entre 0 et 4
Classe 3	Entre 4 et 8
Classe 4	Entre 8 et 12
Classe 5	Supérieur à 12

PREMA CHLORPYRIPHOS-ETHYL

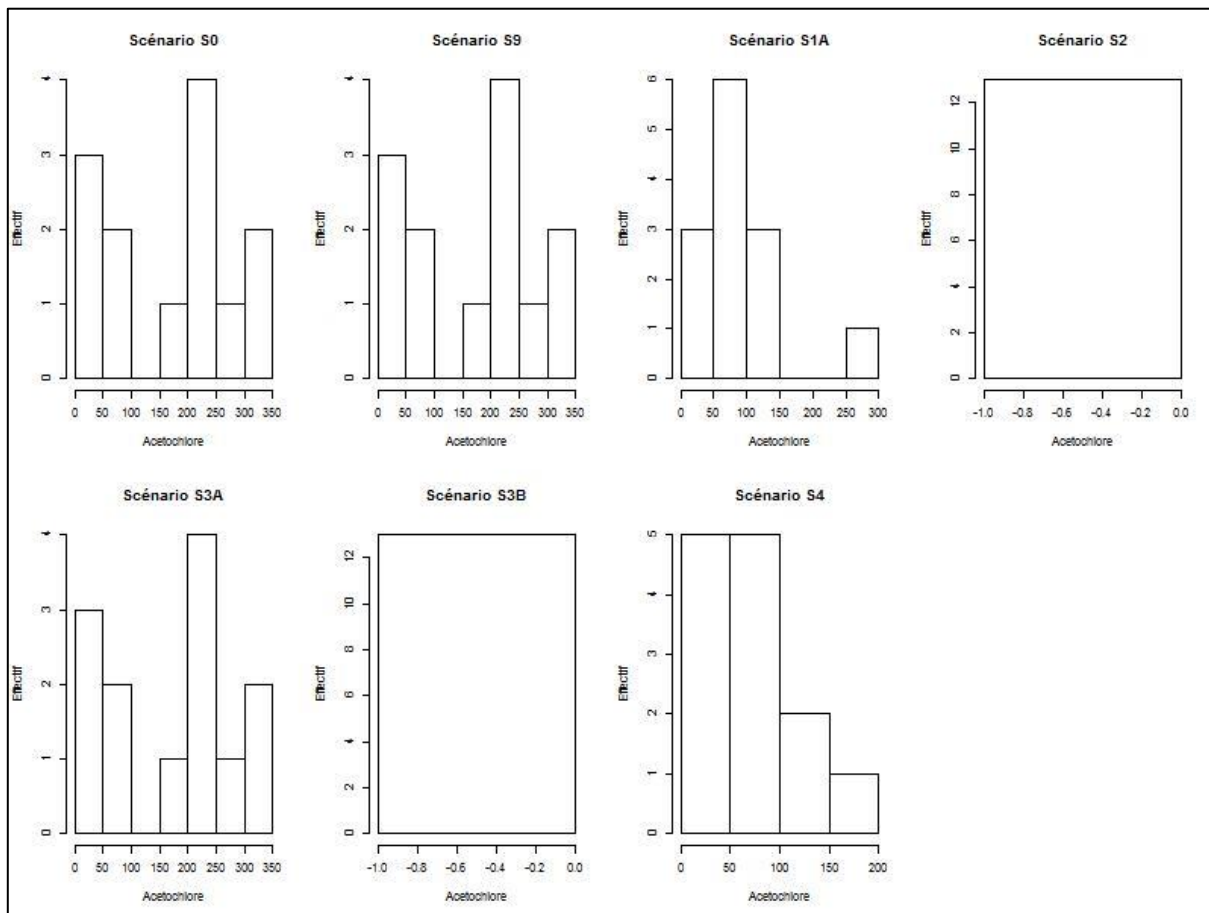
Figure 5 : Distribution du PREMA Chlorpyriphos-ethyl pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins versants



Bornes des classes	
Classe 1	Egal à 0
Classe 2	Entre 0 et 50
Classe 3	Entre 50 et 100
Classe 4	Entre 100 et 150
Classe 5	Supérieur à 150

PREMA ACETOCHLORE

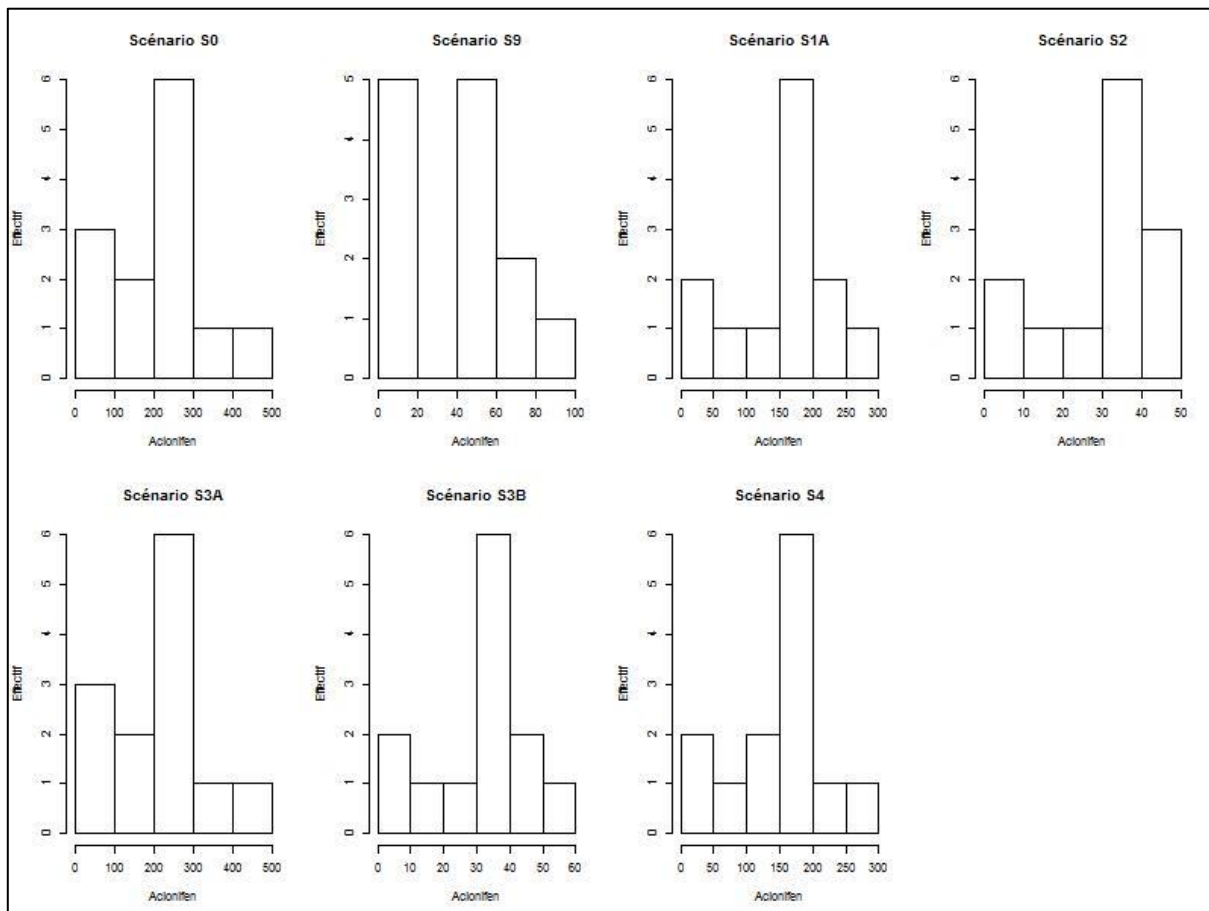
Figure 6 : Distribution du PREMA Acetochlore pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins versants



