



TRam « Gestion de la Toxicité en zone Ramsar »

Toxicity management in Ramsar area

Programme Evaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des Pesticides
Rapport final- Juillet_2014

CIHEAM-IAMM
3191 Route de Mende
34093 Montpellier
Cedex 5

Le Grusse Philippe
legrusse@iamm.fr
04.67.04.60.23
06.07.14.61.92

Date : 25/07/2014

N° de contrat : 1591/2010
Date du contrat : 22/11 /2010..

Synthèse

TRam Gestion de la Toxicité en zone Ramsar

APR Pesticide 2009

Responsable scientifique du projet

Le Grusse Philippe CIHEAM-IAMM

Responsables des équipes impliquées :

Mandart Elisabeth	CIHEAM-IAM Montpellier
Pr Bouaziz Ahmed	IAV Hassan II Rabat Maroc
Le Bars Marjorie	IRD UMR GRED
Pr Bord Jean Paul	Université Montpellier III UMR GRED
Fabre Jacques	Diataé SAS Montpellier

Partenaires de terrain : France

Chambre d'agriculture de l'Hérault
Syndicat Mixte du Bassin de l'Etang de l'Or

Partenaires de terrain : Maroc

Offices de Mise en valeur Agricole (Gharb, Loukkos) Maroc.
Direction Régionale des Eaux et Forêts et de la lutte contre la désertification du Nord Ouest-Kénitra, Maroc.

En français

CONTEXTE GENERAL

L'impact des produits phytosanitaires sur l'environnement et sur la santé humaine est aujourd'hui au cœur des préoccupations sociales. Faisant suite aux conclusions du Grenelle de l'environnement, un plan « Ecophyto 2018 » de réduction de 50% de l'usage des pesticides dans un délai de dix ans a été élaboré en se fixant comme objectif de maintenir également la production agricole. Analyser l'impact d'une telle décision sur l'environnement ainsi que sur la viabilité de l'activité agricole, dans un contexte socio-économique et climatique changeant et incertain, requière des outils d'analyse complexes, interdisciplinaires et intégrant tous les composants du système. Cependant, la plupart des études, qui visent à établir la toxicité de ces produits sur la santé humaine et sur la biodiversité, ont été menées en conditions contrôlées (laboratoire, parcelle). Par ailleurs, la pression phytosanitaire (ex. indicateur IFT) est estimée directement à partir de la quantité de produits utilisés sans tenir compte de l'aspect diffus de ce type de pollution et sans tenir compte de la variabilité des niveaux de toxicité des produits. Le passage à des échelles plus large pour un effet agrégé de ces produits est du fait très difficile à mettre en œuvre à cause de la complexité des systèmes agricoles. Cependant, les principales décisions en termes de choix de système de production (niveau d'intensification) ou d'orientation technico-économique sont prises à l'échelle de l'exploitation ou celle de la région.

Le caractère intrinsèque du terme de pollution diffuse renvoie aux notions d'acteurs et d'écosystèmes dans un territoire. Le terme pollution, définit par une directive Européenne, désigne : « *l'introduction directe ou indirecte, par suite de l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes aquatiques ou des écosystèmes terrestres. Cette atteinte porte sur la détérioration des biens matériels, de l'agrément de l'environnement ou des autres utilisations légitimes de ce dernier. La contamination par des polluants atteint un niveau seuil induisant ainsi des dommages, des déséquilibres, des effets nocifs et interfère avec le bien-être des organismes vivants* ». (Directive Européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000). On trouve ainsi différents types d'impacts possibles sur différents niveaux de l'écosystème, impactant donc différemment différents types d'acteurs. Nous sommes donc confrontés à la nécessité de gérer une diversité d'impacts, inégalement répartis dans l'espace, avec une diversité d'acteurs de types « Pollueurs diffus » et d'acteurs impactés, auquel s'ajoute une variabilité temporelle des effets. Nous sommes ainsi, dans l'objectif de gestion d'une pollution diffuse face à la nécessité de gérer un système comportant au minimum cinq dimensions. (Ecosystèmes, Acteurs, Espace, Impacts, Temps). Pour le « gestionnaire », l'objectif serait de concevoir un système d'information sur ces cinq dimensions et de caractériser des relations quantifiables entre ces dimensions pour pouvoir évaluer l'efficacité et l'efficience de mesures correctives, tout ceci de manière dynamique. Le gestionnaire est confronté également au caractère pluridisciplinaire dans son approche scientifique en devant croiser les logiques agronomiques, économiques géographiques et les sciences et techniques de l'information. Les politiques actuelles abordent ces problèmes de manière segmentée sur différentes dimensions. Au niveau des « Pollueurs diffus » par des incitations à la réduction de l'utilisation de la quantité de pesticides. Ces actions de type préventives sont parfois pondérées par

la dimension spatiale caractérisée par la vulnérabilité intrinsèque du milieu .La dimension spatiale commence à être abordée également par des actions « curatives » par l'installation de zones tampons visant une épuration au niveau d'exutoires. Les dimensions de diversités d'impacts, de temporalité, et de diversités d'acteurs impactés ne sont jamais utilisées dans ces démarches. De plus la diversité des impacts produits par les « Pollueurs diffus » n'est pas prise en compte. A partir de ce constat, nous avons essayé de concevoir une méthode de gestion intégrée des pesticides sur un territoire (un bassin versant) prenant en compte les cinq dimensions et de formaliser des relations entre ces dernières.

Pour mener une politique de prévention des risques dus à l'emploi de produits phytosanitaires, il est également nécessaire de disposer de critères d'évaluation de ces risques. Les politiques actuelles de réduction des produits phytosanitaires utilisent essentiellement des indicateurs « de pression », dont l'Indicateur de Fréquence de Traitement (IFT) qui ne reflète pas les risques liés à la toxicité des produits sur la santé humaine et l'environnement. En complément aux indicateurs de pression, il existe des indicateurs dits d'impacts qui ont été développés pour permettre d'évaluer les risques des pesticides sur l'environnement et la santé . Sur les territoires, les différents acteurs de terrain (agriculteurs, gestionnaires, techniciens de chambres d'agriculture et de coopératives, etc.) expriment le besoin d'indicateurs de gestion des risques des pratiques phytosanitaires, qui doivent être synthétiques et adaptables aux circonstances de l'environnement récepteur et de la parcelle cultivée en permettant une utilisation à différentes échelles spatiales (parcelle culturale, exploitation jusqu'au territoire).

OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET

Dans le cadre d'une démarche participative, le projet Tram a pour objectif d'élaborer une méthodologie et des instruments permettant d'estimer les impacts sur la santé, l'environnement et l'économie des exploitations d'une réduction raisonnée de l'utilisation des pesticides ; et de simuler différents scénarios de pratiques agricoles en tenant compte de la viabilité économique des exploitations, de la durabilité écologique et de l'équité sociale au niveau de deux territoires classés zone Ramsar : le bassin de l'Etang de l'Or (petite Camargue) et la Merja Zerga au Maroc. Ces scénarios sont élaborés avec les acteurs locaux.

Ces objectifs nécessitant des indicateurs opérationnels de terrain complémentaires à l'IFT pour l'aide à la réflexion sur la gestion des risques phytosanitaires à la fois sur la santé humaine et sur les différents compartiments de l'environnement nous ont conduit à développer des indicateurs permettant d'évaluer les risques phytosanitaires au niveau de la santé humaine principalement de l'applicateur (IRSA) et de l'environnement (IRTE) .

QUELQUES ELEMENTS DE METHODOLOGIE (ET EVENTUELLES DIFFICULTES RENCONTREES)

Une première phase méthodologique est de construire une représentation du fonctionnement du territoire agricole.

La gestion de la pollution phytosanitaire d'origine agricole au niveau d'un territoire nécessite l'intégration d'unités spatiales emboîtées mettant en exergue la relation entre la pression exercée et l'impact sur « l'environnement ». L'unité spatiale choisie doit être celle où interfèrent les pratiques agricoles et les risques de pollution des ressources naturelles dont la ressource en eau. Dans les approches géo-agronomiques, trois types d'unités spatiales permettent de prendre en compte ce qui est gérable entre les hommes et ce qui est pertinent pour cerner les problèmes de la pollution phytosanitaires agricole diffuse ; il s'agit des parcelles culturales, des exploitations agricoles et du bassin versant hydrologique. Les deux premières unités spatiales sont des unités représentatives des activités agricoles et territoire de décision de l'agriculteur. Elles sont intégrées dans une unité spatiale plus globale le bassin versant, territoire d'aménagement et de gestion de la ressource en eau. L'analyse de ces unités spatiales permet de rendre compte des pratiques agricoles spatialisées, des modes d'inscriptions territoriales des activités agricoles et du mode d'intégration du niveau local dans le niveau global. Mais cela permet aussi de rendre compte du niveau d'inégalités spatiales et sociales en termes de propension à polluer.

Parcelle culturale : unité spatiale de décision technique de l'agriculteur

La notion de parcelle est considérée comme une notion agronomique et non pas cadastrale. Elle est définie par (Houdart 2005) « *comme une portion de terrain portant une même culture soumise à une même conduite* ». Elle constitue l'unité de gestion agronomique où se succèdent les opérations culturales ou l'itinéraire technique (Sebillotte 1974; Gras *et al.* 1989). Cette unité spatiale constitue le premier niveau d'enregistrement des pratiques agricoles. Elle correspond à l'échelle sur laquelle les agriculteurs mettent en pratique leurs décisions techniques à chaque saison. À cette unité spatiale peuvent se déterminer les pratiques culturales réduisant l'exportation dans le milieu des produits phytosanitaires. L'itinéraire technique d'une parcelle culturale a pour pas de temps le cycle cultural de la plante. Le raisonnement de l'itinéraire technique se fait à un niveau plus global qu'est l'exploitation agricole au début de la campagne agricole.

Exploitation agricole : unité de décision stratégique de l'agriculteur

L'exploitation agricole est l'unité de décision des systèmes de cultures définie comme « *une portion de territoire traitée de manière identique, par une succession coordonnée de cultures et, pour chacune d'elles, d'opérations culturales* » (Papy 2001). Elle constitue un niveau plus global pour la synthèse des informations, l'appréciation des risques liés aux pratiques agricoles, les choix stratégiques et les déterminations des modalités techniques. Cette unité spatiale et socio-économique a fait l'objet de nombreuses typologies par les géographes et agronomes pour rendre compte de la diversité des systèmes de cultures, des systèmes de productions et des espaces ruraux (Capillon 1993). La classification des exploitations dans des types permet d'expliquer les pratiques agricoles. De nombreux travaux de recherche ont été réalisés dans le but d'examiner les liens entre les typologies d'exploitation et le

territoire (Mignolet et Guiot 1995). La plupart de ces études ont montré qu'il ne s'agit pas de l'organisation spatiale des territoires d'exploitation mais de la répartition des types d'exploitation dans un espace donné (Capillon 1993; Perrot et Landais 1993). Cet espace géographique peut être continu ou discontinu. En revanche la pollution phytosanitaire diffuse est un phénomène physicochimique à forte composante spatiale (Tortrat 2005). La mise en place de plans d'aménagement nécessite une unité spatiale continue et plus globale intégrant les décisions socio-économiques de l'agriculteur et les phénomènes physico-chimiques et toxicologiques de la pollution phytosanitaire. Ce niveau global est le bassin versant.

