



**HAL**  
open science

## Indicateurs Environnementaux Pesticides et Action Publique: le projet IEPAP. Rapport pour l'ANR

Frédéric Zahm, Véronique Gouy, Chantal de Fouquet, V. Kuentz Simonet, Odile Leccia, Nicolas Mazzella, A. Miralles, Soizic Morin, Kévin Petit, E. Planes, et al.

### ► To cite this version:

Frédéric Zahm, Véronique Gouy, Chantal de Fouquet, V. Kuentz Simonet, Odile Leccia, et al.. Indicateurs Environnementaux Pesticides et Action Publique: le projet IEPAP. Rapport pour l'ANR. [Rapport de recherche] Irstea. 2015, pp.14. hal-02602101

**HAL Id: hal-02602101**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02602101>**

Submitted on 16 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Institut Carnot IRSTEA**

**IEPAP**

**Indicateurs Environnementaux Pesticides**

**et Action Publique**

Abondement Carnot 2013

A	IDENTIFICATION .....	1
B	RESUME CONSOLIDE PUBLIC .....	2
C	MEMOIRE SCIENTIFIQUE.....	3
C.1	Enjeux et problématique, état de l'art .....	3
C.2	Approche scientifique et technique .....	5
C.3	Résultats obtenus.....	5
C.4	Exploitation des résultats .....	7
C.5	Discussion .....	8
C.6	Références .....	9
D	LISTE DES LIVRABLES.....	10
E	IMPACT DU PROJET .....	11
E.1	Indicateurs d'impact .....	12
E.2	Liste des publications et communications .....	12
E.3	Liste des éléments de valorisation .....	13
E.4	Bilan et suivi des personnels recrutés en CDD (hors stagiaires).....	14

## A IDENTIFICATION

Acronyme du projet	IEPAP
Titre du projet	Indicateurs Environnementaux Pesticides et Action Publique
Nom de l'institut Carnot	Irstea et Mines Paris Tech
Période du projet (date de début – date de fin)	Septembre 2013 – décembre 2015
Site web du projet, le cas échéant	

Rédacteur de ce rapport	
Civilité, prénom, nom	M Frédéric ZAHM Mme Véronique GOUY
Téléphone	05 57 89 08 40 pour Frédéric ZAHM 04 72 20 87 94 pour Véronique GOUY
Adresse électronique	veronique.gouy@irstea.fr / frederic.zahm@irstea.fr
Date de rédaction	Septembre 2015

Budget total du projet	575000 €
Part pris sur l'abondement 2013	68000 €

Auteurs : Frédéric Zahm<sup>(\*)</sup>, Véronique Gouy<sup>(\*)</sup>, Chantal De Fouquet, Vanessa Kuentz-Simonet, Odile Leccia, Nicolas Mazzella, André Miralles, Soizic Morin, Kevin Petit, Elena Planes, Stéphane Pesce, Françoise Vernier et Laurence Guichard

\* coordinateurs du projet pour Lyon et Bordeaux.

## B RESUME CONSOLIDE PUBLIC

L'action publique agro-environnementale française (Mesures agro-environnementales, captages grenelle, plan Ecophyto) mobilise différents indicateurs pesticides pour évaluer l'atteinte des objectifs de préservation de la qualité de l'eau fixés par la directive cadre sur l'eau. La recherche développée est un travail méthodologique exploratoire s'intéressant à toutes les étapes de la chaîne causale du risque (pression, transfert, état, impact) en l'appliquant à l'indicateur pesticide IFT Substance active « potentiel de transfert ». L'approche que nous proposons s'appuie sur une démarche intégrative de trois types de confrontations (indicateur / modélisation, modélisation / mesures chimiques et mesures chimiques / descripteurs biologiques) mobilisant quatre types de résultats intermédiaires : (i) un calcul du potentiel de transfert de pratiques phytosanitaires estimé par l'indicateur IFT SA potentiel de transfert, (ii) une modélisation du transfert de ces mêmes pratiques estimé par deux modèles agro-hydrologiques (SWAT et MACRO), (iii) des mesures chimiques de pesticides dans les eaux de surface et (iv) des mesures de descripteurs biologiques de la qualité de l'eau.

La démarche a été testée sur les bassins versants du Ruiné en Charente et de la Morcille dans le Beaujolais. Les mesures de pesticides prélevés ont été réalisées grâce à l'utilisation d'échantillonneurs passifs (POCIS) pour le Ruiné et à partir d'échantillonnages ponctuels sur la Morcille. Les communautés de diatomées naturelles ont été échantillonnées sur les deux sites, sur des substrats artificiels immergés pour une durée d'un mois, correspondant aux pas de temps d'échantillonnage pour les analyses chimiques.

La confrontation des résultats entre les valeurs calculées de l'indicateur IFT SA 'Potentiel de transfert' et les valeurs de flux pesticides estimées par la modélisation a été conduite (i) sur le Ruiné pour 7 substances actives avec le modèle SWAT et (ii) sur la Morcille pour 7 autres substances les plus utilisées sur la vigne avec MACRO. Le choix de l'unité spatiale de confrontation des résultats dépend des sites d'étude : il s'agit du Sous Bassin Versant (tel que délimité par le modèle SWAT) pour le site du Ruiné et de la parcelle agricole pour le site de la Morcille. La période temporelle de confrontation est la saison culturale.

Les résultats de la première confrontation à l'échelle de la parcelle agricole montrent que l'IFT SA potentiel de transfert, en différenciant les classes de mobilité dans l'IFT global, apporte une information supplémentaire à l'IFT SA quant à la mobilité potentielle des substances utilisées. Sur la Morcille, la confrontation montre une bonne cohérence entre les valeurs de l'IFT SA potentiel de transfert vertical et horizontal et celles modélisées par MACRO (flux normalisé par la dose unité). Les parts relatives des classes de mobilité forte, moyenne et faible montrent une hiérarchie en général identique entre IFT SA potentiel de transfert et résultats de modélisation normalisée par la dose unité. Par ailleurs, à la fois le modèle et l'indicateur IFT SA potentiel de transfert montrent une plus grande part des substances de classe faible dans les flux verticaux normalisés par la dose unité (flumioxazine, tébuconazole et spiroxamine) alors que c'est la classe moyenne (tébuconazole, spiroxamine et flazasulfuron) qui est la plus représentée dans les flux horizontaux normalisés par la dose unité. Enfin, il est observé que les substances ayant une classe forte de mobilité SIRIS correspondent bien aux substances présentant les plus forts transferts (g/ha) mais que ces derniers peuvent cependant être sous-estimés par la modélisation, notamment du fait d'une mobilisation très faible du glyphosate modélisé. Par ailleurs, il apparaît que la part de chaque classe de mobilité dans le flux total normalisé par la dose unité calculé par MACRO est relativement sensible au croisement « date d'application et date d'occurrence de pluies significatives », que ce soit pour les transferts verticaux ou horizontaux. Ainsi, les conditions de mise en œuvre des produits (notamment l'occurrence de fortes pluies peu de temps après l'application) peuvent engendrer des situations à risque susceptibles d'exacerber la mobilité modélisée des substances appartenant aux classes de mobilité SIRIS faible et moyenne, comparativement aux substances appartenant à la classe de mobilité SIRIS forte. Sur le Ruiné, la confrontation à l'échelle des 13 sous-bassins (délimités par le modèle SWAT) a été réalisée à partir d'un test de corrélation sur les rangs (Spearman) et montre des résultats significatifs et positifs uniquement pour le mancozèbe (fongicide appliqué sur la vigne) (corrélation proche de 0,8 pour une p-valeur inférieure à 0,10). Pour les six autres substances actives, les valeurs de corrélation proches de 0,5 ne permettent pas d'avancer des conclusions sur les liens entre IFT SA Potentiel de transfert et sorties de modélisation. Les résultats de modélisation montrent également que les conditions d'usage des pesticides (concomitance des dates d'application avec des pluies suffisamment intenses) peuvent engendrer des pics de transfert ponctuels que l'IFT SA potentiel de transfert calculé sur une année culturale n'est pas en mesure de mettre en avant.