Bornes des classes	
Classe 1	Egal à 0
Classe 2	Entre 0 et 100
Classe 3	Entre 100 et 200
Classe 4	Entre 200 et 300
Classe 5	Supérieur à 300

PREMA ACLONIFEN

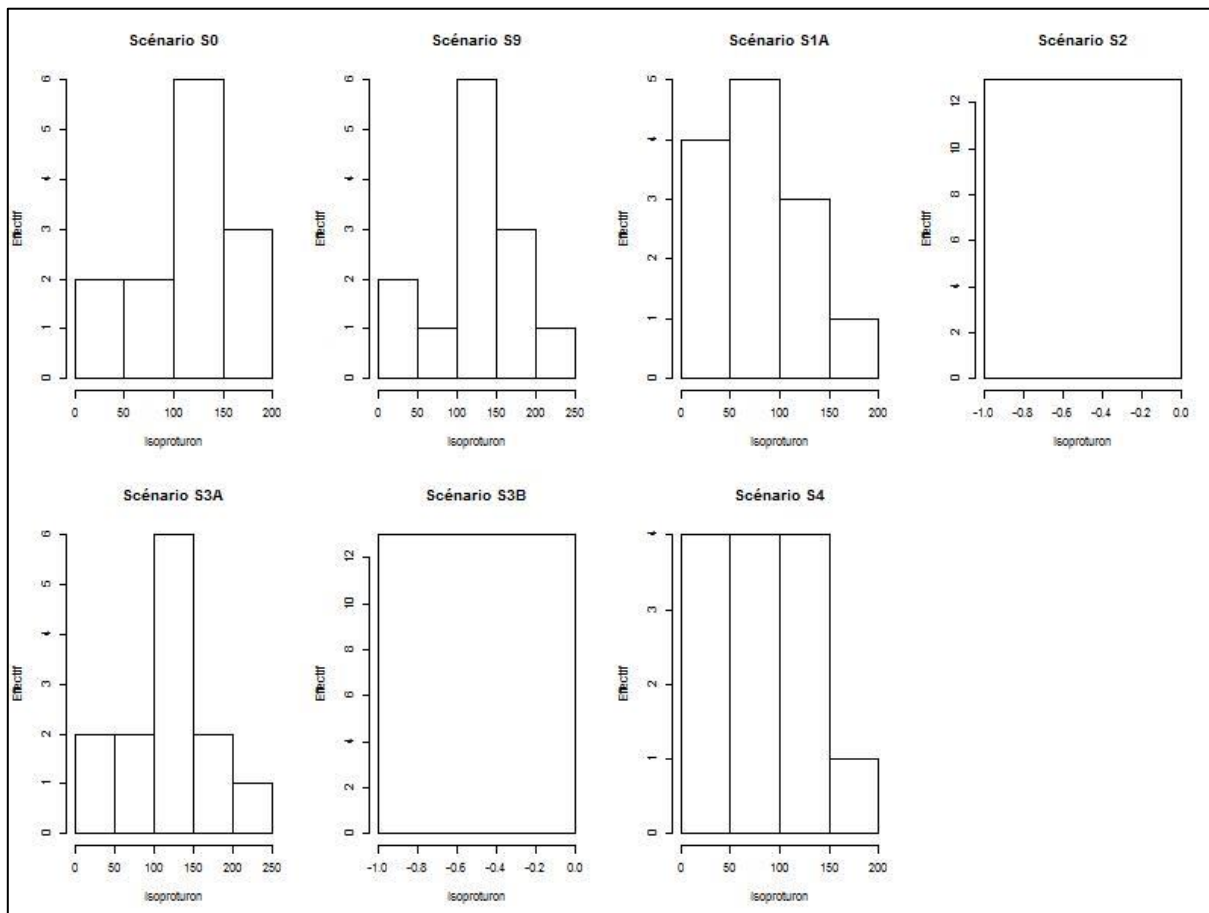
Figure 7 : Distribution du PREMA Aclonifen pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins versants



Bornes des classes	
Classe 1	Egal à 0
Classe 2	Entre 0 et 50
Classe 3	Entre 50 et 100
Classe 4	Entre 100 et 300
Classe 5	Supérieur à 300