La conception du bassin versant dépend de la discipline qui utilise cette unité spatiale. Au début des années 60, les hydrologues ont conçu le bassin versant comme étant l'unité spatiale de base du cycle de l'eau « *un bassin versant, en un point d'une rivière, l'aire limitée par le contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point* » ou aussi Bassin versant hydrographique: « *une entité topographique et hydrographique dans laquelle se produisent des entrées d'eau sous forme de précipitations accommodées par un système de pentes et de drains naturels en direction d'un exutoire unique* » (Bravard et Petit 2000). D'après cette conception le bassin versant est un territoire métrique topographique (Levy et Lussault 2003) caractérisé par un complexe physique, de pente, de sols et de roches et qui organise les écoulements et le transfert par ruissellements et infiltrations. Avec l'évolution du progrès technique et informatique dont la modélisation hydrologique (Villeneuve et al., 1996) le bassin versant est devenu « *un système ouvert, non linéaire, non stationnaire, qui opère une transformation de la pluie (signal d'entrée) en un débit (signal de sortie) et dont les composants sont organisés en cascade*» (De Marsily 1986). Dans cette conception le bassin versant est devenu un ensemble d'unités interconnectées entre elles dont les unités élémentaires ou sous-bassins (Leile 1986) présentent des caractéristiques météorologiques identiques et hydrauliques uniformes. L'apparition des problèmes de pollutions diffuses d'origine agricole des eaux dans les années

soixante-dix a poussé les agronomes à sortir du territoire de la parcelle vers les bassins versants agricoles, territoire plus global où se manifeste l'antagonisme entre les pratiques agricoles et la qualité de la ressource en eau dans l'espace et dans le temps. D'où sa conception comme le territoire support des écosystèmes et d'activités humaines utilisé par différents acteurs comme unité de base pour la connaissance et la compréhension du milieu, la description des systèmes d'exploitation afin de mettre en place des plans d'aménagement collectifs.

En géographie, on parle de bassin hydrographique : « *L'idée de bassin versant n'a rien de neuf : cela fait plusieurs siècles que les géographes connaissent le concept de cette unité spatiale. Il s'est complexifié avec le temps, car une meilleure connaissance de l'hydrologie, en particulier de la circulation des eaux souterraines, a mis en évidence le fait que celles-ci, non seulement s'écoulent, mais encore ne s'écoulent pas nécessairement dans un espace identique au bassin versant de surface : il n'y a pas nécessairement coïncidence entre les aquifères et les bassins versants de surface. Il est dès lors possible d'optimiser ou de contrôler ces actions pour préserver la ressource* » (Lasserre et Brun 2007). Sur le plan scientifique, de nombreuses recherches ont été menées au niveau du bassin versant pour l'évaluation de la pollution phytosanitaire diffuse dans l'espace et dans le temps (Meybeck 1995; Benoît 1997; Heydel 1998; Turpin et al. 1999; Christian Kersebaum 2000; Colin 2000; Lal 2000; Barreteau et al. 2001; Becu 2001; Houdart et al. 2002; Houdart 2005; Tortrat 2005; etc). Au niveau politique, le bassin versant, ou le bassin

hydrographique, est le territoire de gestion collective et de mise en place de plans d'aménagement.

Les réflexions à mener sur les territoires posent des problèmes méthodologiques et d'instruments adaptés pour l'aide à la construction de stratégies concertées. La démarche de construction de différentes approches de modélisation du territoire nous a permis de formuler un premier niveau d'analyse méthodologique et d'envisager des formes d'instrumentation appropriées à la mise en œuvre d'actions concertées entre les acteurs (Le Grusse, 2001, Le Grusse et al , 2007)

Modèle régional de fonctionnement de bassins versants

L'élaboration d'un outil de gestion intégré des pesticides sur un bassin versant s'appuie au départ sur un modèle régional de fonctionnement du bassin avec une plateforme de modélisation¹.

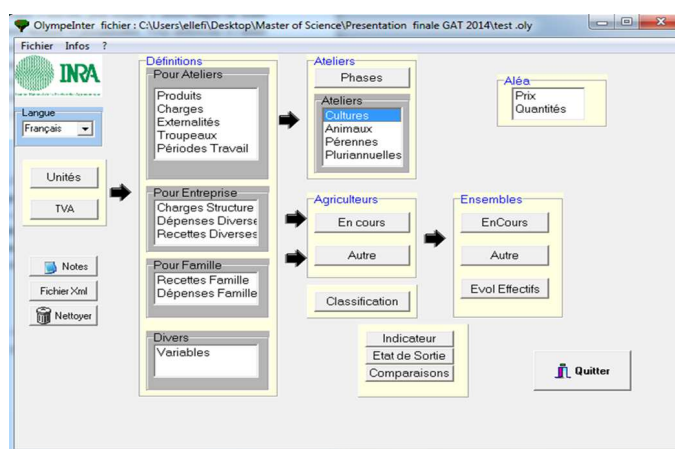


Fig 1 : La plateforme de modélisation Olympe

Ce modèle a été construit à partir de la répartition spatiale des cultures, une typologie de producteurs et une typologie des pratiques phytosanitaires associée à un calendrier de ces pratiques. Ces pratiques ont été caractérisées par des indicateurs de pression et des indicateurs d'impact sur l'environnement et sur la santé de l'applicateur² (aigue et chronique) (Ayadi et al, 2012,2013) . Cet outil nous permet d'évaluer l'impact de l'utilisation des pesticides aux différentes échelles (parcelle, Exploitations agricoles, communes, sous bassin et bassin) et de déterminer la contribution des différents types de systèmes de production dans la pollution totale. A partir de ce diagnostic, nous avons simulé, en prenant en considération les différents leviers d'action de la parcelle au territoire, des modifications possibles de pratiques phytosanitaires afin d'évaluer les conséquences des différentes situations sur l'ensemble du bassin. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'impact des nouvelles pratiques phytosanitaires respectueuses de l'environnement pour certains systèmes de cultures et de disposer d'éléments de réflexion pour l'élaboration des stratégies collectives de gestion, comme l'alternance de l'utilisation des certains produits, la possibilité de proposer des changements dans la répartition spatiale des cultures, l'implantation de zones tampons...

¹ Olympe : Plateforme de modélisation agricole : www.olymppe-project.net

² **IRSA** : Indice de risque sur la sante de l'applicateur ; **IRTE** : Indice de risque sur l'environnement

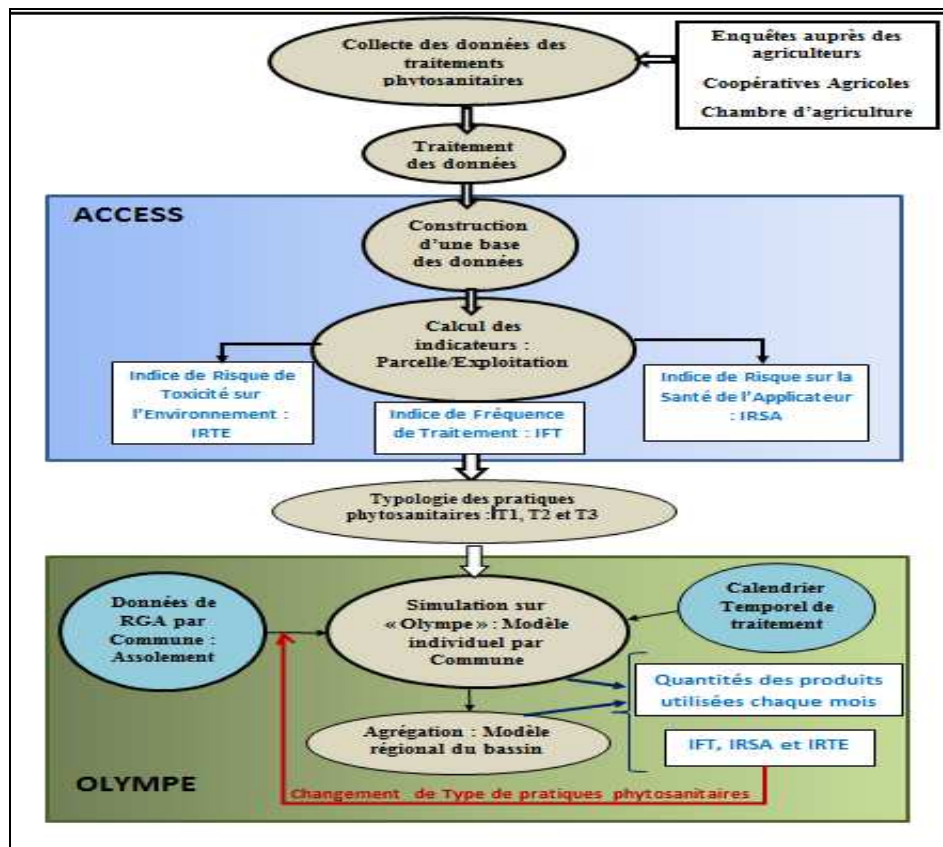


Fig 2 : Démarche méthodologique

RESULTATS OBTENUS

Développement du logiciel EToPhy

Un des objectifs prioritaire étant d'évaluer les « impacts » des pratiques Phytosanitaires » et en l'absence d'indicateurs synthétiques incorporables dans nos modèles de territoire, nous avons développé un logiciel de calcul de deux indicateurs de risque ; un sur la santé humaine et un sur l'environnement.

Le logiciel EToPhy est le moteur de calcul des indicateurs de risque (IRSA et IRTE). Les données d'entrée sur les produits phytosanitaires sont issues de la jointure entre la base de données des propriétés physico-chimiques des molécules chimiques (Footprint) et la base de données des produits phytosanitaires (Agricommand). Ce logiciel permet de déterminer les indicateurs de risque de toxicité en fonction du type de produit (cible, formulation), des cultures et de l'exposition (dose homologuée ou appliquée). Ces indicateurs sont utilisables à différentes échelles (parcelles, exploitations agricoles, territoire).

La méthodologie de calcul des indicateurs a été développée en se basant sur des travaux Norvégiens (6), Québécois³, et du groupe de travail européen FOCUS (7, 8, 9). L'IRSA représente un indicateur à notation, générique et modulable suivant le cas d'application. Il évalue les toxicités aiguë et chronique des produits phytosanitaires

³ http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1504_IndicRisquesPesticides_2eEdition.pdf

en considérant les propriétés physico-chimiques et toxicologiques des matières actives. Il exprime aussi le risque associé à l'utilisation du produit en considérant l'exposition liée au type de formulation, au milieu et à la technique d'application. L'IRTE est la somme de six variables évaluant les impacts éco toxicologiques sur les organismes vivants non-cibles (des invertébrés terrestres, les oiseaux, les organismes aquatiques) et les comportements physicochimiques dans le milieu récepteur (Mobilité, Persistance dans le sol et Bioaccumulation). Il attribue à ces variables un poids avant de les intégrer au calcul. Ces indicateurs à notation sont génériques et modulables suivant les pratiques phytosanitaires, l'échelle spatiale et les conditions du milieu physique.



Diagnostic des pratiques phytosanitaires

La démarche de diagnostic menée avec les exploitants agricoles sur plusieurs années a permis d'évaluer la variabilité interannuelle, la variabilité entre agriculteurs et entre les différentes cultures. Les analyses menées montrent qu'à l'échelle des exploitations la plus grande variabilité entre les indicateurs reflète les stratégies individuelles de choix des produits et des pratiques phytosanitaires entre les agriculteurs. Des analyses des pratiques phytosanitaires au niveau des parcelles ont permis d'évaluer l'impact des produits utilisés sur la santé de l'applicateur et l'environnement. Les résultats obtenus indiquent qu'il existe, pour certains produits, une corrélation entre l'IFT, l'IRSA et l'IRTE. Cependant, dans la grande majorité des cas, il n'y a pas, à ce niveau d'analyse, de corrélation entre l'IFT et les indicateurs de risque de toxicité ; il y a également quelques cas d'opposition entre risque santé et risque environnemental.

Par ailleurs, la possibilité d'analyser les itinéraires techniques avec des sous-indicateurs (pour l'IRSA, toxicité aiguë et toxicité chronique ; pour l'IRTE, au niveau de différents compartiments air, eau et sol) permet d'affiner les stratégies en termes de choix de produits ceci en fonction de la localisation des cultures (proche d'un cours d'eau, terrain en pente avec ruissellement...) et de la faune et le flore environnante (réserve d'oiseaux, habitations proches...).