Les résultats de la seconde confrontation entre concentrations en pesticides mesurées dans les eaux et les sorties des modélisations à l'échelle des deux sous bassins (SWAT et MACRO) montrent une

bonne concordance (mêmes ordres de grandeur). Les analyses convergent vers la mise en évidence d'un gradient de contamination croissante le long de la Morcille et une modification de la composition de la pression pesticide (dans les mêmes ordres de grandeurs) entre les deux sites du Ruiné.

La troisième confrontation entre les mesures chimiques de pesticides et l'impact biologique mesuré in situ a permis d'identifier les descripteurs biologiques les plus pertinents pour l'évaluation du risque toxique ainsi que les substances phytosanitaires responsables de la toxicité vis-à-vis des microalgues. Les trois types de descripteurs biologiques retenus (indices diatomiques, indices de biodiversité et présence d'espèces particulières) montrent une variabilité saisonnière très importante de la contamination chimique sur le Ruiné. Cette dernière se traduit par des variations cohérentes des indicateurs biologiques et chimiques sur le Ruiné alors que ces derniers traduisent le gradient d'exposition amont-aval constaté le long de la Morcille. Les indices biologiques d'évaluation de la qualité globale traduisent plus des variations saisonnières dans la composition spécifique des communautés, mais ne mettent pas en évidence d'altération trophique majeure.

Le système d'information environnemental mobilisant l'outil Spatial On-Line Analytical Processing, construit dans un précédent projet interne à Irstea, a été développé et appliqué au Ruiné, permettant de calculer et restituer les différents types d'information.

Ce projet IEPAP est un projet de recherche appliquée de l'institut Carnot Irstea et Mines Paris tech. Le projet a duré 2 ans à partir de décembre 2013. Il a bénéficié d'une aide de l'abondement Carnot de 68.000 € pour un coût global de l'ordre de 595.000 €.

## C MEMOIRE SCIENTIFIQUE

*Mémoire scientifique confidentiel* : non

### C.1 ENJEUX ET PROBLEMATIQUE, ETAT DE L'ART

#### **Problématique :**

La problématique générale du projet IEPAP s'inscrit dans le questionnement sur les démarches et outils (indicateurs) d'évaluation des potentiels de transfert vers les eaux de surface des pesticides liés aux pratiques phytosanitaires agricoles.

La problématique générale porte sur les outils et démarches de caractérisation des pressions de pesticides d'origine agricole et celle de leurs impacts sur les qualités chimique et biologique des eaux de surface. Cette caractérisation implique de disposer d'outils d'évaluation validés qui permettent non seulement de caractériser une situation donnée mais aussi d'analyser son évolution à différentes échelles spatiales et temporelles. Ces outils doivent permettre d'appuyer les gestionnaires publics et les agriculteurs dans la mise en œuvre et l'évaluation de mesures visant à réduire les impacts environnementaux des pesticides. Les indicateurs pesticides sont aujourd'hui le principal outil retenu par l'action publique agro-environnementale pour contribuer à la mise en œuvre de ces différentes formes d'action ou d'instruments (plan ECOPHYTO, directive cadre sur l'eau, plan d'action dans les captages Grenelle, Mesures agro-environnementales territorialisées, zonages, etc...). Pour autant, les différents indicateurs susceptibles d'être mobilisés doivent reposer sur un modèle conceptuel le plus fiable possible et être validés. Ils doivent également s'articuler les uns avec les autres de manière à constituer un réseau (chaîne d'impact) permettant de fournir une représentation fonctionnelle et intégrée pour l'analyse dynamique de cette problématique, et permettant l'identification des leviers d'action et l'évaluation de l'efficacité des mesures de réduction ou de changement mises en œuvre.

#### **Enjeux et objectifs :**

Les enjeux portés par le projet IEPAP ont été doubles :

- (i) au plan institutionnel, construire au sein des deux établissements Irstea et Mines un collectif inter-TR et interdisciplinaire pour questionner la thématique indicateurs pesticides, qualité de l'eau, impact biologique et action publique agro-environnementale,
- (ii) au plan scientifique, proposer et tester une démarche intégrative de confrontation de l'indicateur pesticides *l'IFT SA 'Potentiel de Transfert'* en s'intéressant à toutes les étapes de la chaîne causale du risque à l'impact (pression, transfert, état, impact). Pour questionner cette démarche, il a été proposé un processus intégratif de confrontation de quatre types de résultats: (1) le potentiel de transfert de pesticides vers les eaux de surface estimé par *l'indicateur IFT SA "potentiel de transfert"*, (2) les transferts de pesticides estimés par la modélisation, (3) l'état chimique de la qualité de l'eau mesurée par des prélèvements et (4) l'impact estimé par des descripteurs biologiques (diatomées).

## Synthèse de l'état de l'art

L'état de l'art réalisé a permis d'apporter deux types de résultats. Il positionne d'une part les travaux réalisés dans le champ théorique des travaux sur la validation d'indicateur pesticides visant à rendre compte du risque lié aux pratiques phytosanitaires agricoles. Il a permis de situer d'autre part la place de *l'indicateur pesticide IFT SA potentiel de transfert* (INRA, 2013 ; INRA et INERIS, 2014) étudié dans l'état de l'art sur les indicateurs pesticides.

Appliqué aux pesticides, le risque peut se définir « *comme la possibilité qu'un événement dangereux se produise dans certaines conditions suite à l'utilisation d'une substance active* » (Devilleers et al., 2005). L'usage des pesticides en agriculture entraîne des risques à la fois pour la santé humaine (ANSES, 2011) mais aussi pour les écosystèmes et la biodiversité (Aubertot et al., 2005). Cette évaluation des risques associés renvoie à plusieurs démarches d'évaluation complémentaires qui si elles ont certes, au final, le même objectif (évaluer le risque) ne se situent pas au même moment. Nous en distinguons au moins deux : (i) une évaluation ex-ante du risque avant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques issue du règlement européen de 2009 (CE, 2009) (Devilleers et al., 2005 et Azimonti, 2006); (ii) une estimation potentielle du risque associé aux pratiques lors des traitements phytosanitaires par les agriculteurs (Bockstaller et al., 1997 ; Girardin et al., 1999 ; Zahm, 2003). Cette estimation indirecte du risque s'est d'abord développée en faisant appel à la modélisation des processus physiques de transfert des pesticides. Puis, à partir des années 1990, les agronomes ont développé des approches d'évaluation environnementale de ces risques en mobilisant le concept d'indicateur pesticides agro-environnemental (Bockstaller et girardin, 2002).