PREMA ISOPROTURON

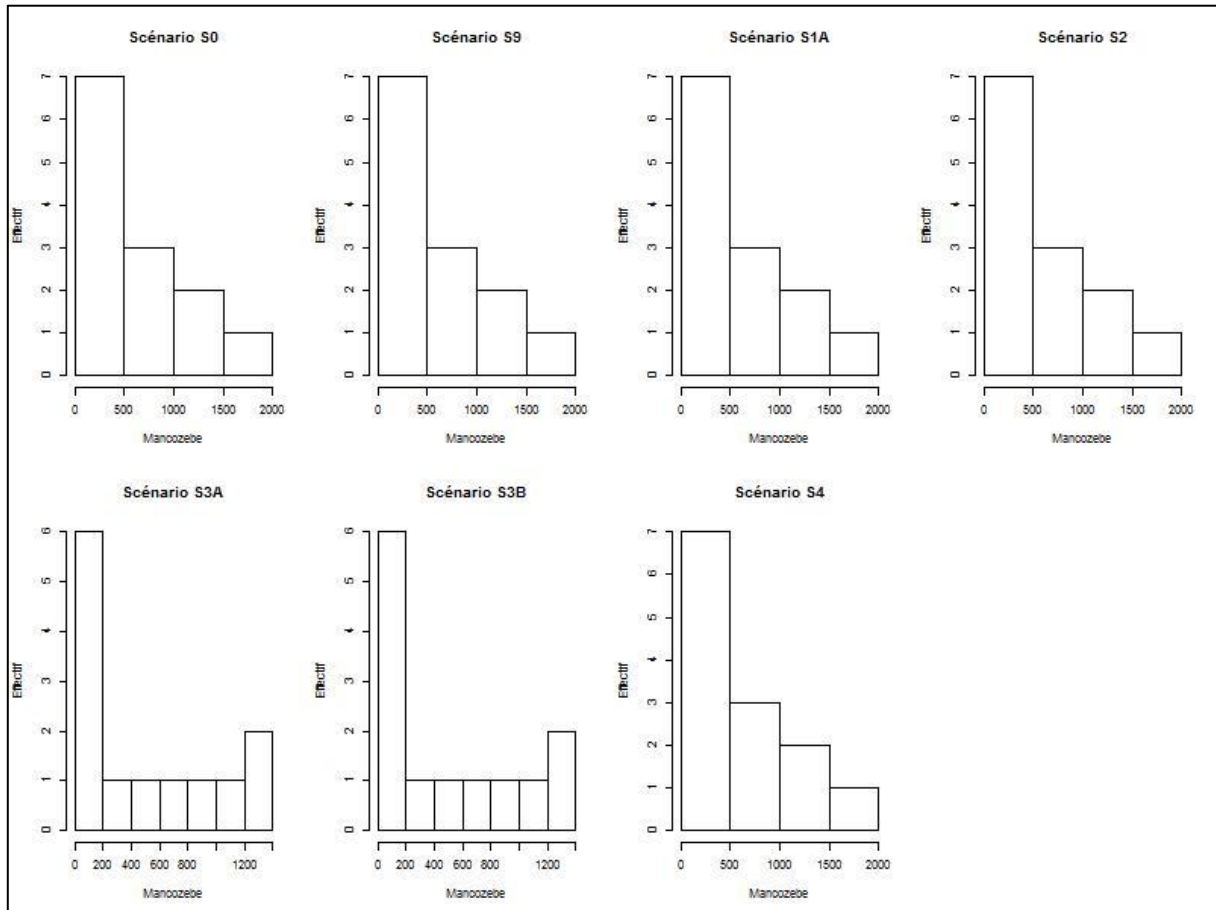
Figure 8 : Distribution du PREMA Isoproturon pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins versants



Bornes des classes	
Classe 1	Egal à 0
Classe 2	Entre 0 et 50
Classe 3	Entre 50 et 100
Classe 4	Entre 100 et 200
Classe 5	Supérieur à 200

PREMA MANCOZEBE

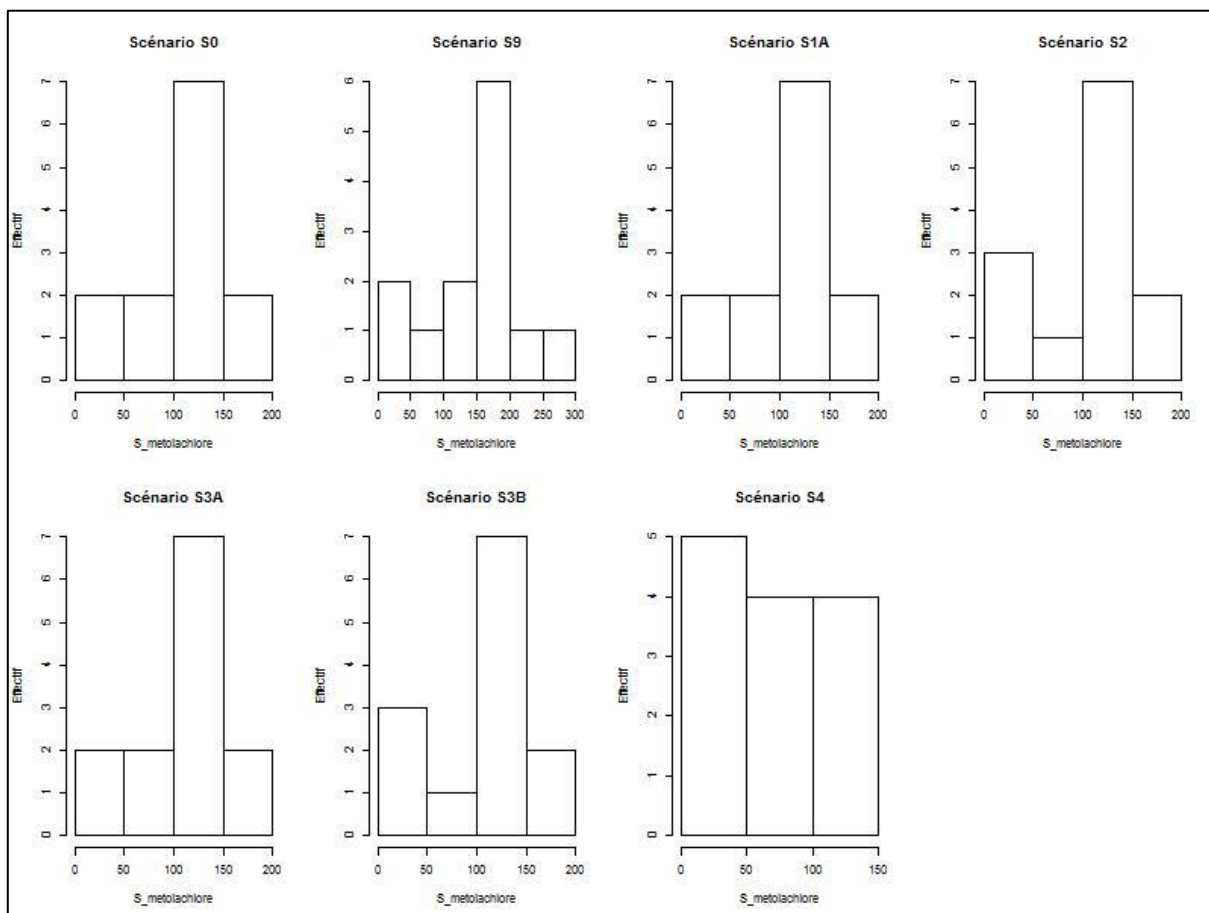
Figure 9 : Distribution du PREMA Mancozebe pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins versants