Modèles spatialisés de gestion pluriannuelle et de gestion intra-annuelle

Dans le cadre du projet de recherche (TRam Apr Pesticides 2009) , nous avons construit deux modèles de bassin par agrégation d'unités spatiales emboîtées .

Les terrains d'application seront 2 zones classées « zone Ramsar » : l'étang de l'Or en France et la Merja Zerga au Maroc. Pour ces 2 sites jumelés, des collaborations et travaux ont déjà été réalisés par approche participative avec des partenaires locaux. Dans les deux cas on trouve une zone agricole en amont de la lagune qui entraîne une pollution accrue des eaux.

L'Étang de l'Or⁴ situé sur la côte du Languedoc-Roussillon en Petite Camargue , occupe le 4^{ème} rang des étangs littoraux français. Ses intérêts esthétiques et biologiques ont conduit à son classement en 1996 comme zone humide d'importance internationale Ramsar pour son rôle majeur dans l'accueil des oiseaux d'eau. Il recèle 300 espèces d'oiseaux sur les 360 présentes en France. Ce site exceptionnel procure aux oiseaux d'eau une nourriture abondante, un refuge durant les migrations ou en hiver, et des zones propices à la nidification. Ainsi, ses berges sont l'unique lieu de reproduction pour certains oiseaux très rares appartenant à la famille des laro-limicoles.

Vaste étendue d'eau saumâtre de 3000 ha, il est réputé pour sa production d'anguilles. Il constitue un refuge et une véritable réserve nourricière pour les poissons marins (à forte valeur économique) qui entrés dans l'étang à l'état juvénile, repartent en mer une fois adultes. L'étang est constitué d'une multitude d'espèces végétales caractéristiques des milieux lagunaires méditerranéens. Mais malgré les nombreuses fonctions (biologiques, hydrologiques, socio-économiques et économiques) que remplit cette zone humide, elle subit les effets dus aux changements d'allocation de l'eau, de charges de nutriments, d'utilisation des terres et des activités de développement économique à l'intérieur du bassin (nitrates, pesticides,...). Ces effets néfastes ont des conséquences très graves sur les écosystèmes terrestres et aquatiques. Des épandages, plus ou moins simultanées, d'insecticides en zone de grandes cultures font disparaître brutalement, les insectes ravageurs ainsi que nombre d'insectes prédateurs comme l'a montré une étude en Camargue (Mesléard et al. 2005).L'agriculture, susceptible d'être à l'origine de certains polluants amplifiant l'eutrophisation est très présente sur les berges de l'étang et au sein même du bassin versant. Les eaux de drainage agricole de l'Association Syndicale Autorisée (ASA) de Marsillargues sont rejetées via deux stations de pompage dans le canal de Lunel pour finir dans l'étang. Cependant, l'agriculture contribue également à l'entretien des espaces naturels et au maintien d'une activité économique et écologique dans les endroits les plus reculés. Face à cette contradiction, il paraît indispensable de maintenir à la fois une agriculture traditionnelle mais compétitive et de préserver la qualité des eaux en incitant à des pratiques « raisonnées », respectueuses des milieux aquatiques et terrestres.

La Merja Zerga⁵ est une zone lagunaire du Maroc qui communique avec l'océan Atlantique par l'intermédiaire d'une passe étroite et sinueuse, permanente depuis 1953 bien qu'elle ait été obstruée quelques temps à la suite de tempêtes. Son régime hydrologique est soumis au balancement des marées. L'eau douce provient de deux arrivées permanentes (aujourd'hui de très faibles débits) qui se jettent dans la lagune : l'oued Drader au NE et le canal du Nador au sud (qui draine les Merjas côtières

situées au sud de la lagune) et d'apports d'une nappe phréatique. L'ensemble de ces conditions induit de très grandes variations physico-chimiques des eaux et une forte productivité biologique. La Merja Zerga est la zone humide du littoral la plus importante du Maroc à biodiversité élevée et remarquable, ce qui en fait une réserve biologique classée. *D'une superficie de 7300 ha et une situation géographique stratégique, elle détient le premier rang marocain pour le transit et l'hivernage pour de nombreuses espèces d'oiseaux. Elle héberge en hiver, en moyenne 15 à 30.000 Anatidés (11 espèces, Canard siffleur majoritaire), autant de Foulques, entre 50 et 100.000 Limicoles (19 espèces régulières où dominant Bécasseau variable et Barge à queue noire surtout, mais aussi Pluvier argenté, Grand gravelot, Avocette,... et le rarissime Courlis à bec grêle) et 1000 à 2000 Flamants roses. Sa communication, avec l'océan Atlantique, lui permet d'acquérir une partie des poissons d'origine marine au niveau du goulet (Sparidés, Soléidés, Mullus et Torpedo ocellata sont les plus communs) et des poissons amphihalins dans les chenaux : Mugilidés, Dicentrarchus labrax, D. punctata mais surtout Anguilla anguilla qui est exploitée. Du fait de sa richesse faunistique, floristique, géomorphologique et hydrographique, elle remplit plusieurs fonctions socioéconomiques (pêche, agriculture, pâturage, chasse, tourisme balnéaire et naturaliste).* Cependant sa situation géographique à l'aval de la région biogéographique du Gharb, important bassin de production maraîchère et fortement consommateur de pesticides, la condamne à une forte pollution phytosanitaire diffuse. Une étude réalisée dans le cadre du Projet de Protection de l'Environnement du bassin Sebou (PPES 2000) a montré une pollution quasi généralisée des eaux souterraines par les nitrates et la présence de quelques puits contaminés par les pesticides, situation d'autant plus préoccupante que la nappe est utilisée pour la production d'eau potable. Par ailleurs, une contamination des eaux superficielles par des pesticides a été également mesurée dans le canal du Nador.

Le premier modèle sur le bassin versant de la Merja Zerga au Maroc, a été orienté vers l'analyse de scénarios de choix d'assolements au niveau spatial et la gestion d'itinéraires techniques à partir d'une typologie d'exploitations types. Nous nous sommes placés dans une gestion annuelle et pluriannuelle pour analyser les impacts sur le milieu comme ci- dessous notamment en terme de pression phytosanitaire (IFT), en terme de risque santé pour les applicateurs (IRSA) et de risque environnemental (IRTE).

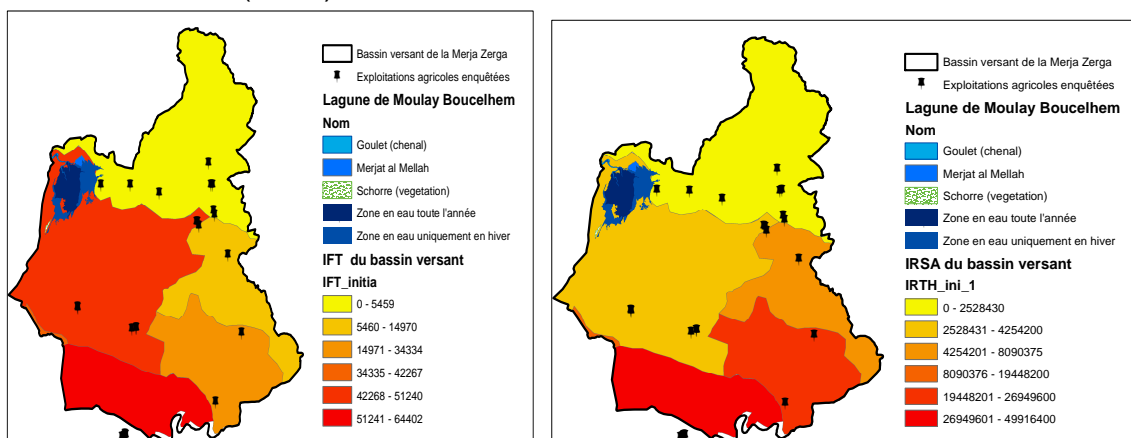


Fig 3 : Répartition spatiale de la pression Phytosanitaire (IFT) sur le bassin versant de la Merja Zerga au Maroc (carte gauche) et de l'IRSA (carte droite)..

Le modèle permet d'évaluer la répartition spatiale et temporelle de la pression Phytosanitaire, des risques santé humaine et environnementaux. (Fig 3 et fig 4). Le modèle couplé à un SIG permet également de caractériser les exutoires des sous bassins et de quantifier les matières actives à traiter dans des zones tampons, et donc d'aider à l'élaboration et au dimensionnement de ces dernières. (Fig 5)

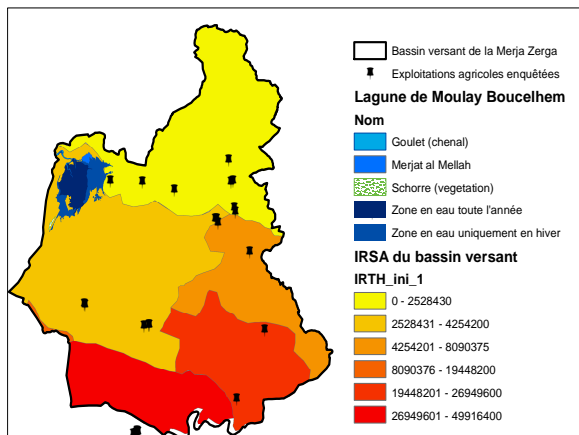


Fig 4 : Répartition spatiale du risque santé humaine

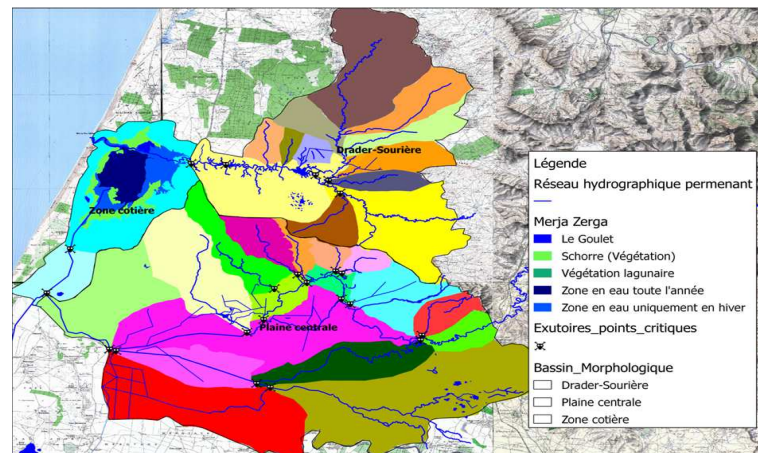


Fig5 : Caractérisation des sous bassins et des exutoires

Le deuxième modèle sur le bassin versant de l'étang de l'Or en France, a été orienté vers l'analyse de scénarios de gestion des itinéraires techniques au niveau spatial et temporel en terme intra annuel. Nous nous sommes placés dans une gestion intra-annuelle pour analyser les impacts sur le milieu des calendriers de traitement pour repérer les pointes de traitement et évaluer les risques au niveau temporel sur le bassin. A partir d'une caractérisation spatialisée de la pression nous avons pu ainsi évaluer le calendrier des impacts en terme de risque santé (IRSA) et de risque environnemental (IRTE) en terme de calendrier.