Pour qualifier ce concept d'indicateurs de risque pesticides, nous retenons les définitions de l'ANSES (2011) suivant leur positionnement sur la chaîne causale de l'impact : (i) les indicateurs de pression ou d'usage visent à qualifier l'intensité des pratiques pesticides (tels que NODU, QSA ou l'IFT) mais ne constituent pas des indicateurs de risque, (ii) les indicateurs d'état visent à qualifier ou renseigner l'état d'un milieu naturel (par exemple la concentration en pesticides dans les eaux de surface), (iii) les indicateurs d'impact sont des outils pour l'interprétation entre l'observation de terrain (résultats de mesures dans les différents compartiments environnementaux) et les effets sur les écosystèmes ou la santé publique (exemple : variation de la concentration en pesticides des eaux superficielles et effets sur les organismes aquatiques) et enfin (iv) les indicateurs de risque sont définis comme « les résultats d'une méthode de calcul qui est utilisée pour évaluer les risques que présentent les pesticides pour la santé et/ou l'environnement » (article 3 directive usage pesticides 2009/128/CE). Ces derniers permettent une évaluation prévisionnelle de l'impact potentiel des pesticides sur les différents compartiments de l'environnement et de la santé.

La faculté à rendre compte du risque, pour ces quatre types d'indicateurs, est fonction du degré de lien de l'indicateur avec les impacts qu'il est censé mesurer. Ce lien a été formalisé comme la place de l'indicateur sur la chaîne causale des effets (Payraudeau et Van der Werf, 2005 ; Niemeijer et De Groot, 2008 a et b ; ANSES, 2011). Ce sont les indicateurs « basés sur les impacts » qu'il importe de retenir lorsqu'on s'intéresse à sélectionner des indicateurs de pesticides de risque (Payraudeau et Van der Werf, 2005 ; ANSES, 2011). L'appréciation du risque pesticides est la résultante du croisement du potentiel d'exposition et du danger que l'usage de pesticides fait courir (Aubertot et al., 2005 ; Devillers et al., 2005 ; ANSES, 2011). Appliquée à l'évaluation du risque pour les eaux superficielles, la composante danger, s'apprécie pour les eaux de surface par une analyse du risque écotoxicologique des pesticides étudiés sur différents compartiments de la vie aquatique (poissons, daphnie et algues/diatomées) (van der Werf, 1996 et 1998; Zahm, 2003 ; Voltz et al., 2005 ; Devillers et al., 2005 ; ANSES, 2011). Quant à l'exposition, il s'apprécie souvent par le potentiel de transfert des pesticides vers les eaux.

Sur près d'une centaine d'indicateurs de risque et d'impact identifiés, 41 permettent de décrire les différents risques pour les eaux de surface (soit au niveau national, soit à l'échelle locale). L'ANSES (2011) classe ces indicateurs en trois groupes en fonction du niveau de complexité pour l'évaluation de la composante « exposition » du risque :

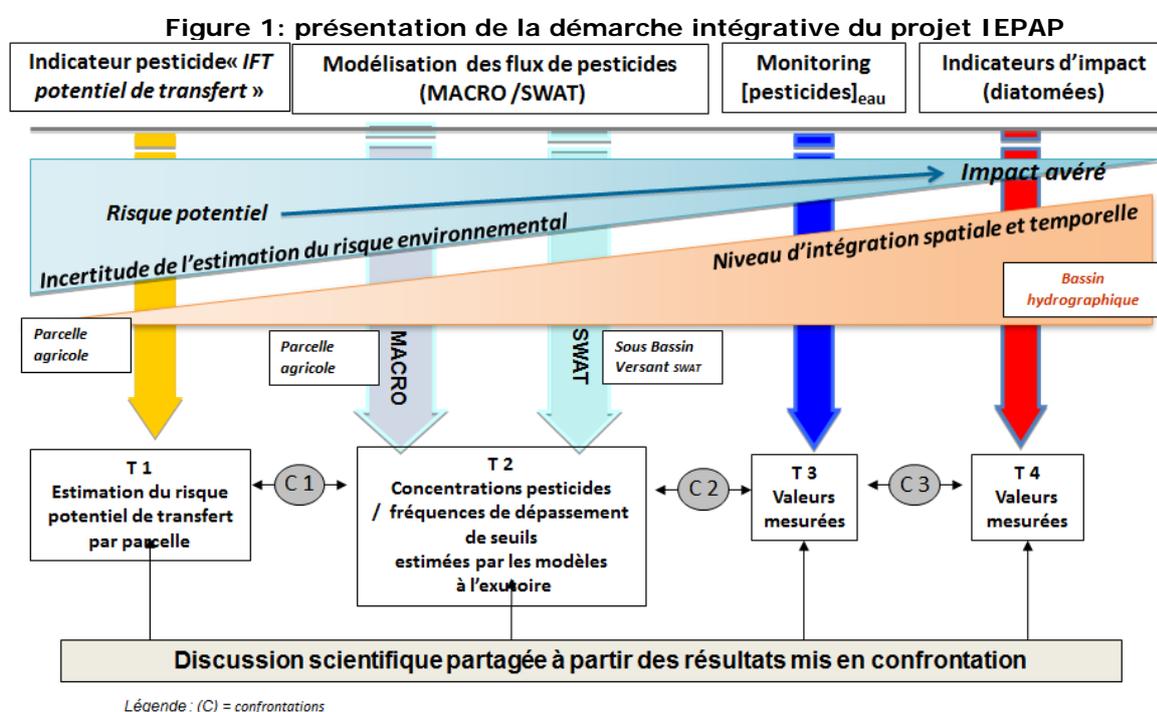
- un premier groupe d'indicateurs de pressions basé sur une première approche du risque « qualifiée de simpliste » (Anses, 2011) basée sur les usages (données de marché ou d'utilisation),
- un second groupe d'indicateurs prédictifs de risque (les plus nombreux) reposant « sur une évaluation qualitative des expositions » (approche qualitative du risque). L'ANSES (2011) distingue les indicateurs à score et ceux reposant sur une approche par hiérarchisation des substances (SIRIS par exemple),

- un troisième groupe d'indicateurs (très peu nombreux) reposant « sur une estimation quantitative visant à prédire des expositions au travers de la modélisation du comportement des pesticides ».

L'indicateur *l'IFT SA 'Potentiel de transfert' testé dans IEPAP* est un indicateur de type qualitatif hiérarchique (au sens de la typologie ANSE, 2011) car il hiérarchise les substances actives selon leur potentiel de transfert. C'est l'évaluation de risque qui est questionnée dans le projet IEPAP en analysant comment l'IFT SA 'Potentiel de transfert' est susceptible d'y contribuer compte tout au long de la chaîne de l'impact.