Bornes des classes	
Classe 1	Egal à 0
Classe 2	Entre 0 et 300
Classe 3	Entre 300 et 600
Classe 4	Entre 600 et 900
Classe 5	Entre 900 et 1200
Classe 5	Supérieur à 1200

PREMA S-METOLACHLORE

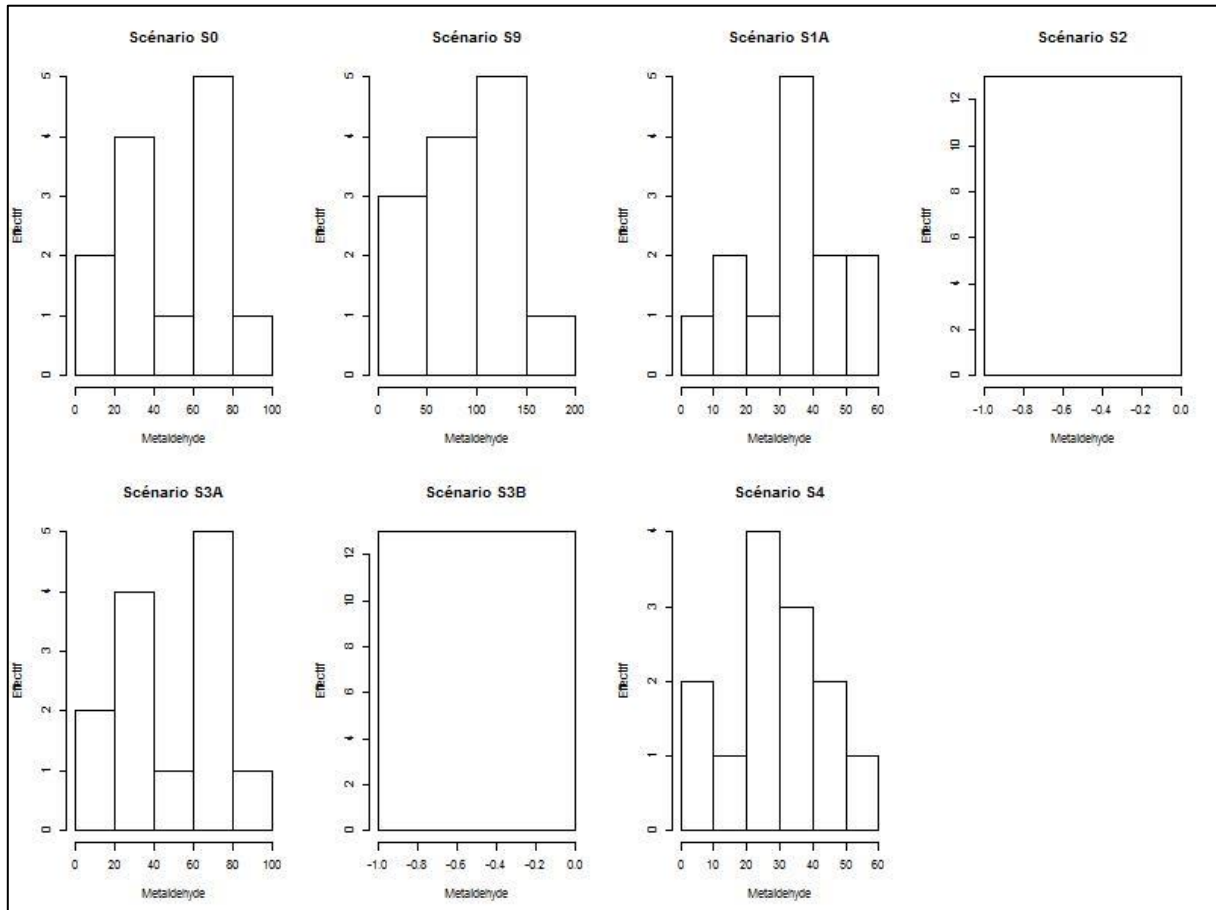
Figure 10 : Distribution du PREMA S-metolachlore pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins versants



Bornes des classes	
Classe 1	Egal à 0
Classe 2	Entre 0 et 50
Classe 3	Entre 50 et 100
Classe 4	Entre 100 et 150
Classe 5	Supérieur à 150