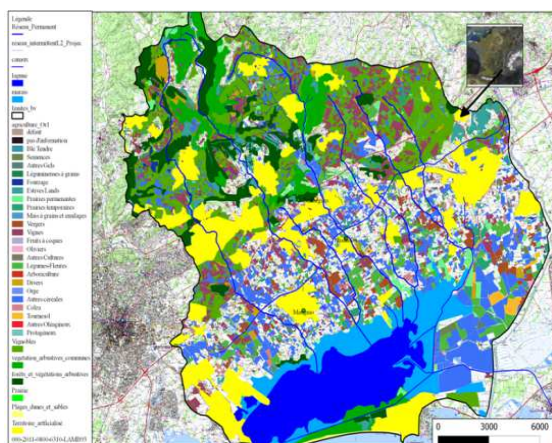


Fig 6 Bassin versant de l'Etang de l'Or

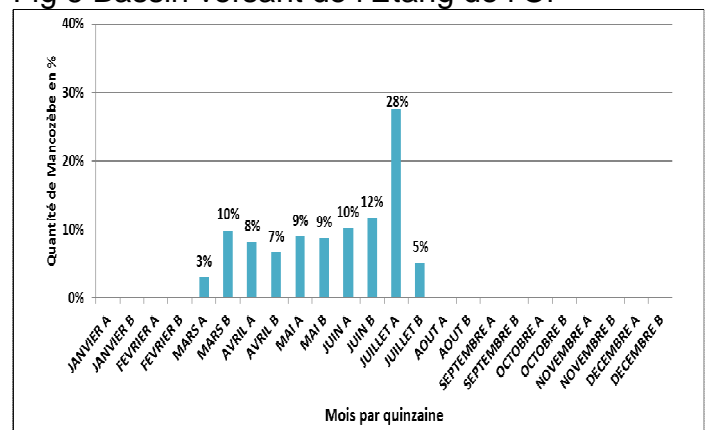


Fig 7 Calendrier d'utilisation du Mancozèbe sur le bassin versant

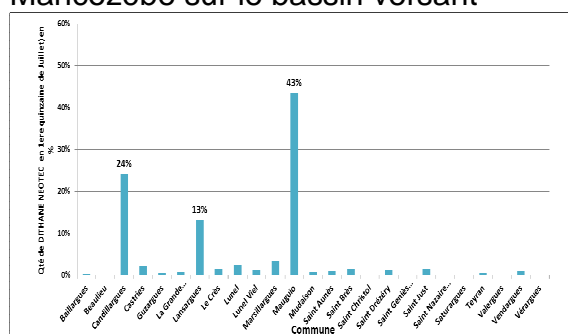


Fig 8 : Lieu d'utilisation du Mancozèbe la première quinzaine de juillet

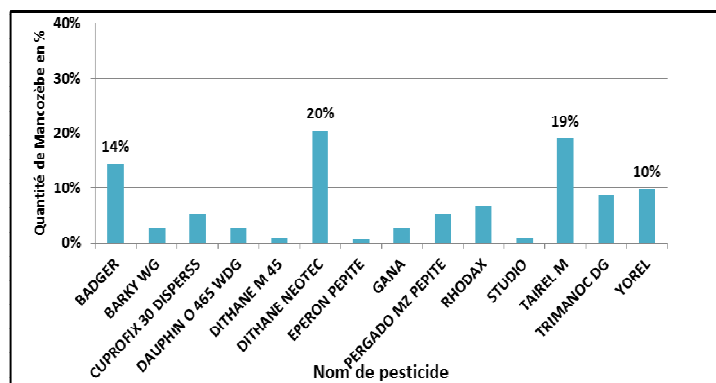


Fig 9 : Produits Phytosanitaires à base de Mancozèbe

Le modèle permettant de repérer les périodes de pointe et leur localisation ainsi que les cultures responsables, il est alors possible de réfléchir à des solutions en termes de conduite technique et de choix de produits pour éviter une pointe d'émission durant une période.

Jeu de simulation pour l'aide à la décision dans les pratiques phytosanitaires au niveau d'un territoire: SimPhy

Dans le cadre de la gestion de la pollution diffuse et dans une démarche participative, nous avons conçu un jeu, SimPhy (Simulation des Phytosanitaires) mettant les acteurs d'un territoire en situation de gestion des exploitations agricoles sous contraintes de réduction de phytosanitaires (quantité et toxicité) et de marché. Les acteurs sont représentés par 3 types: (i) l'état mettant en application les réglementations (Réduction de l'utilisation des pesticides); (ii) les agriculteurs: gestion des entreprises agricoles et des agro-systèmes ainsi que des ressources naturelles communes et (iii) les professionnels de la distribution des produits agricoles (marché local ou international). Chaque joueur doit gérer une exploitation type. Deux joueurs peuvent avoir une exploitation basée sur un même système de culture, ce qui permet d'analyser les perceptions des acteurs.

SimPhy est un jeu piloté (5). Les joueurs sont amenés à décider des assolements et des itinéraires techniques en fonction du type d'années de pression phytosanitaire, des activités de production, et des prix du marché à partir des rendements et des impacts des phytosanitaires sur la santé humaine.

Le support du jeu SimPhy est une plateforme de modélisation de type Decision Support System (DSS) « Olympe » (6) où les données technico-économiques et les indicateurs de pression (Indicateur de Fréquence de Traitement (IFT) (7) et de risque de toxicité des phytosanitaires (Indicateur de Risque de Toxicité Humaine : IRTH4) de ces exploitations sont des données d'alimentation de la plateforme (voir figure 1).

⁴ Logiciel EToPhy dépôt APP n° IDDN.FR.001.060017.000.D.C.2011.000.31500

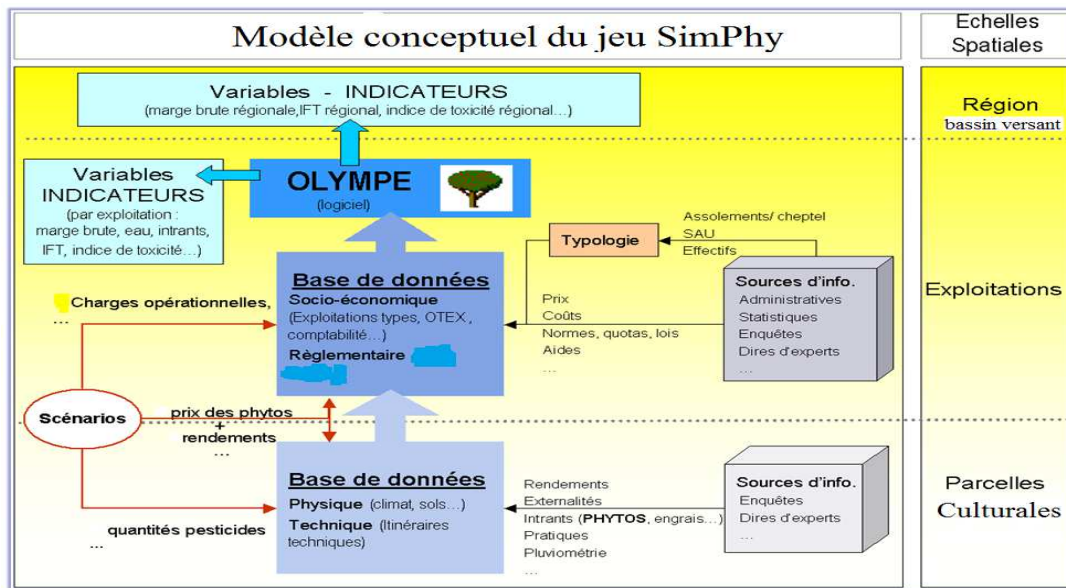


Figure 1: Modèle conceptuel du jeu de simulation dans la plate forme Olympe

Pour le cadrage des données du jeu SimPhy nous avons utilisé un modèle d'optimisation maximisant la marge brute au niveau du bassin versant sous contraintes de pression et de toxicité phytosanitaire. L'objectif de la conception de ce modèle linéaire n'est pas de chercher une solution optimale mais de délimiter les paramètres de calage du jeu (construction d'abaques).

1. Territoire d'application du jeu SimPhy

Le cas d'application est un territoire à agriculture intensive et diversifiée en amont d'une zone humide classée Ramsar : le bassin versant de la Merja Zerga situé au nord-est du Maroc sur la côte atlantique. Ce territoire correspond à une SAU (Surface Agricole Utile) de l'ordre de 28 000 ha représentée par sept types de système de culture et dont l'effectif représente le poids de chaque système à l'échelle du bassin versant (voir tableau X).

Tableau 1 : Principaux systèmes de culture et leurs poids à l'échelle du bassin versant de la Merja Zerga

Nom du système	Céréales_ Betteraves_ Fourrage	Maraichage	Oléagineux_ Céréales	Arboriculture_ Grandes_ Cultures	Fraise_ Maraichage	Banancier_ Pomme de Terre_ Grandes Cultures	Céréales_ Canne_ Fourrage
Surface de l'exploitation en hectare (ha)	5	5	60	5	5	10	5
Effectif au niveau Bassin versant	500	500	100	500	500	500	1000
SAU du système de culture	2500	2500	6000	2500	2500	5000	5000

Chaque système de culture a à sa disposition certains assolements possibles et pour chaque assolement trois types d'itinéraires techniques peuvent être appliqués : itinéraire technique à bas intrants (IK 1),

itinéraire technique à moyen intrants (IK 2) et itinéraire technique à fort intrants (IK 3). Sachant qu'à forte pression phytosanitaire les rendements seront différents selon l'ITK, ainsi que les prix de vente.

SimPhy est composé de deux phases, au cours desquelles un certain nombre de scénarios sont testés, les joueurs étant amenés à décider des assolements et des itinéraires techniques sous contraintes. Dans la première phase, la gestion des exploitations est faite individuellement sans concertation entre les joueurs et sous contraintes de type d'années de pression phytosanitaire, de marché et de réglementations. Dans la deuxième phase, la gestion des exploitations est faite collectivement en concertation et avec négociation des règles et des stratégies entre les joueurs. Le jeu SimPhy permet un dialogue direct avec et entre les acteurs et facilite l'apprentissage de la concertation.

IMPLICATIONS PRATIQUES, RECOMMANDATIONS, REALISATIONS PRATIQUES, VALORISATION

- Implications pratiques :

Les méthodes et les indicateurs développés lors de ce projet ont montré que l'on peut aborder ce problème complexe de la gestion de pollution diffuse de type Phytopharmaceutique même si la tâche est ardue et les approximations encore importantes. Le principal problème pratique pour la pérennité d'une telle approche se trouve dans la constatation qu'il faut un « régulateur » du système qui soit neutre et reconnu par tous pour mener une telle démarche. Dans la réalité il n'y a pas de « régulateur » ce qui pose le problème de savoir qui peut gérer un modèle de territoire et proposer des modalités de gestion ? La mise en place d'une certification territoriale de type ISO 14001 sur un bassin versant, conduite par une collectivité locale s'appuyant sur ce type de modélisation pourrait être un premier pas vers une gestion globale.

- Recommandations et limites éventuelles :

La limite opérationnelle de ces démarches réside aujourd'hui essentiellement dans la gestion de l'information car le principal problème réside dans le fait que l'acteur devant gérer le problème (le régulateur) n'observe pas parfaitement les actions entreprises par les « Pollueur diffus », et les pollueurs possèdent une information privée à laquelle le régulateur n'a pas accès (Ali, 2008). Pour surmonter ce problème la démarche doit s'inscrire dans un processus de construction d'une Intelligence Territoriale. *« L'intelligence territoriale est un moyen pour les chercheurs, pour les acteurs et pour la communauté territoriale d'acquérir une meilleure connaissance du territoire, mais également de mieux maîtriser son développement. L'appropriation des technologies de l'information et de la communication, et de l'information elle-même, est une étape indispensable pour que les acteurs entrent dans un processus d'apprentissage qui leur permettra d'agir de façon pertinente et efficiente. L'intelligence territoriale est notamment utile pour aider les acteurs territoriaux à projeter, définir, animer et évaluer les politiques et les actions de développement territorial durable. »*⁵ (Girardot,2000). La construction d'un système

⁵ **Jean-Jacques Girardot** est économiste et notamment coordinateur scientifique de l'Enti ((European Network for Territorial Intelligence)
<http://www.territorial-intelligence.eu>

d'information collaboratif basé sur les principes de l'Intelligence Territoriale est donc un processus indispensable pour imaginer implanter de manière opérationnelle un système de « Gestion intégrée des pesticides » sur un territoire

- Réalisations pratiques et valorisation :

- le Jeu SimPhy a été mis en œuvre avec les acteurs de terrain sur la Merja Zerga.
- Des réunions de présentation des itinéraires techniques analysés en comparant IFT, IRSA,IRTE ont eu lieu avec les agriculteurs et techniciens agricoles du bassin versant de l'étang de l'OR, avec trois groupes, Arboriculture, viticulture, et céréales Maraîchage. Ces séances ont été très fructueuses et ont montré l'intérêt des agriculteurs surtout sur l'indicateur santé qui les touche directement. Par contre certains représentants d'organisations de producteurs ne souhaitent pas que l'on aborde l'aspect santé mais souhaite uniquement se limiter à l'aspect environnemental de peur d'un risque de médiatisation des résultats. Des divergences de vue sont donc apparues entre les acteurs du monde agricole sur la politique à suivre.