## C.2 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

La démarche générale développée présentée à la figure 1 est une démarche intégrative de confrontation structurée en quatre étapes complémentaires (T1 à T4), s'appuyant sur 3 types de confrontation C1 à C3 entre le potentiel de transfert pesticides estimé par le futur indicateur IFT 'potentiel de transfert', les transferts estimés par la modélisation agro-hydrologique (SWAT et MACRO), des chroniques de concentrations observées et des impacts estimés par des descripteurs biologiques.



**La confrontation C1** confronte les valeurs de potentiel de transfert estimées par l'indicateur *IFT potentiel de transfert* (T1) avec les valeurs contributives au flux estimées par la modélisation agro-hydrologique (T2) (à partir des modèles MACRO et SWAT intégrant des éléments de paysage) à la même échelle spatiale (Unité Spatiale de Confrontation ou USC). Deux études de cas, mobilisant des données d'enquêtes de pratiques agricoles, ont été réalisées dans ce projet : le bassin versant du Ruiné (Charente) et celui de la Morcille (Beaujolais).

**La confrontation C2** correspond au processus de calibration/validation des deux modèles agro-hydrologiques appliqués aux données du Ruiné (SWAT) et de la Morcille (MACRO).

**La confrontation C3** confronte l'impact toxique des pesticides analysés au travers des descripteurs basés sur la structure des communautés de diatomées (T4) avec les données de mesures chimiques (T3) (concentrations en pesticides mesurées *in situ* en différentes stations du Ruiné et de la Morcille). Une tâche transversale a mobilisé les différents scientifiques pour partager et discuter collectivement les résultats partiels propres à chacune des confrontations 1 à 3.

## C.3 RESULTATS OBTENUS

Les résultats montrent que la démarche intégrative de confrontation des trois types de valeurs (indicateur pesticides / modélisation agro-hydrologique, modélisation agro-hydrologique / mesures chimiques et mesures chimiques / descripteurs biologiques) est possible et fonctionnelle. Au plan

empirique, cette démarche a été testée sur deux bassins versants : le Ruiné en Charente (413 hectares de SAU à dominante vigne et grandes cultures) et la Morcille dans le Beaujolais (175 ha de SAU en vigne).

Le calcul de l'indicateur IFT SA Potentiel de transfert a été partiel car conditionné par la présence des substances actives dans la base de données nationale SIRIS. Les valeurs calculées de l'IFT potentiel de transfert mobilisées pour la confrontation concernent les risques ESU sur le Ruiné et ESO et ESU sur la Morcille. La confrontation des résultats entre les valeurs calculées de l'indicateur IFT SA 'Potentiel de transfert' et les valeurs de flux pesticides estimées par la modélisation a été conduite (i) sur le Ruiné pour 7 substances actives (Aclonifene, Glyphosate, Mancozèbe, 2,4 – MCPA, Tébuconazole, S\_Métolachlore et Métaldéhyde) avec le modèle SWAT et (ii) sur la Morcille pour 7 autres substances les plus utilisées sur la vigne (Aminotriazole, Glyphosate, Diuron, Flazasulfuron, Flumioxazine, Spiroxamine et Tébuconazole) avec MACRO. L'unité spatiale de confrontation des résultats est respectivement le Sous Bassin Versant pour le Ruiné et la parcelle agricole pour la Morcille. La période temporelle de confrontation est la saison culturale. Un système d'information environnemental construit dans un précédent projet interne Irstea et mobilisant l'outil Spatial On-Line Analytical Processing a été développé et appliqué au Ruiné, permettant de calculer et restituer les différents types d'information.

Les résultats de la première confrontation à l'échelle de la parcelle agricole montrent que l'IFT SA potentiel de transfert, en différenciant les classes de mobilité dans l'IFT global, apporte une information supplémentaire à l'IFT SA quant à la mobilité potentielle des substances utilisées. Sur la Morcille, la confrontation montre une bonne cohérence entre les valeurs de l'IFT SA potentiel de transfert vertical et horizontal et celles modélisés par MACRO (flux normalisé par la dose unité). Les parts relatives des classes de mobilité forte, moyenne et faible montrent une hiérarchie en général identique entre IFT SA potentiel de transfert et résultats de modélisation normalisés par la dose unité. Par ailleurs, à la fois le modèle et l'indicateur IFT SA potentiel de transfert montrent une plus grande part des substances de classe faible dans les flux verticaux normalisés par la dose unité (flumioxazine, tébuconazole et spiroxamine) alors que c'est la classe moyenne (tébuconazole, spiroxamine et flazasulfuron) qui est la plus représentée dans les flux horizontaux normalisés par la dose unité. Enfin, il est observé que les substances ayant une classe forte de mobilité SIRIS correspondent bien aux substances présentant les plus forts transferts (g/ha) mais que ces derniers peuvent cependant être sous-estimés par la modélisation notamment du fait d'une mobilisation très faible du glyphosate modélisée. Par ailleurs, il apparaît que la part de chaque classe de mobilité dans le flux total normalisé par la dose unité calculé par MACRO est relativement sensible au croisement « date d'application et date d'occurrence de pluies significatives », que ce soit pour les transferts verticaux ou horizontaux. Ainsi, les conditions de mise en œuvre des produits (notamment occurrence de fortes pluies peu de temps après application) peuvent engendrer des situations de pire cas susceptibles d'exacerber la mobilité modélisée des substances classées en classe de mobilité SIRIS faible à moyenne comparativement aux substances classées en classe de mobilité SIRIS forte ; ce dont ne peut rendre compte l'IFT SA potentiel de transfert qui fournit un potentiel de transfert indépendant des conditions de terrain et notamment météorologiques. Sur le Ruiné, la confrontation à l'échelle des 13 sous-bassins (délimités par le modèle SWAT) a été réalisée à partir d'un test de corrélation sur les rangs (Spearman) et montre des résultats significatifs et positifs uniquement pour le mancozèbe (fongicide appliqué sur la vigne) (corrélation proche de 0,8 pour une p-valeur inférieure à 0,10). Pour les six autres substances actives, les valeurs de corrélation proches de 0,5 ne permettent pas d'avancer des conclusions sur les liens entre IFT SA Potentiel de transfert et sorties de modélisation. Les résultats de modélisation montrent également que les conditions d'usage des pesticides (concomitance des dates d'application avec des pluies suffisamment intenses) peuvent engendrer des pics de transfert ponctuels que l'IFT SA potentiel de transfert calculé sur une année culturale n'est pas en mesure de mettre en avant.

Les résultats de la seconde confrontation entre concentrations en pesticides mesurées dans les eaux et les sorties des modélisations à l'échelle des deux sous bassins (SWAT et MACRO) montrent une bonne concordance (mêmes ordres de grandeur). Les analyses convergent vers la mise en évidence d'un gradient de contamination croissante le long de la Morcille et une modification de la composition de la pression pesticide (dans les mêmes ordres de grandeurs) entre les 2 sites du Ruiné.