PREMA METALDEHYDE

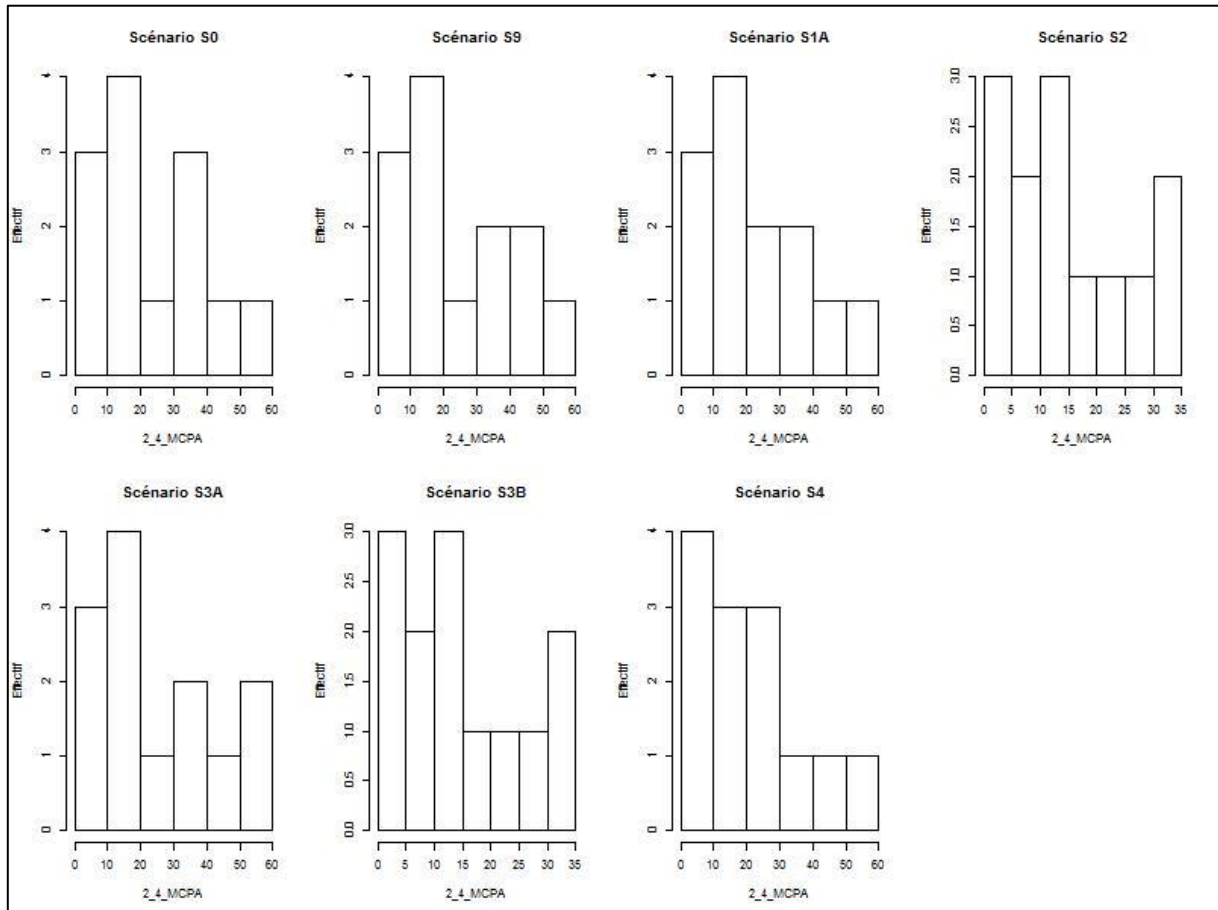
Figure 11 : Distribution du PREMA Metaldehyde pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins versants



Bornes des classes	
Classe 1	Egal à 0
Classe 2	Entre 0 et 25
Classe 3	Entre 25 et 50
Classe 4	Entre 50 et 100
Classe 5	Supérieur à 100

PREMA 2-4-MCPA

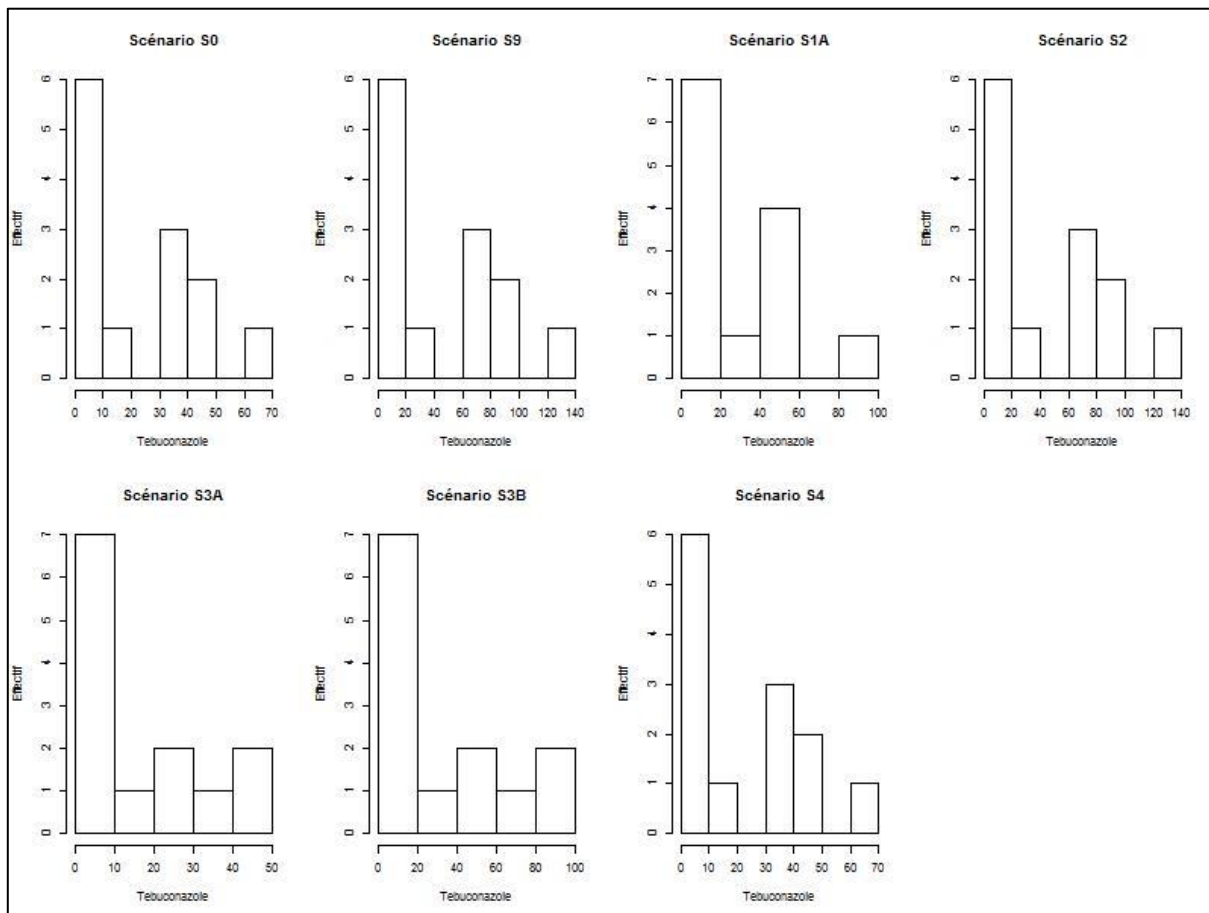
Figure 12 : Distribution du PREMA 2-4-MCPA pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins versants