Le modèle du bassin agricole intra annuel permettant de repérer des périodes produisant des pics de certaines matières actives, est à valider avec les acteurs et serait à confronter avec le calendrier d'observation de l'étang et les problèmes environnementaux ponctuels observés pour voir si des corrélations usages impacts environnementaux ponctuels pourraient être observées.

Au Maroc des phénomènes de mortalités de poissons ont été observés quelques jours après les vidanges des casiers à riz de la zone, ce qui serait dû à la présence d'herbicides utilisés dans la conduite de la culture.

Les applications pratiques des modèles ont donc plusieurs niveaux d'application, en terme de gestion stratégique avec la minimisation des risques sur le territoire dans une approche annuelle, pluriannuelle mais aussi intra annuel dans la gestion des pics de pollution générés.

Des utilisations des indicateurs (IRSA et IRTE calculés avec le Logiciel EtoPhy) ont été développés et sont en cours au niveau de l'analyse des pratiques phytosanitaires et au niveau médical dans la caractérisation d'expositions brutes à certaines matières actives d'agriculteurs ayant contractés certaines pathologies. (Cf rubrique Expertise).

PARTENARIATS MIS EN PLACE, PROJETS, ENVISAGES

- Le Conseil Stratégique de Projet du pôle de compétitivité Qualiméditerranée du 2 septembre 2010 a décidé d'accorder une labellisation au projet TRam.
- Dans le cadre du projet TRam une convention de partenariat a été signée en 2011 avec le Syndicat Mixte du Bassin de l'Etang de l'Or (SYMBO) regroupant les 32 communes du bassin

-Dans le cadre du projet TRam une convention de partenariat a été signée en 2012 avec la Chambre d'Agriculture de l'Hérault.

-Des partenariats ont été établis dans le cadre du projet TRam entre l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II de Rabat et l'office de mise en valeur du Gharb et la Direction régionale des eaux et Forêts .

L'implication officielle des acteurs dans une démarche de réflexion sur la gestion des produits Phytosanitaires est un élément fondamental pour la réussite d'un tel projet.

POUR EN SAVOIR PLUS (QUELQUES REFERENCES)

Ayadi H., Le Grusse Ph., Fabre J , Mandart E., Bouaziz A., Bord J-P, (2012). Indicateurs et diagnostic de la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricoles: construction d'un indicateur de risque de toxicité environnementale (IRTE) . Congrès du Groupe Français des Pesticides : Nouveaux Enjeux et Stratégies Novatrices pour la Protection des Plantes Cultivées dans un Contexte de Développement Durable, 2012/05/30-2012/06/01, Poitiers (France).

Benoît M. D. J.-P., Gras F., Bienaimé E., Riela-Cosserat R., (1997). "Agriculture et qualité de l'eau - Une approche interdisciplinaire de la pollution par les nitrates d'un bassin d'alimentation." Cahiers Agriculture n°6: 97-105.

Barreteau O., Cernesson F. et Ferrand N. (2001). " Pluralité des échelles de référence pour les acteurs d'un contrat de rivière." Colloque international « Politique de l'eau et développement local, de la réflexion à l'action en milieu méditerranéen », co-organisé par l'université Grenoble 1 et l'université Montpellier 31er et 2 mars 2001, Montpellier, REM: 24.

Bravard J.-P. et Petit F. (2000). "Les cours d'eau : dynamique du système fluvial." Paris, A. Colin: 220 pages

Capillon A. (1993). "Typologie des exploitations agricoles. Contribution à l'étude des problèmes techniques." Thèse de doctorat en sciences agronomiques, INA-PG, Paris.

Christian Kersebaum K. (2000). "Model-based evaluation of land use and management strategies in a nitrate-polluted drinking water catchment in north Germany." In Integrated watershed management in the global ecosystem CRC Press: 223-238

Colin F. (2000). "Approche spatiale de la pollution chronique des eaux de surface par les produits phytosanitaires, cas de l'atrazine dans le bassin-versant de Sousson (Gers, France)." Thèse "Sciences de l'eau". ENGREF, Montpellier: 223 pages.

De Marsily G. (1986). "Quantitative Hydrogeology - Groundwater Hydrology for Engineers." Academic Press: 440 p.

Girardot, J.-J., (2000). "Principes, Méthodes et Outils d'Intelligence Territoriale. Évaluation participative et Observation coopérative". In Conhecer melhor para agir melhor, Actes du séminaire européen de la Direction Générale de l'Action Sociale du Portugal, EVORA (Portugal), 3-5 mai 2000, DGAS, LISBONNE, décembre 2000, 7-17.

Gras R., Benoît M., Deffontaines J.-P., Duru M., Lafarge M., Langlet A. et Osty P.-L. (1989). " Le fait technique en agronomie ; Activités agricoles, concepts et méthodes d'étude."Ed. L'Harmattan, Paris: 184 pages.

Heydel L. (1998). "Diagnostic et maîtrise des contaminations des eaux souterraines par les résidus d'atrazine." Thèse INPL, Vandoeuvre-Les-Nancy: 159 p.

Houdart M., Lassoudière A. et Saudubray F. (2002). "Proposition d'une méthode d'analyse spatiale des pratiques agricoles à l'échelle d'un bassin versant dans un contexte de pollution des eaux. 38e Annual Meeting Carribean Food Crops Society, « Quel devenir pour l'agriculture caribéenne ? Qualité, économie, progrès social,environnement », Trois-Ilets, Martinique." AMADEPA pp: 282-289.

- Houdart M. (2005).** "Organisation spatiale des activités agricoles et pollution des eaux par les pesticides. Modélisation appliquée au bassin-versant de la Capot, Martinique". Thèse de géographie, Université des Antilles et de la Guyane: 318p + annexes.
- Leile L. A. (1986).** "Contribution à la modélisation des pollutions diffuses agricoles. Études comparative des principaux modèles évaluant l'impact de ces pollutions sur les eaux superficielles." uni. Paris Val-de-Marne ENPC: 51 p. + annexes.
- Lal R. (2000). "Rationale for watershed as a basis for sustainable management of soil and water resources. In Integrated watershed management in the global ecosystem." CRC Press: p: 3-16.
- Le Grusse P. (2001).** Du "local" au "global": les dynamiques agro-alimentaires territoriales face au marché mondial. Quels instruments d'aide à la décision pour l'élaboration de stratégies territoriales. In : Padilla M. (ed.), Ben Saïd T. (ed.), Hassainya J. (ed.), Le Grusse P. (ed.). *Les filières et marchés du lait et dérivés en Méditerranée : état des lieux, problématique et méthodologie pour la recherche.* Montpellier : CIHEAM, 2001. p. 239-257.
- (Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches; n. 32).
<http://om.ciheam.org/om/pdf/b32/CI011674.pdf>
- Le Grusse P., Belhouchette H., Le Bars M., Carmona G. et Attonaty J.-M. (2007).** "Participative modelling to help collective decision-making in water allocation and nitrogen pollution "Application to the case of the Aveyron-Lère Basin". International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology 5 (2-3): 247-271.
- Mignolet M. et Guiot S. (1995).** "Politiques régionales et coût du capital : un outil d'évaluation, Région et développement économique " n° 1: p. 91-121.
- Levy J. et Lussault M. (2003).** "Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés." Paris, Ed. Belin.
- Meybeck M. (1995).** "Global lake distribution." In : A. Lerman, D. Imboden, J. Gat (eds) *Physics and Chemistry of Lakes.* Springer-Verlag: 1-35.
- Papy L. (2001).** "Interdépendance des systèmes de culture dans l'exploitation agricole. In : Malézieux E, Trébuil G, Jaeger M, eds. *Modélisation des agro-écosystèmes et aide à la décision.* Collection Repères. Paris : Montpellier : Éditions Cirad-Inra.
- Perrot C. et Landais E. (1993).** "Exploitations agricoles : pourquoi poursuivre sur la recherche sur les méthodes typologiques ? ." *Les Cahiers de la Recherche Développement* 33: 13-23.
- Sebillotte M. (1974).** "Agronomie et agriculture, analyse des tâches de l'agronomie." *Cahiers. ORSTOM, série biologie*, 24: p: 3-25.
- Tortrat F. (2005).** "Modélisation orienté décision des processus de transfert par ruissellement et subsurface des herbicides dans les bassins versants agricoles." Thèse de doctorat Agrocampus Rennes.
- Turpin N., Bouraoui F. et Tranvoiz M. (1999).** "Pratiques agricoles et qualité de l'eau dans un petit bassin d'élevage intensif -Une expérience pilote réalisée dans le cadre du contrat de baie " Rade de Brest ". " *Ingénieries EAT* 19: p: 19-30.

Mots-clés : *gestion intégrée, territoire, modélisation, intelligence territoriale.*

**LISTE DES OPERATIONS DE VALORISATION ISSUES DU CONTRAT (ARTICLES DE
VALORISATION, PARTICIPATIONS A DES COLLOQUES, ENSEIGNEMENT ET FORMATION,
COMMUNICATION, EXPERTISES...)**

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Publications scientifiques parues

Articles publiés

Ayadi H., Le Bars M., Le Grusse Ph., Mandart E., Fabre J., Bouaziz A., Bord J-P. (2013) SimPhy: a simulation game to lessen the impact of phytosanitaires on health and the environment – The case of Merja Zerga in Morocco, *Environmental Science and Pollution research*, ISSN 0944-1344, Environ Sci Pollut Res DOI 10.1007/s11356-013-2244-2.