La troisième confrontation entre les mesures chimiques de pesticides et l'impact biologique mesuré *in situ* a permis d'identifier les descripteurs biologiques les plus pertinents pour l'évaluation du risque toxique ainsi que les substances phytosanitaires responsables de la toxicité vis-à-vis des microalgues. Les trois types de descripteurs biologiques retenus (indices diatomiques, indices de biodiversité et présence d'espèces particulières) montrent une variabilité saisonnière très importante de la contamination chimique sur le Ruiné. Cette dernière se traduit par des variations cohérentes des

indicateurs biologiques et chimiques sur le Ruiné alors que ces derniers traduisent le gradient d'exposition amont-aval constaté le long de la Morcille. Les indices biologiques d'évaluation de la qualité globale traduisent plus des variations saisonnières dans la composition spécifique des communautés, mais ne mettent pas en évidence d'altération trophique majeure.

#### C.4 EXPLOITATION DES RESULTATS /RECOMMANDATIONS

Les résultats ont été exploités à plusieurs niveaux.

- Dans le projet IEPAP lui-même, pour contribuer au test de la démarche intégrative proposée,
- Au sein de la thèse de Françoise Vernier en cours sur les systèmes d'information en appui à l'action publique agro-environnementale, pour un test d'application empirique du modèle de SIE développé Dans une démarche d'évaluation des pratiques agricoles : la modélisation agro-hydrologique développée sur le Ruiné s'inscrit dans la question plus large de l'évaluation environnementale des pratiques agricoles à différents niveaux d'échelles spatiales (bassins versants emboîtés tels que le Ruiné, le Né, l'AAC Grenelle Coulonge Saint Hyppolite et le fleuve Charente),
- Pour tester les limites de l'outil SWAT et GENLU 2 dans l'objectif de conduire de telles démarches (pratiques agricoles modélisées à l'échelle de la parcelle).

Ces premiers résultats, bien qu'à conforter, montrent que le recours à l'indicateur *IFT SA 'Potentiel de Transfert'* peut apporter des informations supplémentaires par rapport à l'IFT SA « classique » en termes de différenciation des classes de mobilité des substances impliquées. Néanmoins, il est important de noter que l'indicateur, compte tenu de ses caractéristiques, ne permet pas de rendre compte de la variabilité des transferts induite, notamment, par les variations pluviométriques : il fournit l'estimation d'un potentiel de transfert à l'échelle de l'année culturale alors que les transferts effectifs « s'exprimeront » plus ou moins, en fonction des conditions hydrométéorologiques (et notamment du croisement date de traitement et date d'occurrence d'une pluie significative).

Par ailleurs, le calcul de l'indicateur *IFT SA 'Potentiel de Transfert'* a montré qu'il ne peut pas être aujourd'hui directement mobilisé de façon opérationnelle par des agents de développement agricole ou des agriculteurs car cet indicateur est dépendant de la mise à jour de la base SIRIS. Or le test d'usage sur le Ruiné a montré que toutes les substances actives, contenues dans les produits commerciaux appliqués sur le bassin versant, ne possèdent pas de valeurs de rang SIRIS eso ou esu. Il n'est donc pas possible de calculer un *IFT SA 'Potentiel de Transfert'* pour les derniers usages homologués.

#### Recommandations pour consolider la proposition de démarche intégrative

La démarche exploratoire proposée a montré son intérêt pour avancer sur la problématique de la validation d'indicateurs du risque lié aux pesticides et de l'approche complète de la chaîne causale du risque (pression, transfert, état, impact). Toutefois, les résultats obtenus doivent être consolidés. Pour cela, les recommandations suivantes peuvent être formulées :

- Il est impératif de pouvoir disposer de données cohérentes à la fois en termes d'information sur les caractéristiques physiques des sites étudiés, les pratiques agricoles et les mesures de la qualité chimique et biologique des eaux de surface. En particulier, il est recommandé d'avoir recours à des données acquises sur les mêmes périodes et sur des pas de temps compatibles pour la confrontation. Cela implique de coordonner au mieux, et le plus tôt possible, les échelles spatiales et temporelles d'acquisition,
- Ces données doivent permettre d'approcher la variabilité inter-annuelle des grandeurs suivies (sous influence des pratiques agricoles et du climat) et la modélisation doit être mise en œuvre pour un nombre suffisant d'années hydrologiques afin de disposer de résultats modélisés « moyens », moins tributaires de la variabilité inter-annuelle de la météo, et dont la confrontation avec les résultats de l'indicateur potentiel de transfert serait plus pertinente,
- Ces données doivent également permettre de vérifier, *a minima*, la cohérence des résultats modélisés avec les données d'observation, non seulement en terme d'hydrologie mais de transfert de pesticides,
- La prise en compte des produits de dégradation à la fois dans les suivis en cours d'eau, la modélisation et les indicateurs de risque pesticides doit être encouragée,
- Au sujet de la confrontation entre les valeurs de l'IFT SA potentiel de transfert et les sorties de la modélisation agro-hydrologique, nous rappelons que même si le test statistique mobilisé est

adapté pour des échantillons de petite taille, les résultats obtenus sont à manipuler avec précaution du fait du faible nombre d'observations dont nous disposons.

- Pour renforcer la pertinence des conclusions, il semble indispensable de choisir pour le test de confrontation modèle/IFT SA potentiel de transfert, des molécules présentant des rangs SIRIS plus différenciés (ici on a fait le choix a priori des substances actives déjà modélisées dans SWAT et MACRO pour lesquelles on disposait d'une pré-paramétrisation),
- La confrontation à l'échelle des sous bassins versants est plus complexe qu'à la parcelle du fait de l'augmentation des variables explicatives et de leur variabilité des paramètres en cause à cette échelle et doit être consolidée: une possibilité serait d'essayer de limiter les facteurs de variabilité, non liés aux pratiques, d'un SBV à l'autre pour se concentrer sur l'effet des changements de pratiques (soit choisir des SBV aux caractéristiques physiques proches).

Enfin, il nous semble utile de mettre en avant les conditions préalables au développement futur de tels travaux. Sur un plan organisationnel et fonctionnel, il convient de souligner que ce travail de recherche a mobilisé des compétences et des disciplines diversifiées (sciences de l'ingénieur, agronomie, chimie, biologie, modélisation, statistique, informatique), une très grande variété de données (caractéristiques physiques des milieux, pratiques agricoles, climat, qualité chimique et biologique de l'eau, caractéristiques physico-chimiques de molécules), le plus souvent hétérogènes et acquises à des pas de temps et d'espace différents. La reproductibilité ou la généralisation d'une telle démarche exploratoire vers une recherche consolidée impliquerait nécessairement de disposer de moyens conséquents et suffisants dans le temps pour parvenir à une approche renforcée et plus systématique afin que les premiers résultats empiriques dégagés puissent être confortés.