Bornes des classes	
Classe 1	Egal à 0
Classe 2	Entre 0 et 15
Classe 3	Entre 15 et 30
Classe 4	Entre 30 et 45
Classe 5	Supérieur à 45

PREMA TEBUCONAZOLE

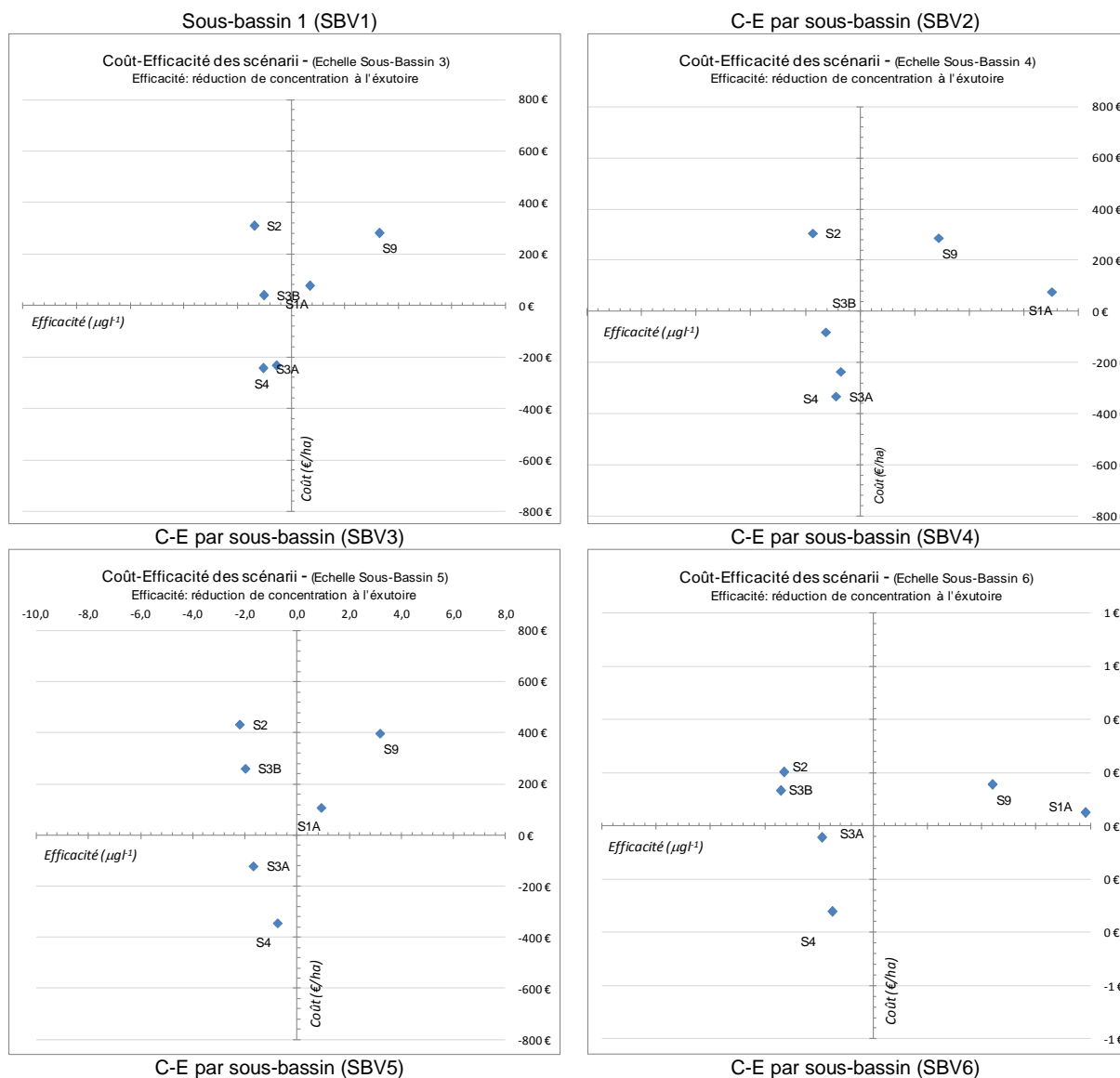
Figure 13 : Distribution du PREMA Tebuconazole pour l'ensemble des scénarios au niveau des sous-bassins versants

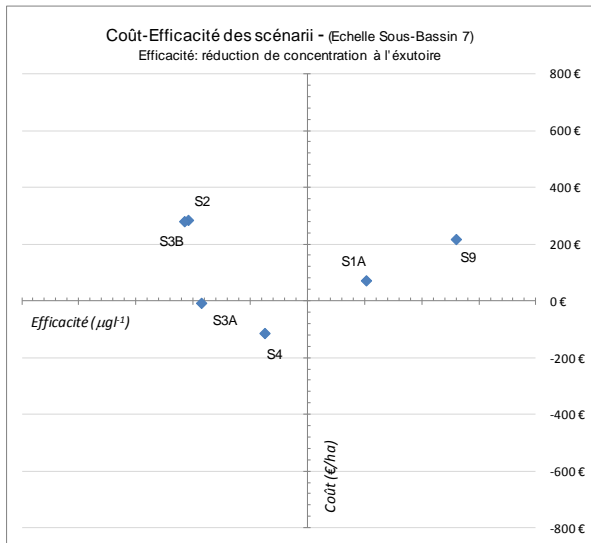


Bornes des classes	
Classe 1	Egal à 0
Classe 2	Entre 0 et 35
Classe 3	Entre 35 et 70
Classe 4	Entre 70 et 105
Classe 5	Supérieur à 105

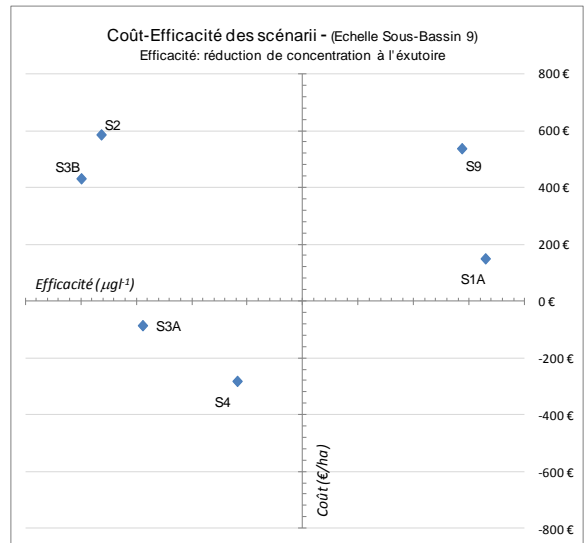
ANNEXE 14 : Analyse Coût-Efficacité par sous-bassin versants