Actes Congrès

Mghirbi O., Ellefi K, Le Grusse Ph., Fabre J., Mandart E., Ayadi H., Bord J-P.(2013). Corrélation et antinomie entre risque environnemental et risque santé humaine dans les pratiques phytosanitaires : des indicateurs d'évaluation pour gérer les risques. *Actes 43^e congrès du Groupe Français des Pesticides, 29-31 mai 2013, ALBI.* (Soumis in *Environmental Science and Pollution research*)

Ayadi H., Le Grusse Ph., Mandart E., Fabre J., Bouaziz Ahmed (4) , Bord Jean-Paul (2) (2013). Evaluation de l'iniquité spatiale de la pollution phytosanitaire diffuse sur la « santé environnementale des agriculteurs »: couplage d'indicateurs de pression et de toxicité avec un SIG : Une application sur le bassin versant de la Merja Zerga au Maroc. *Actes 43^e congrès du Groupe Français des Pesticides, 29-31 mai 2013, ALBI.*

Le Grusse Ph., Ayadi H., Mouileh Z., Mandart E., Le Bars M., Rio P., Bouaziz A., Bord J.-P. (2012). Jeu de simulation pour une gestion concertée de la pollution phytosanitaire au niveau d'un bassin versant agricole : cas de la Merja Zerga au Maroc. 7 p. 42. *Congrès du Groupe Français des Pesticides : Nouveaux Enjeux et Stratégies Novatrices pour la Protection des Plantes Cultivées dans un Contexte de Développement Durable, 2012/05/30-2012/06/01, Poitiers (France). Session 1 : Approches innovantes pour la réduction des doses appliquées.*

Ayadi H., Le Grusse Ph., Fabre J , Mandart E., Bouaziz A., Bord J-P, (2012). Indicateurs et diagnostic de la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricoles: construction d'un indicateur de risque de toxicité environnementale (IRTE) . *Congrès du Groupe Français des Pesticides : Nouveaux Enjeux et Stratégies Novatrices pour la Protection des Plantes Cultivées dans un Contexte de Développement Durable, 2012/05/30-2012/06/01, Poitiers (France).*

Ayadi H, Le Grusse P, Mandart E, Fabre J, Bouaziz A, Bord J-P (2011). Indicateurs et démarche de gestion collective des risques phytosanitaires au niveau d'un bassin versant agricole en amont d'une zone humide Ramsar. *Actes du 41^e congrès scientifique du GFP. Mai 2011 Orléans .*

Mandart E, Le Grusse Ph, Ayadi H, Fabre J and Attonaty J-M (2010) - Un indicateur de risque de toxicité des pesticides en « santé humaine » comme paramètre d'un outil d'aide à la décision en production agricole: application à un territoire du sud-ouest de la France. *Actes du 40^e congrès scientifique du GFP : Pesticides et environnements méditerranéens. 26-28 mai 2010 Banyuls sur Mer.*

Publications scientifiques à paraître

Articles in « review »

Mghirbi O., Ellefi K., Le Grusse Ph, Mandart E., Fabre J., Ayadi H., Bord J.P, (2014). Assessing plant protection practices using pressure indicator and toxicity risk indicators: Analysis of the relationship between these indicators for improved risk management, application in viticulture. In Environmental Science and Pollution research.

Actes Congrès à paraître

Le Grusse Ph., Mandart E., Ayadi H., Mghirbi O., Ellefi K., Trabelsi M., Fabre J., Bord J.P, (2014). Gestion intégrée des pesticides et Intelligence Territoriale , Actes du 44 ème Congrès du GFP Groupe Français des Pesticides à Fort de France Martinique Université Antilles Guyane Complexe de Schoelcher, 26-29Mai2014.

Trabelsi M. , Mandart E., Le Grusse Ph, Bord J.P , (2014) . Réduction des pesticides : Une réflexion sur l'évaluation de l'efficacité des processus de transition « agroécologique, Actes du 44 ème Congrès du GFP Groupe Français des Pesticides à Fort de France Martinique Université Antilles Guyane Complexe de Schoelcher, 26-29Mai2014.

Publications scientifiques prévues

COLLOQUES

Participations passées à des colloques / Congrès

Mghirbi O, Le Grusse Ph., Bord J.P, (2014). Resilience and risk management: application to farms in the Etang de l'Or catchment area (Mauguio, Hérault). Third International Science and policy Conference on the resilience of social & ecological systems, Montpellier, France, 4-8 Mai 2014.

Lecouteux-Glomot K., Chubilleau C., Leonard S., Le Grusse Ph, Mandart E., Defossez G., Ingrand P., Ben-Brik E., (2014). Maladie de Parkinson : apport de la consultation de pathologies professionnelles et environnementales de Poitiers dans la caractérisation des matières actives d'intérêt. Archives des maladies Professionnelles et de l'Environnement , Volume 75, Issue 3, Supplement June 2014 Pages S25-S26, 33 eme Congrès National Santé Travail Lille 2014.

Le Grusse Ph., Mandart E., Ayadi H., Mghirbi O., Ellefi K., Trabelsi M., Fabre J., Bord J.P, (2014). Gestion intégrée des pesticides et Intelligence Territoriale , Actes du 44 ème Congrès du GFP Groupe Français des Pesticides à Fort de France Martinique Université Antilles Guyane Complexe de Schoelcher, 26-29Mai2014.

Trabelsi M. , Mandart E., Le Grusse Ph, Bord J.P , (2014) . Réduction des pesticides : Une réflexion sur l'évaluation de l'efficacité des processus de transition « agroécologique, Actes du 44 ème Congrès du GFP Groupe Français des Pesticides à Fort de France Martinique Université Antilles Guyane Complexe de Schoelcher, 26-29Mai2014.

Mghirbi O, Ellefi K., Le Grusse Ph., Mandart E., Fabre J., Bord J.P, (2014). Indicateurs pour la gestion des risques liés aux pratiques phytosanitaires, 2ème colloque national «Contaminants, Environnement et Santé» Thématique Pesticides de l'ANCSEP (l'Agence Nationale de Contrôle Sanitaire et Environnemental des Produits) , 28 et 29 avril 2014 à Hammamet Tunisie.

Ellefi K., Mghirbi O., Le Grusse Ph., Mandart E., Fabre J., (2014). Modèle de simulation pour la réduction de l'utilisation des pesticides sur un bassin versant côtier au Sud-Est de la France , 2ème colloque national «Contaminants, Environnement et Santé» Thématique Pesticides de l'ANCSEP (l'Agence Nationale de Contrôle Sanitaire et Environnemental des Produits) , 28 et 29 avril 2014 à Hammamet Tunisie.

Mghirbi O., Ellefi K, Le Grusse Ph., Fabre J., Mandart E., Ayadi H., Bord J-P.(2013). Corrélation et antinomie entre risque environnemental et risque santé humaine dans les pratiques phytosanitaires : des indicateurs d'évaluation pour gérer les risques. Actes 43^e congrès du Groupe Français des Pesticides, 29-31 mai 2013, ALBI.(Soumis in Environmental Science and Pollution research)

Ayadi H., Le Grusse Ph., Mandart E., Fabre J., Bouaziz Ahmed (4) , Bord Jean-Paul (2) (2013). Evaluation de l'iniquité spatiale de la pollution phytosanitaire diffuse sur la « santé environnementale des agriculteurs »: couplage d'indicateurs de pression et de toxicité avec un SIG : Une application sur le bassin versant de la Merja Zerga au Maroc. Actes 43^e congrès du Groupe Français des Pesticides, 29-31 mai 2013, ALBI.

Le Grusse Ph., Ayadi H., Mouileh Z., Mandart E., Le Bars M., Rio P., Bouaziz A., Bord J.-P. (2012). Jeu de simulation pour une gestion concertée de la pollution phytosanitaire au niveau d'un bassin versant agricole : cas de la Merja Zerga au Maroc. 7 p. 42. Congrès du Groupe Français des Pesticides : Nouveaux Enjeux et Stratégies Novatrices pour la Protection des Plantes Cultivées dans un Contexte de Développement Durable, 2012/05/30-2012/06/01, Poitiers (France). Session 1 : Approches innovantes pour la réduction des doses appliquées.

Ayadi H., Le Grusse Ph., Fabre J , Mandart E., Bouaziz A., Bord J-P, (2012). Indicateurs et diagnostic de la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricoles: construction d'un indicateur de risque de toxicité environnementale (IRTE) . Congrès du Groupe Français des Pesticides : Nouveaux Enjeux et Stratégies Novatrices pour la Protection des Plantes Cultivées dans un Contexte de Développement Durable, 2012/05/30-2012/06/01, Poitiers (France).

Ayadi H, Le Grusse P, Mandart E, Fabre J, Bouaziz A, Bord J-P (2011). Indicateurs et démarche de gestion collective des risques phytosanitaires au niveau d'un bassin versant agricole en amont d'une zone humide Ramsar. Actes du 41^e congrès scientifique du GFP. Mai 2011 Orléans .

Mandart E, Le Grusse Ph, Ayadi H, Fabre J and Attonaty J-M (2010) - Un indicateur de risque de toxicité des pesticides en « santé humaine » comme paramètre d'un outil d'aide à la décision en production agricole: application à un territoire du sud-ouest de la France. Actes du 40^e congrès scientifique du GFP : Pesticides et environnements méditerranéens. 26-28 mai 2010 Banyuls sur Mer.

Participations futures à des colloques

THESES

Thèses Doctorat passées

Ayadi –Hajji H., (2013). Outils de gestion de la pollution phytosanitaire diffuse au niveau d'un territoire : Cas d'application à la zone humide Ramsar de la Merja Zerga au Maroc. Doctorat en Géographie et aménagement de l'espace soutenu le 12 Décembre 2013 à l'Université Montpellier III.

Thèses Doctorat en cours.

Mghirbi O.. Résilience des exploitations agricoles sous contrainte de réduction des risques de toxicité liés aux pratiques phytosanitaires : Cas du bassin versant de l'étang de l'Or. Doctorat en Géographie et aménagement de l'espace de l'Université Montpellier III.

Trabelsi M. . Indicateurs et méthodes d'évaluation des processus de transition Agro-écologique au niveau d'un territoire. Doctorat en Géographie et aménagement de l'espace de l'Université Montpellier III.

Thèses Master of Science passées

Variabilité des pratiques agricoles et limitation de la pollution de la pollution par les produits Phytosanitaires, MOULEH Zouhair, Mai 2012. *Master of Science CIHEAM-IAMM, sous la direction de Philippe Le Grusse .*

Comparaison des pratiques phytosanitaires dans différents systèmes de culture : « Application à la plaine de la Mitidja », Mai 2012. *Master of Science CIHEAM-IAMM, sous la direction de Philippe Le Grusse et Mohamed Siouane.*

Gestion du risque environnemental des produits Phytosanitaires lié à la variabilité des sols. Application sur des systèmes de production de l'Étang de l'Or, SALAH Djamila, Septembre 2011. *Master of Science CIHEAM-IAMM, sous la direction de Philippe Le Grusse . (Une application du modèle PEARL « Pesticide Emission Assessment at Regional and Local scales » ,Leistra et al. (2000) :Leistra, M ., A.M.A. van der Linden, J.J.T.I. Boesten, A. Tiktak and F. van den Berg. 2000. PEARL model for pesticide behaviour and emissions in soil-plant systems. Description of processes. Alterra report 013, Alterra, Wageningen, the Netherlands.)*

Essai d'évaluation de la variation interannuelle de l'usage des pesticides à l'aide d'indicateurs de pression et de toxicité pour l'homme. Cas d'application : Bassin Versant de l'Étang de l'Or, GAFSI Fadia, Mai 2011. *Master of Science CIHEAM-IAMM, sous la direction de Elisabeth Mandart et Philippe Le Grusse ..*

Contribution au développement d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des pratiques Phytosanitaires : Analyse de la pertinence d'un indicateur de risque des pesticides sur la santé humaine. Cas d'application : Le Bassin versant de l'Étang de l'Or, HAMDJ Mourad , Décembre 2011. *Master of Science CIHEAM-IAMM, sous la direction de Elisabeth Mandart*

Mémoires Master 2 soutenus

Evaluation et jeu de simulation des pratiques phytosanitaires pour la gestion des pesticides : Cas du bassin versant de l'Étang de l'Or ABBACI Bousaad, Septembre 2013. *Master 2 (GAT - Gestion agricole et territoires) sous la direction de Philippe Le Grusse et Elisabeth Mandart.*

Évaluation des risques d'impacts écotoxicologiques des pratiques phytosanitaires sur le bassin versant de l'étang de l'Or , MANAMANNI Rym, Septembre 2013. *Master 2 (GAT - Gestion agricole et territoires) sous la direction de Philippe Le Grusse et Elisabeth Mandart.*

Évaluation de deux méthodes de calcul de la pression phytosanitaires liée à la pollution diffuse d'origine agricole , MOUCHENE Malika (Cas des territoires de l'Étang de l'or (Hérault) et de la Lomagne Tarn et ,Garonnaise), Septembre 2012. *Master 2 (GAT - Gestion agricole et territoires) sous la direction de Elisabeth Mandart.*

Résilience des exploitations agricoles sous contrainte de réduction des risques de toxicité liés aux pratiques phytosanitaires : Cas d'exploitations arboricoles du bassin versant de l'étang de l'Or, MGHIRBI Oussama, Septembre 2012. *Master 2 (GAT - Gestion agricole et territoires) sous la direction de Philippe Le Grusse .*