## C.5 DISCUSSION

Les résultats de la confrontation indicateurs / modélisation doivent être considérés comme des résultats exploratoires qui ne peuvent être suffisants pour tirer des conclusions générales sur la validité de la capacité de l'indicateur IFT SA potentiel de transfert à représenter un potentiel de transfert de pesticides. Ce constat est intrinsèque, non pas à la méthodologie utilisée, mais plutôt au temps imparti au projet et à la disponibilité des données utilisables pour le test (pas d'acquisition de nouvelles données dans le cadre de ce projet à l'exception des nouvelles enquêtes des pratiques et des données météo sur le Ruiné). Un travail de ce type, mobilisant à la fois des compétences diversifiées (sciences de l'ingénieur, chimie, biologie, modélisation, statistique, informatique) et une grande variété de données (caractéristiques physiques des milieux, pratiques agricoles, climat, qualité chimique et biologique de l'eau, caractéristiques physico-chimiques de molécules), le plus souvent hétérogènes et acquises à des pas de temps et d'espace différents, implique, en effet, de disposer de moyens suffisants pour parvenir à une approche consolidée et plus systématique.

### **Mise en œuvre de la modélisation : limites et besoins identifiés :**

La mobilisation de deux modèles d'estimation des flux (MACRO (parcelle) et SWAT (Sous Bassins Versants)) a permis de conduire une confrontation à deux types d'échelle spatiale différente, source d'enseignements complémentaires mais aussi de difficultés pour consolider les résultats.

#### Au niveau spatial :

Si à l'échelle de la parcelle (Morcille), il a été possible de garder le lien avec la pratique de chaque exploitant, à l'échelle du sous bassin versant (Ruiné), la plus grande complexité du système, englobant une diversité de cultures, de sols, de pentes, d'occupation du sol, rend ce lien à la pratique agricole parcellaire moins direct. De ce fait, même si l'échelle du sous bassin versant est essentielle pour se situer au niveau élémentaire de la gestion de la qualité de l'eau, elle complexifie la confrontation des résultats du modèle SWAT avec ceux de l'indicateur IFT SA potentiel de transfert. Cela induit notamment la nécessité d'agréger l'indicateur à l'échelle des sous bassin versant, mais, ce qui est plus délicat à gérer, cela induit une plus grande source de variabilité des résultats du modèle d'un sous bassin versant à l'autre ; variabilité dont la différence de pratiques agricoles n'est pas le seul facteur explicatif. Il devient donc d'autant plus périlleux de confronter les résultats du modèle et de l'indicateur à l'échelle de sous bassins versants que ces derniers présentent des caractéristiques physiques (sol, pente, occupation du sol) différentes.

#### Au niveau temporel :

L'étude de l'influence de différents facteurs clés (sol, pente, climat) au cours de la mise en œuvre de la modélisation à l'échelle parcellaire sur la Morcille a mis en évidence la grande dépendance des résultats de flux de pesticides verticaux et horizontaux modélisés à ces différents facteurs. En particulier les conditions météorologiques peuvent induire, pour une même pratique et des caractéristiques de sol et de pente identiques d'une année à l'autre, une très grande variabilité des

transferts modélisés (a minima facteur 20 entre les flux modélisés en 2005 et ceux modélisés en 2007). Ce constat pose la question du choix de la valeur de flux vertical modélisé qu'il convient de retenir dans la confrontation à l'IFT SA potentiel de transfert. Il en ressort l'importance de pouvoir se baser sur un plus grand nombre de simulations (pour différents sols mais surtout différentes années hydrologiques), afin de disposer de résultats de modélisation moyens, plus robustes et représentatifs d'un potentiel de transfert moyen, à comparer aux valeurs d'IFT SA Potentiel de Transfert.

Au niveau du choix des substances testées :

Sur le Ruiné, 60 substances actives auraient pu être modélisées (i.e. ensemble des molécules pour lesquelles le calcul IFT SA Potentiel de Transfert a été réalisé). Mais la mise en œuvre relativement lourde du modèle SWAT (temps nécessaire à la fois pour l'acquisition et l'implémentation de l'ensemble des paramètres requis et le traitement des résultats) n'a permis la modélisation que de 7 substances actives.

Au niveau de la validation des modèles avec des mesures chimiques et biologiques:

Bien que les modèles MACRO et SWAT soient largement utilisés par la communauté scientifique, il serait utile de renforcer la confrontation de leurs résultats avec des données mesurées aux échelles où ils ont été mis en œuvre pour la confrontation avec l'indicateur (à savoir, la parcelle, sur la Morcille, pour MACRO et les sous bassins versants, sur le Ruiné, pour SWAT). Ainsi, même si les résultats de la modélisation semblaient cohérents avec la connaissance d'expert du site et les données observées à l'échelle du bassin versant, aucune confrontation modèle/observation n'a été possible à l'échelle de la parcelle sur la Morcille faute de mesures à cette échelle. Sur le Ruiné, cela n'a pu être réalisé que pour des données hydrologiques par manque de mesures des concentrations en pesticides dans le Ruiné au cours de l'année ciblée pour la modélisation. Sachant qu'inversement, la modélisation n'a pas pu être mise en œuvre au cours des années pour lesquelles on disposait de données de qualité mesurées sur le Ruiné, du fait du manque de connaissance sur les pratiques agricoles suffisamment complète pour renseigner SWAT. Il découle de ce constat l'importance de coordonner l'acquisition de données d'observation des variables d'intérêt de sortie (ici concentrations en pesticides dans l'eau ou mesure d'impact biologique) et des paramètres et variables d'entrée (notamment les pratiques agricoles), requis par le modèle. En particulier, des échelles de temps et d'espace pertinentes et comparables entre mesure et modélisation doivent être définies en amont.

Le choix des substances actives d'intérêt s'est aussi montré crucial : la mesure montre qu'on retrouve dans les eaux un grand nombre de produits de dégradation qui ne sont pas pris en compte dans la modélisation. On peut aussi se poser la question du besoin de mieux suivre dans les eaux ces produits, dont certains peuvent montrer des toxicités non négligeables.

Le recours à un SIE (initialement développé dans le cadre d'un précédent AO interne), s'est avéré performant à la fois pour permettre de regrouper, structurer, traiter et mettre en correspondance l'ensemble des nombreuses données requises pour les analyses mises en œuvre.

La difficulté scientifique majeure rencontrée a résidé dans le traitement d'informations qui ont des échelles spatiales et temporelles différentes. Notamment, à ce stade, il n'a pas été possible de conduire de traitements de données qui permettent de gérer ces deux aspects en même temps.