Coûts moyens (€/ha) représentés

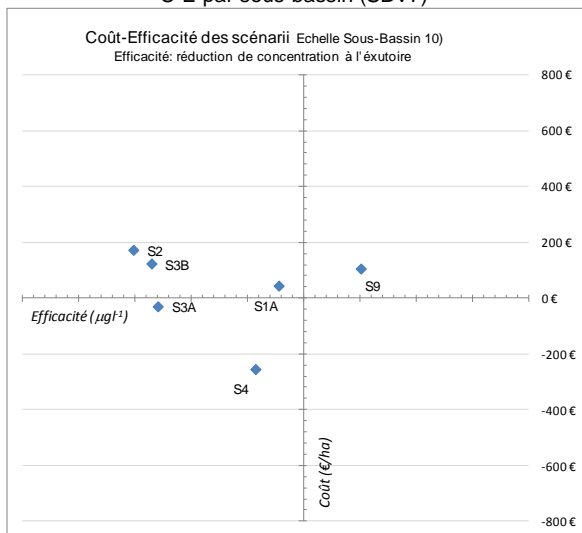




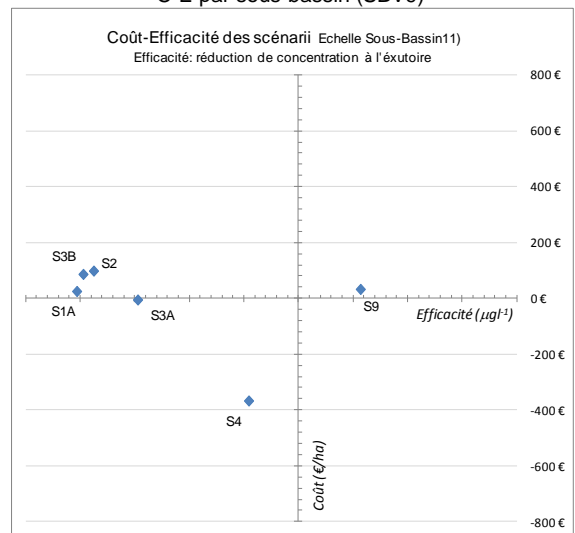
C-E par sous-bassin (SBV7)



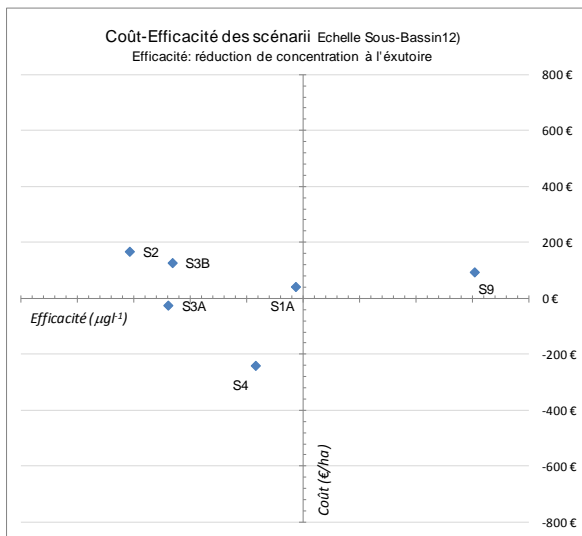
C-E par sous-bassin (SBV9)



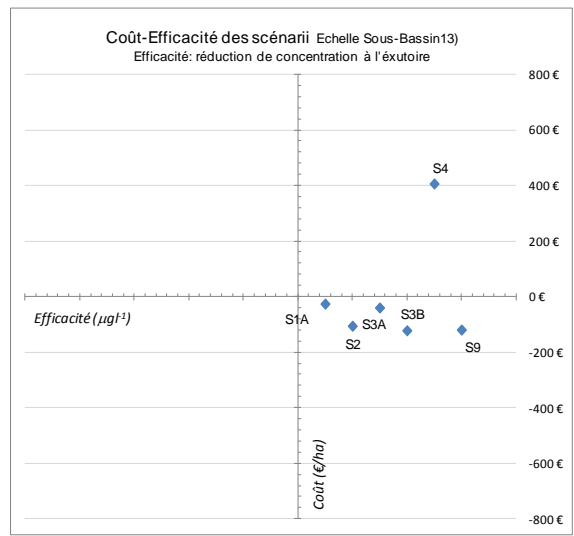
C-E par sous-bassin (SBV10)



C-E par sous-bassin (SBV11)



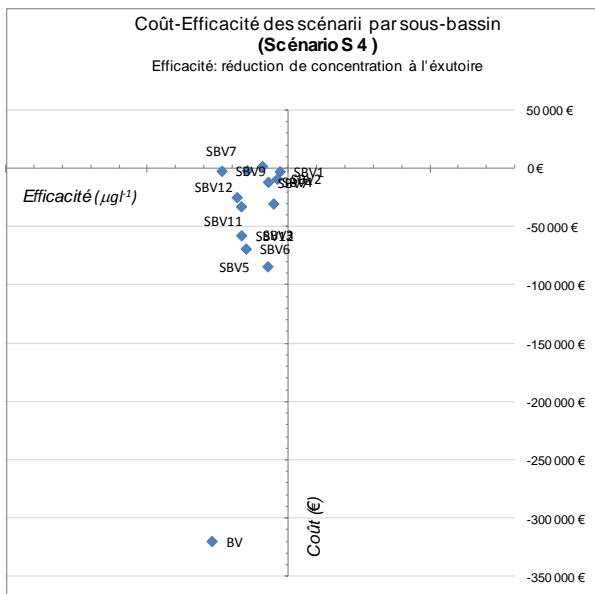
C-E par sous-bassin (SBV12)