Analyse des pratiques phytosanitaires agricoles sur le bassin versant de l'Étang de l'Or, ELLEFI Kamel, Septembre 2012. *Master 2 (GAT - Gestion agricole et territoires) sous la direction de Philippe Le Grusse et Elisabeth Mandart.*

ARTICLES DE VALORISATION-VULGARISATION

Articles de valorisation parus

Le Grusse Philippe (1), Mandart Elisabeth (1, 3), Ayadi Habiba (1, 2) Fabre Jacques (4) (2013). L'indicateur de risque de toxicité humaine (IRTH) . Séminaire « Phyto Santé tous concernés » Chambre d'Agriculture Régionale Poitou Charentes 17 Décembre Lycée Agricole de Poitiers-Venours
http://www.poitou-charentes.chambagri.fr/fileadmin/publication/CRA/20_Ecophyto/Documents/S3_IRTH_Le_Grusse_171212.pdf
repris in :

<http://www.scoop.it/t/protection-phytosanitaire-des-fruits-et-legumes/p/3996502481/2013/02/11/pesticides-l-indicateur-de-risque-de-toxicite-humaine-irth>

Article de Véronique Bargain : Réussir lait Février 2013
<http://www.pleinchamp.com/elevage/bovins-lait/actualites/mise-au-point-d-un-indicateur-de-risque-de-toxicite-humaine-des-produits-phytosanitaires>
<http://lait.reussir.fr/actualites/produits-phytosanitaires-mise-au-point-d-un-indicateur-de-risque-de-toxicite-humaine:BKYBL48F.html>

Articles de valorisation à paraître

Articles de valorisation prévus

AUTRES ACTIONS VERS LES MEDIAS

Actions vers les médias
(interviews...) effectuées
Actions vers les médias prévues

ENSEIGNEMENT - FORMATION

Enseignements/formations dispensés

Cours sur la gestion des pesticides au niveau des itinéraires techniques et au niveau d'un territoire dispensé dans le cadre du Master GAT « Gestion Agricoles et Territoires ». Spécialité de Master co-habilité entre le CIHEAM-IAMM et l'Université Montpellier III dans le cadre de la Mention IGT Ingénierie et Gestion des Territoires.

Enseignements/formations prévus

Formation dans des cursus universitaires et formation continue pour techniciens et agriculteurs.

EXPERTISES

Expertises menées

2013

Application au niveau médical de l'IRSA

Première expérimentation pour l'analyse de l'exposition brute à des matières actives de pesticides en terme de risques de santé sur une vingtaine d'année sur des cas agriculteurs atteints de la maladie de parkinson . Analyse effectuée avec le logiciel EtoPhy avec l'IRSA (Indicateur Santé Applicateur) et des sous indicateurs en collaboration avec l'unité de consultation de pathologies professionnelles et environnementale (UCPPE) de Poitiers, CHU de Poitiers dirigée par le Dr Ben-Brik.(Communication 33 eme Congrès National Santé Travail Lille Juin 2014).

Powerpoint de la présentation au Séminaire « Phyto Santé tous concernés » de septembre 2013 organisé par la Chambre d'Agriculture Régionale Poitou Charentes.

2014

Expertise au niveau de pratiques agricoles en grandes cultures.

Nous participons depuis début 2014 à un projet CAS-DAR « Mobilisation collective pour l'agro-écologie » « Post MAET Gimone » porté par la coopérative Qualisol de Castelsarrasin. L'objectif du projet est de poursuivre le travail réalisé avec des agriculteurs s'étant engagés en 2008 et 2009 dans une MAET DCE « réduction progressive de l'utilisation des produits phytosanitaires », pour améliorer la qualité de l'eau d'un bassin d'alimentation de captage classé Grenelle. L'objectif sera aussi d'appuyer le futur Plan d'Action Territorial (réduction de la pression phytosanitaire et nitrate, pollutions ponctuelles et diffuses). En prenant ainsi en compte toutes les problématiques d'une exploitation, nous proposerons une approche globale du système de culture. Côté économique, la prise en compte de tous les postes de charges et la recherche de valorisation des productions (issues des agriculteurs impliqués dans cette démarche agro-écologique) auront pour but de pérenniser ces changements au sein d'un collectif représenté par la coopérative Qualisol. Ce projet préparera la mise en place des futurs Groupements d'Intérêts Economiques et Environnementaux.

Actions prévues :

Les actions prévues vont permettre de traiter 5 problématiques différentes mais complémentaires :

- valoriser les productions issues des agriculteurs engagés dans une démarche agro-écologique basée sur des rotations supérieures à 2 ans,
- diminuer et optimiser l'utilisation de l'ensemble des produits phytosanitaires par des techniques innovantes,
- sensibiliser au changement par l'utilisation de nouveaux indicateurs en complément de l'Indice de Fréquence de Traitement,
- améliorer l'efficacité de la fertilisation azotée,
- mettre en place des techniques culturales et des infrastructures paysagères limitant le ruissellement des eaux.

Nous participons à l'action 3 et nous avons analysé les itinéraires techniques des parcelles de 15 exploitants agricoles en comparant les indicateurs IFT, IRSA et IRTE , au niveau global des exploitations et par type de culture.

Action 3 : Sensibiliser au changement par l'utilisation de nouveaux indicateurs en complément de l'Indice Fréquence de Traitement.

La diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires peut ne pas être la seule motivation pour l'agriculteur sachant que le collectif a consenti d'importants efforts. A l'extrême, elle est ressentie comme une prise de risque trop importante. L'incitation aux modifications de pratiques doit venir par d'autres approches que la simple diminution globale des IFT.

Nous proposons de tester d'autres indicateurs auprès du groupe :

- IRSA (Indicateurs de Risque « Santé Applicateur »),
- IRTE (Indicateur de Risque de Toxicité Environnementale),

- **INDIGO** (outil d'évaluation des pratiques agricoles sur l'environnement)
Les indicateurs IRSA (Le Grusse et al., 2012) et IRTE (Ayadi et al., 2012) abordent pédagogiquement le risque sur la santé et la toxicité pour l'environnement . Le partenariat entre l'équipe de l'IAM de Montpellier et la coopérative QUALISOL n'est pas nouveau car ces indicateurs ont déjà été testés lors de leur développement chez certaines exploitations engagées dans la MAET. Quelques résultats très intéressants et pédagogiques ont été extraits et seront utilisés pour l'animation Ces deux indicateurs vont être calculés chez les agriculteurs du groupement et comparés à l'IFT

Expertises en cours

A la demande du BNIC Bureau National Interprofessionnel du Cognac
Analyse avec l'IRSA (Indicateur de Risque Santé Appicateur calculé avec le logiciel EtoPhy) de l'évolution des pratiques Phytosanitaires de 52 parcelles de Cognac sur 21 ans .

Poursuite des travaux avec le Pr Ben Brik du CHU de Poitiers.

Expertises prévues

Demandes individuelles d'agriculteurs et de coopératives pour analyser leurs itinéraires techniques en comparant IFT IRSA et IRTE.
Développement en cours d'un service WEB du Logiciel EtoPhy pour répondre aux demandes d'analyse des itinéraires techniques et pour pouvoir simuler différents choix de traitements. (service prévu par abonnement).

METHODOLOGIES (GUIDES...)

Méthodologies produites

Procédure de calcul d'un indicateur de risque de toxicité humaine , Mandart E, Ayadi Habiba, Hamdi Mourad, Le Grusse Ph, Mandart E, Fabre J, 2012. Note Technique 1 du Projet (Documents Internes Confidentiels) (CIHEAM-IAMM/ Diatae)

Procédure de calcul d'un indicateur de risque de toxicité environnementale (IRTE), Ayadi Habiba, Le Grusse Ph, Mandart E, Fabre J, 2012. Note Technique 2 du Projet (Documents Internes Confidentiels) (CIHEAM-IAMM/Diatae).

Méthodologies en cours d'élaboration

Manuel d'utilisation du Logiciel EtoPhy

Méthodologies prévues

Manuel du jeu Simphy et supports pédagogiques : Logiciel Olympe avec des études de cas pour diffusion dans les écoles , institutions de développement agricole..... (Nous sommes à la recherche d'un financement pour ce projet)

AUTRES

Conférences invités

Le Grusse Ph (2013) . Quelles données pertinentes pour quels outils d'aide à la décision ? Séminaire thématique du GTAS 2 *Capteurs et données dans le domaine de l'eau* ; Séance : Acquisition et traitement des données, Modélisation, outils d'aide à la décision, 24 Avril 2013 Ecole des Mines Alès.

Mandart E. , Le Grusse Ph., Ayadi H. ,Fabre J., Mghirbi O., Ellefi K,et Promotion 2012-2013 Master GAT « Gestion Agricole et Territoires » CIHEAM-IAMM. (2013). Les Indicateurs de Risque de Toxicité des pesticides sur la Santé Humaine et l'Environnement et leurs applications .Colloque Université Montpellier 2 Biotrace, Montpellier 30 janvier 2013 Agropolis.

Le Grusse Philippe (1), Mandart Elisabeth (1, 3),Ayadi Habiba (1, 2) Fabre Jacques (4) (2013).L'indicateur de risque de toxicité humaine (IRTH) . Séminaire « Phyto Santé tous concernés » Chambre d'Agriculture Régionale Poitou Charentes 17 Décembre Lycée Agricole de Poitiers-Venours

Posters

Trabelsi M, Mandart E., Le Grusse Ph., Bord J.P, (2014). La transition agro-écologique est-elle une alternative réaliste à l'usage des pesticides ? (Poster), 2ème colloque national «Contaminants, Environnement et Santé» Thématique Pesticides de l'ANCSEP (l'Agence Nationale de Contrôle Sanitaire et Environnemental des Produits), 28 et 29 avril 2014 à Hammamet Tunisie (Premier Prix des présentations du colloque).

Brevets/ Protection de programmes informatiques

Le Grusse Ph, Mandart E, Fabre J (2011). Dépôt à l'Agence de protection des programmes du Logiciel EToPhy « Evaluation de la Toxicité des produits Phytosanitaires » (Développement réalisé dans le cadre d'un partenariat Recherche et Entreprise : CIHEAM-IAMM, CNRS, Diataé) . Dépôt APP n° IDDN.FR.001.060017.000.D.C.2011.000.31500..

RESUMES

En français

RESUME COURT

Dans le cadre d'une démarche participative, le projet Tram a produit un cadre méthodologique, des instruments et des indicateurs permettant de tester les impacts agro-environnementaux et technico-économiques d'une réduction raisonnée de l'utilisation des pesticides au niveau de deux territoires classés zone Ramsar : le bassin de l'Etang de l'Or dans l'Hérault et la Merja Zerga au Maroc.