## **C.6 REFERENCES CITEES DANS L'ETAT DE L'ART**

1. ANSES, 2011, Indicateurs de risque et d'impact de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques, dans le cadre du suivi du plan. Inventaire et évaluation des indicateurs et des bases de données, Tomes I et II, rapport d'appui scientifique et technique, rapport provisoire, ANSES – ONEMA - ECOPHYO, 131 p.
3. Aubertot J.N.; Barbier J.M. ; Carpentier A.; Gril J.J.; Guichard L.; Lucas P.; Savary S. ; Savini I. ; Voltz M. (2005) Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux - Expertise scientifique collective INRA et Cemagref, 64 p.
4. Azimonti G., 2006, State-of-the-art review on approaches to environmental risk assessment for pesticides. Report DL3 of the FP6 EU-funded FOOTPRINT, see [www.eufootprint.org](http://www.eufootprint.org), 45 p
5. Bockstaller C., Girardin P., Van Der Werf H.M.G, 1997, Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems, European Journal of Agronomy, Vol. 7, pp. 261-270.
6. DCE, 2009. DIRECTIVE 2009/128/CE instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable. Journal officiel de l'Union européenne, 21 octobre 2009. 16 p.
7. Devillers J., Farret R., Girardin P., Keichinger O., Rivière J-L., Soulas G. (2005), Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides, Lavoisier, Ed. Tec et Doc, Paris, 278 p.
8. Girardin P., Bockstaller C., Van Der Werf H.M.G., 1999. « Indicators: Tools to Evaluate the Environmental Impacts of Farming systems », Journal of Sustainable Agriculture, vol. 13, n°4, pp. 5-21.

9. INRA, 2013. Étude de faisabilité des engagements unitaires à IFT modifié. Cahier des clauses techniques particulières. 62 p.
10. INRA, INERIS, 2014. Descriptif de l'étude : Amélioration de l'IFT SA et première déclinaison environnementale. Combinaison de l'IFT SA et de l'outil Siris-Pesticides, INRA, INERIS, ONEMA, Convention ONEMA Plan d'action national « ECOPHYTO 2018 » Axe 1 – Action 6- « Amélioration de l'indicateur de fréquence de traitement » PHASE TEST 18 p.
11. Niemeijer D., De Groot R.S., 2008 a, Framing environmental indicators: Moving from causal chains to causal networks, Environment, Development and Sustainability, Vol. 10, n° 1, pp. 89-106.
12. Niemeijer D., De Groot R.S., 2008 b, A conceptual framework for selecting environmental indicator sets, Ecological Indicators, Vol. 8, p. 14-25
13. Payraudeau S., Van Der Werf Hayo M.G., 2005, Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods, Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 107, pp. 1-19.
14. Van der Werf H.M.G., 1996, Assessing the impact of pesticides on the environment, Agriculture, Ecosystem and Environment, 60, pp. 81 - 96.
15. Van der Werf H-M-G., Zimmer C., 1998, An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system, Chemosphere, Vol. 36, pp. 2225 - 2249.
16. Voltz M., Alix A., Barriuso E., Bedos C., Bonicelli B., Thierry C., Dubus I., Gascuel C., Gril J-J., 2005, Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux - chapitre 3 - Devenir et transfert des pesticides dans l'environnement et impacts biologiques, Rapport d'expertise scientifique collective INRA - Cemagref, 219 p.
17. Zahm F., 2003. Méthodes de diagnostic des exploitations agricoles et indicateurs : panorama et cas particulier appliqués à l'évaluation des pratiques phytosanitaires, Ingénieries-EAT, N°33, pp. 13-34

#### D LISTE DES LIVRABLES

Date de livraison	N°	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Responsable	Commentaires
Septembre 2014		Mise en place du modèle agro-hydrologique SWAT sur un petit bassin versant agricole : application au bassin du Ruiné (Charente). ENS2 ENSEGID - IPB Bordeaux	Rapport de stage M 1	Leccia Odile	
Septembre 2014		Modélisation du transfert de pesticides à l'échelle de la parcelle. Application au bassin versant de la Morcille (Nord Beaujolais, 69) et analyse de sensibilité du modèle	Mémoire de fin d'études de l'Engees	Nadia Carluer	
Septembre 2014		Contribution à l'évaluation du risque de transfert pesticides sur le bassin versant du Ruiné (Charente) en mobilisant le futur indicateur IFT SA « potentiel de transfert »	Rapport de mémoire d'ingénieur en agronome	Frédéric Zahm et française Vernier	
Février 2015		L'Indicateur Fréquence de Traitement Substance Active 'Potentiel de transfert. Présentation des principaux résultats du calcul de l'indicateur sur le bassin versant du Ruiné	Synthèse (4 pages)	Frédéric ZAHM	
Février 2015		Compte rendu individuel écrit délivré à chaque agriculteur enquêté sur le BV du Ruiné	Courrier individuel aux 20 agriculteurs et rapport individuel	Frédéric Zahm	
		Système d'information environnementale avec base de données associée	Prototype avec Outil	Françoise Vernier	

Date de livraison	N°	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Responsable	Commentaires
		complétée	développement SOLAP		
Septembre 2015		Zahm F., Gouy V., De-Fouquet C., Kuentz-Simonet V., Miralles A., Morin S., Petit K., Planes E., Raymond C., Vernier F., Guichard L., 2015, Proposition d'une démarche intégrative de confrontation entre valeurs d'indicateurs pesticides, valeurs estimées par modélisation et descripteurs biologiques de la qualité de l'eau des eaux de surfaces. Application à l'indicateur IFT SA Potentiel de transfert sur les bassins versants du Ruiné et de la Morcille; Projet Indicateurs (IEPAP)	Rapport scientifique de synthèse	Véronique Gouy et Frédéric Zahm	

## E IMPACT DU PROJET

### Impacts internes aux partenaires du projet :

- Consolidation des liens entre les unités MALY, ETBX, EABX et TETIS et 1<sup>er</sup> travail de collaboration avec l'unité Géosciences de Mines,
- Démarche interdisciplinaire ayant mobilisé les disciplines agronomie, hydrologie, statistique, géographie, hydrobiologie/écotoxicologie et la modélisation
- Contribution au défi 1 d'Irstea qualité environnementale,
- Mise en œuvre d'un Système d'information environnementale pour contribuer à l'élaboration de dispositif cohérent de structuration de données environnementales au sein d'Irstea,
- Contribution du projet au test du SIE développé dans la thèse de Françoise Vernier (école doctorale ABIES),
- Renforcement des liens avec l'équipe de l'INRA UMR Agronomie,
- communications communes à venir (papier et conférences) entre les différentes équipes.

### Impact externe aux partenaires

#### • *Au plan scientifique*

- Proposition d'une démarche intégrative de confrontation entre valeurs d'indicateur pesticides, valeurs estimées par modélisation et descripteurs biologiques de la qualité de l'eau des eaux de surfaces. Application à l'indicateur IFT Potentiel de transfert et test sur les bassins versants du Ruiné et de la Morcille,
- recommandations scientifiques pour le développement de travaux de recherche analogues sur la qualité prédictive des indicateurs pesticides et les démarches associées pour contribuer à la validation,
- Renforcement des collaborations avec l'IPB /ENSEGID par un premier travail d'encadrement en commun du travail de modélisation hydrologique.