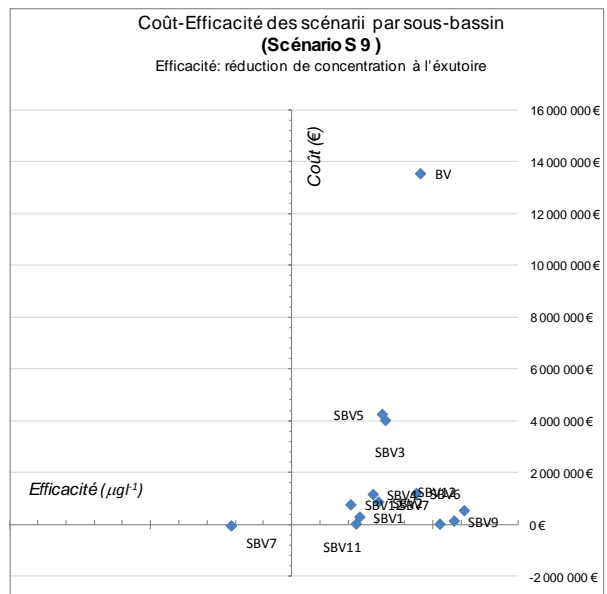
C-E par sous-bassin (SBV13)

Figure xx. Coûts (€/ha) et Efficacités des scénarios par sous-bassin et bassin versant du Né

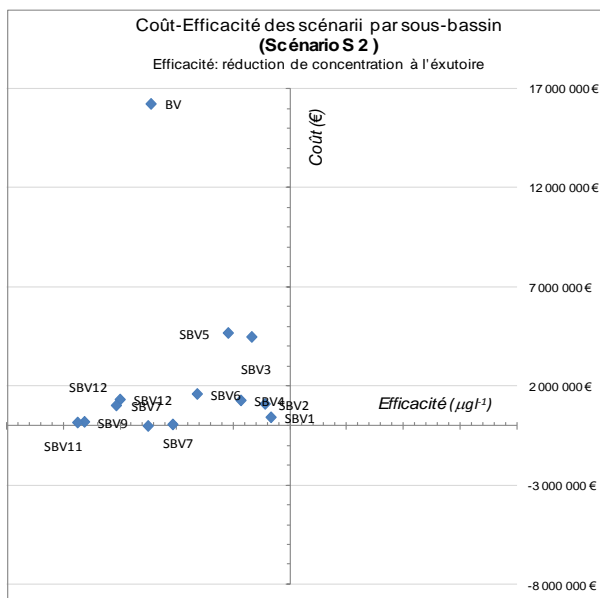
Coûts totaux (€) pendant 10 ans de mise en place des MAET représentés



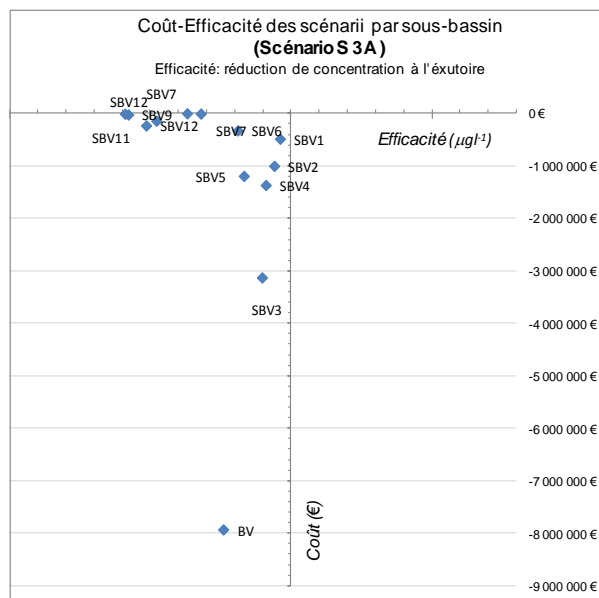
Coût et Efficacité du scénario S4



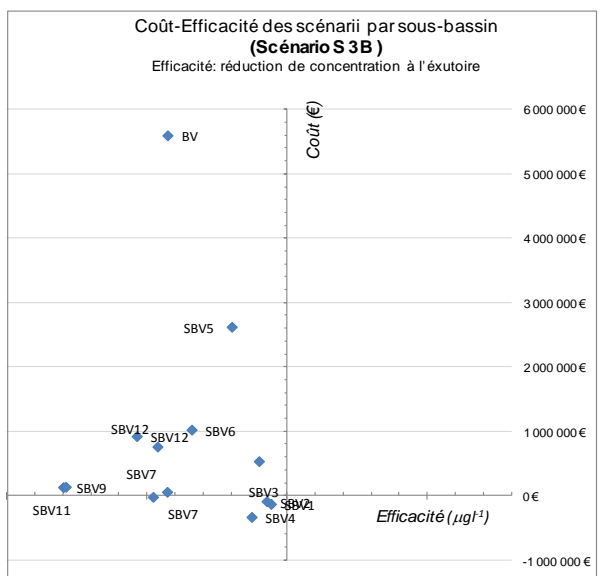
Coût et Efficacité du scénario S9



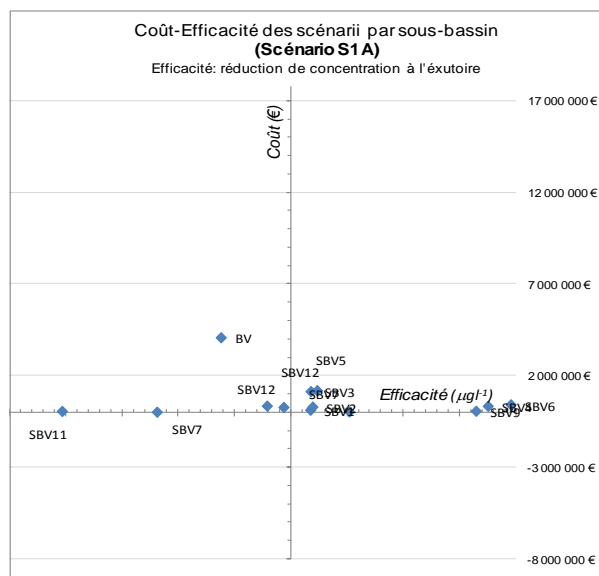
Coût et Efficacité du scénario S2



Coût et Efficacité du scénario S3A



Coût et Efficacité du scénario S3B par sous-bassin



Coût et Efficacité du scénario S1A par sous-bassin

Coûts totaux (€) et Efficacités par sous-bassin (SBV) et bassin versant du Né (BV)