RESUME LONG

L'impact des produits phytosanitaires sur l'environnement et sur la santé humaine est aujourd'hui au cœur des préoccupations sociales. Faisant suite aux conclusions du Grenelle de l'environnement, un plan « Ecophyto 2018 » de réduction de 50% de l'usage des pesticides dans un délai de dix ans a été élaboré en se fixant comme objectif de maintenir également la production agricole. Nous sommes donc confrontés à la nécessité de gérer une diversité d'impacts, inégalement répartis dans l'espace, avec une diversité d'acteurs de types « Pollueurs diffus » et d'acteurs impactés, auquel s'ajoute une variabilité temporelle des effets. Dans l'objectif de gestion d'une pollution diffuse nous nous trouvons face à la nécessité de gérer un système comportant au minimum cinq dimensions. (Ecosystèmes, Acteurs, Espace, Impacts, Temps). Pour le « gestionnaire », l'objectif serait de concevoir un système d'information sur ces cinq dimensions et de caractériser des relations quantifiables entre ces dimensions pour pouvoir évaluer l'efficacité et l'efficience de mesures correctives, tout ceci de manière dynamique. Les politiques actuelles abordent ces problèmes de manière segmentée sur différentes dimensions. Au niveau des « Pollueurs diffus » par des incitations à la réduction de l'utilisation de la quantité de pesticides. Ces actions de type préventives sont parfois pondérées par la dimension spatiale caractérisée par la vulnérabilité intrinsèque du milieu. La dimension spatiale commence à être abordée également par des actions « curatives » par l'installation de zones tampons visant une épuration au niveau d'exutoires. Les dimensions de diversités d'impacts, de temporalité, et de diversités d'acteurs impactés ne sont jamais utilisées dans ces démarches. De plus la diversité des impacts produits par les « Pollueurs diffus » n'est pas prise en compte. A partir de ce constat, nous avons essayé de concevoir une méthode de gestion intégrée des pesticides sur un territoire (un bassin versant) prenant en compte les cinq dimensions et de formaliser des relations entre ces dernières. L'objectif a été d'élaborer une méthodologie dans le cadre d'une démarche participative, et des instruments permettant d'estimer les impacts sur la santé, l'environnement et l'économie des exploitations d'une réduction raisonnée de l'utilisation des pesticides. Cette approche a été testée sur deux territoires classés zone Ramsar : le bassin de l'Etang de l'Or (petite Camargue) et la Merja Zerga au Maroc. Ces objectifs nécessitant des indicateurs opérationnels de terrain complémentaires à l'IFT pour l'aide à la réflexion sur la gestion des risques phytosanitaires à la fois sur la santé humaine et sur les différents compartiments de l'environnement nous ont conduit à développer des indicateurs permettant d'évaluer les risques phytosanitaires au niveau de la santé humaine principalement de l'applicateur (IRSA) et de

l'environnement (IRTE), nous avons donc développé un logiciel de calcul (EtoPhy) pour ces deux indicateurs de risque des matières actives . Ce logiciel permet de déterminer les indicateurs de risque de toxicité en fonction du type de produit (cible, formulation), des cultures et de l'exposition (dose homologuée ou appliquée). Ces indicateurs sont utilisables à différentes échelles (parcelles, exploitations agricoles, territoire).L'élaboration d'un outil de gestion intégré des pesticides sur un bassin versant s'appuie au départ sur un modèle régional de fonctionnement du bassin avec une plateforme de modélisation⁶.Dans le cadre du projet Tram,nous avons construit deux modèles de bassin par agrégation d'unités spatiales emboîtées .

Ces modèles ont été construits à partir de la répartition spatiale des cultures, une typologie de producteurs et une typologie des pratiques phytosanitaires associée à un calendrier de ces pratiques. Ces pratiques ont été caractérisées par des indicateurs de pression et des indicateurs d'impact sur l'environnement et sur la santé de l'opérateur⁷ (aiguë et chronique) (Ayadi et al, 2012,2013) . Cet outil nous permet d'évaluer l'impact de l'utilisation des pesticides à différentes échelles (parcelle, Exploitations agricoles, communes, sous bassin et bassin) et de déterminer la contribution des différents types de systèmes de production dans la pollution totale. A partir de ce diagnostic, nous avons simulé, en prenant en considération les différents leviers d'action de la parcelle au territoire, des modifications possibles de pratiques phytosanitaires afin d'évaluer les conséquences des différentes situations sur l'ensemble du bassin. L'objectif a été d'évaluer l'impact de nouvelles pratiques phytosanitaires et de disposer d'éléments de réflexion pour l'élaboration des stratégies collectives de gestion, comme l'alternance de l'utilisation des certains produits, la possibilité de proposer des changements dans la répartition spatiale des cultures, l'implantation de zones tampons...

Le premier modèle sur le bassin versant de la Merja Zerga au Maroc, a été orienté vers l'analyse de scénarios de choix d'assolements au niveau spatial et la gestion d'itinéraires techniques à partir d'une typologie d'exploitations types. Nous nous sommes placés dans une gestion annuelle et pluriannuelle pour analyser les impacts sur le milieu comme ci- dessous notamment en terme de pression phytosanitaire (IFT), en terme de risque santé pour les opérateurs (IRSA) et de risque environnemental (IRTE).

Le deuxième modèle sur le bassin versant de l'étang de l'Or en France , a été orienté vers l'analyse de scénarios de gestion des itinéraires techniques au niveau spatial et temporel en terme intra annuel. Nous nous sommes placés dans une gestion intra-annuelle pour analyser les impacts sur le milieu des calendriers de traitement pour repérer les pointes de traitement et évaluer les risques au niveau temporel sur le bassin e. A partir d'une caractérisation spatialisée de la pression nous avons pu ainsi évaluer le calendrier des impacts en terme de risque santé (IRSA) et de risque environnemental (IRTE). A partir de ces modèles de fonctionnement des territoires un jeu de simulation a été développé, SimPhy (Simulation des pratiques phytosanitaires), mettant les acteurs en situation de gestion des exploitations agricoles sous contraintes de réduction des phytosanitaires (quantité et toxicité) et de marché. SimPhy est un jeu piloté (avec des objectifs et des contraintes imposées par l'animateur) composé de deux phases, au cours desquelles un certain nombre de scénarios sont testés, les joueurs étant amenés à décider des assolements et des itinéraires techniques sous contraintes. Dans la première phase, la gestion des exploitations est faite individuellement sans

⁶ Olympe : Plateforme de modélisation agricole : www.olympe-project.net

⁷ **IRSA** : Indice de risque sur la santé de l'opérateur ; **IRTE** : Indice de risque sur l'environnement

concertation entre les joueurs et sous contraintes de type d'années de pression phytosanitaire, de marché et de réglementations. Dans la deuxième phase, la gestion des exploitations est faite collectivement en concertation et avec négociation des règles et des stratégies entre les joueurs.

Le jeu SimPhy permet un dialogue direct avec et entre les acteurs et facilite l'apprentissage de la concertation. Une première application avec les acteurs de terrain a été réalisée sur le terrain de la Merja Zerga qui a donné lieu à une publication⁸. Ce jeu a été également utilisé dans le cadre de formations de Master, et des formations pour des acteurs locaux et des gestionnaires sont envisagées dans le but d'un apprentissage d'une gestion collective des pratiques phytosanitaires sur un territoire.

MOTS-CLES

Zone Ramsar, Démarche participative, Indicateurs de risques, bassin versant, Pesticides

In English

ABSTRACT

Within a participatory approach, the TRam project has produced a methodological framework, instruments and indicators for testing the agro-environmental and techno-economic impacts of a rational reduction of pesticide use in two territories classified Ramsar zone: the basin of the Etang de l'Or in the Hérault and Merja Zerga in Morocco.

The pesticides impacts on environment and on human health are at the heart of social concerns. Following the conclusions of the Grenelle Environment Forum, an environmental plan "Ecophyto 2018", whose objective is to reduce to 50% of the use of pesticide within ten years, has been defined with also a goal to maintain agricultural production. We are therefore faced with the need to manage a variety of impacts, unequally distributed in space, with a variety of stakeholder types "diffuse Polluters" and "impacted stakeholders, in a temporal variability of effects. In order to manage diffuse pollution in spatial approach, we must manage a system including at least five dimensions (Ecosystems, Stakeholders, Space, Impacts, Time). For the "Manager", the objective is to build an information system on these five dimensions and characterize quantifiable relationships between these dimensions in order to assess the efficiency and effectiveness of corrective measures, all this in a dynamic process. Current policies manage these issues in a segmented approach of the different dimensions, as for the "diffuse Polluters", by incentives to reduce the use of the amount of pesticides. These preventive actions are sometimes weighted by the spatial dimension characterized by the inherent vulnerability of the environment. The spatial dimension starts being addressed by "curative" actions to increase degradation of pesticides in the environment. The diversity of impacts, temporality, and the diversity of affected stakeholders are never used in these processes. Moreover, the diversity of impacts produced by the "diffuse Polluters" is not taken

⁸ Ayadi H., Le Bars M., Le Grusse Ph., Mandart E., Fabre J., Bouaziz A., Bord J-P. (2013) SimPhy: a simulation game to lessen the impact of phytosanitaries on health and the environment – The case of Merja Zerga in Morocco, Environmental Science and Pollution research, ISSN 0944-1344, Environ Sci Pollut Res DOI 10.1007/s11356-013-2244-2.

into account. Based on that observation, we tried to devise a method of integrated pest management on an area (watershed), taking into account the five dimensions, and to formalize relationships between them. The objective was to develop a methodology through a participatory approach, as well as instruments to estimate the impacts on health, environment and economy of action to reduce pesticide use. This approach was tested on two territories classified Ramsar zone: the watershed of the Etang de l'Or (Camargue) and Merja Zerga in Morocco. These objectives, which require additional field operational indicators to IFT for using reflection on the management of pesticide risks on human health and environmental compartments, led us to develop indicators for evaluating pest risks at these different levels: a human health risk indicator (IRSA) and an environmental risk indicator (IRS). We therefore developed software (EtoPhy) for these two risk indicators of active ingredients. This software enables to determine risk indicators of toxicity depending on the type of product, cultures and exposure (dose approved or applied). These indicators are usable at different scales (plots, farms, land). The development of an integrated management tool of pesticides on a watershed is based initially on a regional operating model with a modeling platform. Within the frame of the TRam project, we have built two models of watershed by nested spatial aggregation unit. These model was built from the spatial distribution of cultures, a typology of farmers and a typology of pesticide use practices, associated with calendar of these practices. These practices were characterized by pressure indicators and indicators of impact on the environment and on the health of the applicator (acute and chronic) (Ayadi et al, 2012, 2013). This tool enables us to assess the impact of pesticide use on different scales (plot, Farms, municipalities, sub-basin and basin) and to determine the contribution of different types of production systems in total pollution. Based on this analysis, and taking into consideration the different levers of the plot territory, we simulated possible changes in pest management practices in order to assess the impact of different situations throughout the watershed. The objective was to evaluate the impact of new plant protection practice and to have elements of reflection for the development of collective management strategies, like alternating the use of pesticide, the possibility of offering changes in the spatial distribution of crops, the establishment of buffer zones ...The first model on the watershed Merja Zerga in Morocco, has been directed towards the analysis of scenarios choosing spatial crop rotation and management of crop from a typology of model farms. Our approach was an annual and multi-year plan to analyze the impacts on the environment as below, particularly in terms of pest pressure (IFT), in terms of health risk to applicators (IRSA) and environmental risk (IRTE).The second model in the watershed of "Etang de l'Or" in France, has been directed towards the analysis of management scenarios at spatial and temporal level, in intra-year terms. We positioned in an intra-annual management in order to analyze the impacts on the environment of treatment schedules so as to identify spikes treatment and assess risks at temporal level. From a spatial characterization of the pressure we were able to estimate the timing of impacts in terms of health risk (IRSA) and environmental risk (IRTE).With these models of territories operation, a simulation game was developed SimPhy (Simulation phytosanitary practices), putting the actors in a situation of farm management under stress reduction plant (quantity and toxicity) and market. SimPhy is a controlled game (with objectives and constraints imposed by the facilitator) consisting in two phases, during which a number of scenarios are tested, players are asked to decide cropping plans and crop management under constraints. In the first phase, the farm management is done individually without consultation between the players and under constraints in type of years of pest pressure and market regulations. In the second phase, farm management is done collectively in consultation and negotiation of rules and strategies between the players. The game SimPhy allows direct dialogue with and between stakeholders and facilitates collective bargaining. A first application with the stakeholders has been conducted in the watershed of Merja Zerga

and led to a publication. This game was also used in the training of Master program, and training for local stakeholders and managers are considered with the purpose of learning a collective management of phytosanitary practices in a watershed.

KEY WORDS

Ramsar area, participatory approach, Risk indicators, watershed, Pesticide