#### • *au plan sociétal*

- Initialisation d'une démarche de validation de l'indicateur IFT SA potentiel de transfert qui a mis en avant une certaine cohérence entre les valeurs de sorties de l'IFT SA potentiel de transfert et les résultats issus de la modélisation, même si ces résultats restent à consolider,
- Mise en avant des limites sur l'usage opérationnel de l'indicateur IFT SA potentiel de transfert pour rendre compte de l'ensemble des substances actives utilisées,
- Contribution à l'axe 1 du plan ECOPHYTO sur les indicateurs pesticides à mobiliser dans l'action publique dans un objectif de suivi et évaluation des objectifs du plan ECOPHYTO (réduction des usages de pesticides).

## E.1 INDICATEURS D'IMPACT

### *Nombre de publications et de communications (à détailler en E.2)*

Le projet s'étant terminé en septembre 2015 dans sa phase analyse des données, il n'a pas été possible de débiter les travaux de valorisation scientifique.

La fin de l'année 2015 et l'année 2016 seront consacrées à ces objectifs de valorisations

		Publications
International	Revue à comité de lecture	A venir
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage	0
	Communications (conférence)	
France	Revue à comité de lecture	0 A venir
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage	0
	Communications (conférence)	1 (voir française et André) A venir (colloque GFP en mai 2016 sur bordeaux )
Actions de diffusion	Articles vulgarisation	A venir
	Conférences vulgarisation	
	Autres	0

### *Autres valorisations scientifiques (à détailler en E.3)*

	Nombre, années et commentaires (valorisations avérées ou probables)
Brevets internationaux obtenus	0
Brevet internationaux en cours d'obtention	0
Brevets nationaux obtenus	0
Brevet nationaux en cours d'obtention	0
Licences d'exploitation (obtention / cession)	0
Créations d'entreprises ou essaimage	0
Nouveaux projets collaboratifs	0
Nouveaux projets contractuels	0
Colloques scientifiques	0
Autres (préciser)	Un rapport scientifique disponible et téléchargeable en ligne

## E.2 LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

- Durand, C., 2014. Modélisation du transfert de pesticides à l'échelle de la parcelle. Application au bassin versant de la Mocille (Nord Beaujolais, 69) et analyse de sensibilité du modèle, Mémoire de fin d'études de l'Engees: 82 pp.
- Formal J., 2014, Mise en place du modèle agro-hydrologique SWAT sur un petit bassin versant agricole : application au bassin du Ruiné (Charente). ENS2 ENSEGID - IPB Bordeaux
- Raymond C., 2014, Contribution à l'évaluation du risque de transfert pesticides sur le bassin versant du Ruiné (Charente) en mobilisant le futur indicateur IFT SA « potentiel de transfert », mémoire de fin d'étude d'ingénieur Lasalle Beauvais, réalisé à Irstea –unité ETBX, 98
- Vernier F., Miralles A., 2015, Modélisation de réseau d'acteurs pour un appui aux actions «eau-pesticide » à l'aide d'UML, Journées nationales du DEVeloppement logiciel de l'Enseignement Supérieur et Recherche, Bordeaux, <http://devlog.cnrs.fr/jdev2015>
- Zahm F., Raymond C., Vernier F., Leccia L., Kuentz-Simonet V., 2015, L'Indicateur Fréquence de Traitement Substance Active 'Potentiel de transfert. Présentation des principaux résultats du calcul de l'indicateur IFT SA potentiel de transfert sur le bassin versant du Ruiné, note de synthèse, projet IEPAP, Irstea, unité ETBX, 4 p.
- Zahm F., Gouy V., De Fouquet C., Kuentz-Simonet V., Miralles A., Morin S., Petit K., Raymond C., Vernier F., Guichard L., 2015, Proposition d'une démarche intégrative de confrontation entre valeurs d'indicateurs pesticides, valeurs estimées par modélisation et descripteurs biologiques de la qualité de l'eau des eaux de surfaces. Application à l'indicateur IFT Potentiel de transfert sur les bassins versants du Ruiné et de la Morcille; Projet Indicateurs Environnementaux Pesticides et Action Publique (IEPAP), programme de recherche incitatif INDECO Irstea-Mines Carnot. 75 p.

## **Soumis**

De Fouquet C., Leccia O, Vernier F, zahm F., Etude exploratoire des concentrations en pesticides des eaux courantes du bassin versant du Né (Charente), colloque Les Polluants émergents, de nouveaux défis pour la gestion des eaux souterraines, Orléans, 19-20 mai 2016, communication soumise

### **A venir à partir de 2016**

- Congrès annuel du Groupe Français des Pesticides en mai 2016 (voir <http://www.gfpesticides.org/>)
- Proposition (à venir) d'un article dans une revue technique à comité de lecture *Sciences, Eaux et Territoires*.
- Proposition (à venir) de papier sous forme de Position Paper dans une revue scientifique (Revue Ecological indicators ou autre analogue)

### **E.3 LISTE DES ELEMENTS DE VALORISATION**

Voir point E.2

#### E.4 BILAN ET SUIVI DES PERSONNELS RECRUTES EN CDD (HORS STAGIAIRES)

Identification				Avant le recrutement sur le projet			Recrutement sur le projet				Après le projet				
Nom et prénom	Sexe H/F	Adresse email (1)	Date des dernières nouvelles	Dernier diplôme obtenu au moment du recrutement	Lieu d'études (France, UE, hors UE)	Expérience prof. Antérieure, y compris post-docs (ans)	Organisme ayant embauché la personne	Poste dans le projet (2)	Durée missions (mois) (3)	Date de fin de mission sur le projet	Devenir professionnel (4)	Type d'employeur (5)	Type d'emploi (6)	Lien à l'institut Carnot (7)	Valorisation expérience (8)
MOLLA Guilhem	H	guimolla@gmail.com	30/06/2015	Master 2 Informatique	Montpellier (34)	4	Irstea	Ingénieur d'études	4 mois	Octobre 2014	CDD	Irstea	Ingénieur d'études	Oui	Oui
RAYMOND Claire	F	Claire.raymond@live.fr	16/06/015	Ingénieur en Agriculture, spécialité sol, eau et territoires	Beauvais (60)			Ingénieur	4 mois	11 mars 015	CDD	Recherche publique : INRA, unité ODR	Ingénieur d'étude		

#### Aide pour le remplissage

(1) **Adresse email** : indiquer une adresse email la plus pérenne possible

(2) **Poste dans le projet** : post-doc, doctorant, ingénieur ou niveau ingénieur, technicien, vacataire, autre (préciser)

(3) **Durée missions** : indiquer en mois la durée totale des missions (y compris celles non financées par l'ANR) effectuées sur le projet

(4) **Devenir professionnel** : CDI, CDD, chef d'entreprise, encore sur le projet, post-doc France, post-doc étranger, étudiant, recherche d'emploi, sans nouvelles

(5) **Type d'employeur** : enseignement et recherche publique, EPIC de recherche, grande entreprise, PME/TPE, création d'entreprise, autre public, autre privé, libéral, autre (préciser)

(6) **Type d'emploi** : ingénieur, chercheur, enseignant-chercheur, cadre, technicien, autre (préciser)

(7) **Lien à l'institut Carnot** : préciser si l'employeur est ou non un partenaire de l'institut Carnot

(8) **Valorisation expérience** : préciser si le poste occupé valorise l'expérience acquise pendant le projet.