

# Indicateurs et démarche de gestion collective des risques phytosanitaires au niveau d'un bassin versant agricole en amont d'une zone humide Ramsar

Ayadi Habiba (1, 2), Le Grusse Philippe (1) Mandart Elisabeth (1, 3), Fabre Jacques (4), Bouaziz Ahmed (5), Bord Jean-Paul (2)

(1) CIHEAM-IAMM : Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier, 3191 Route de Mende, 34093 Montpellier cedex 5 - [ayadi@iamm.fr](mailto:ayadi@iamm.fr); (2) UM3, Route de Mende, 34199 Montpellier cedex 5 ; (3) CNRS, 1919 Route de Mende 34293 Montpellier cedex 5 ; (4) DIATAE, 3191 Route de Mende, 34093 Montpellier cedex 5 ; (5) IAV Hassan II, BP 6202-Instituts, 10101-Rabat, MAROC

La France est le troisième consommateur mondial de phytosanitaires et se situe au premier rang au niveau européen avec 34 % des consommations de l'Europe des 15. L'agriculture à elle seule représente 90 % de ces utilisations (1). Des études faites par l'IFEN (2, 3, 4, 5) font état d'une contamination des masses d'eaux souterraines (sur 61% des points de mesures) et de surface (sur 96% des points de mesure) par une ou plusieurs substances phytosanitaires. D'autres études ont prouvé que les molécules phytosanitaires sont la cause de la disparition de nombreuses espèces animales et végétales de grand intérêt écologique, telles que les abeilles domestiques (6 ; 7, 8). Par ailleurs les phytosanitaires sont à l'origine d'un grand nombre d'intoxications aiguës et chroniques pour l'homme (9).

Pour mener une politique de prévention de la pollution phytosanitaire, il est nécessaire de disposer de critères d'évaluation des risques phytosanitaires. Les politiques actuelles de réduction des produits phytosanitaires, tel que le Plan Ecophyto 2018, utilisent essentiellement des indicateurs « de pression » dont l'Indicateur de Fréquence de Traitement (IFT)<sup>1</sup> (10), le NOMBRE de Doses Unités (NODU) et l'indicateur « Quantité de Substances Actives (QSA) » (11). Ce type d'indicateurs basé sur la pression par quantité de phytosanitaire ne reflète pas les risques liés à la toxicité des produits sur la santé humaine et l'environnement et n'intègrent pas la gestion spatiale des systèmes de production permettant de pondérer les risques. En complément aux indicateurs de pression, des indicateurs dits d'impacts ont été développés devant permettre d'évaluer les risques des pesticides sur l'environnement. Ils sont fondés sur le calcul par intégration de plusieurs facteurs: les pratiques agricoles, les écotoxicités sur la biodiversité et les caractéristiques du sol ou d'une masse d'eau (12; 13, 14, 15 ; 16). L'état des lieux des indicateurs disponibles a montré que la majorité des indicateurs environnementaux développés sont calculés à partir d'une charge de phytosanitaires surfacique et ne tiennent pas compte de la spécificité des matières actives et de leur toxicité (16); D'autres études ont montré que ces indicateurs sont spécifiques à un seul organisme non-cible ou à un seul compartiment naturel (17). La littérature montre ainsi le manque d'indicateurs globaux (prenant en compte les risques sur la santé humaine et la biodiversité, la mobilité, la persistance dans le sol, la bioaccumulation...), génériques, simples et modulable. L'objectif de développer un outil d'aide à la réflexion sur la pollution phytosanitaire nous a conduit à rechercher un indicateur permettant d'évaluer les risques phytosanitaires, utilisable comme paramètre dans des outils interactifs d'aide à la réflexion au niveau d'un territoire dans le cadre d'une approche participative. Les zones humides sont par ailleurs des zones très sensibles à la pollution, et les plus importantes en terme de biodiversité sont protégées par la convention Ramsar.

Nous avons choisi d'étudier deux bassins versant à l'amont de zones humides (projet « TRam »<sup>2</sup>), l'Etang de l'Or et la Merja Zerga, qui sont associées dans un processus de jumelage et situées respectivement sur la rive nord de la méditerranée au sud-est de la France et sur la rive sud de la méditerranée sur la cote atlantique du Maroc. Ces deux zones humides sont situées à l'aval de bassins à forte production agricole intensive. Nous élaborons une méthodologie interdisciplinaire permettant l'évaluation des risques phytosanitaires sur la santé humaine, la biodiversité et l'environnement, en calculant deux indicateurs modulables suivant l'échelle spatiale (la parcelle culturale, l'exploitation agricole, le bassin versant, le territoire régional) et le pas de temps (épisode pluvieux, cycle cultural, année agronomique, rotation culturale, etc). Un des objectifs est de prendre en compte l'iniquité spatiale en termes de propension à polluer caractérisée par la localisation géographique d'une culture associée à une pratique culturale au niveau d'un bassin versant. Cette recherche se veut "générique" en termes de méthodologie de gestion concertée. Elle repose sur les complémentarités des systèmes de production au niveau d'un territoire. Sa conception est fondée sur le couplage de modèles (18): nous utilisons d'une manière conjointe et interactive les fonctionnalités des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), d'indicateurs de risques

<sup>1</sup> <http://agriculture.gouv.fr/sections/thematiques/environnement/prevention-des-pollutions/produits-phytosanitaires6167/produits-phytosanitaires/>

<sup>2</sup> Tram : Gestion de la Toxicité en zone Ramsar. Projet retenu APR Pesticide 2009 MEDDTL

pour la santé et l'environnement et d'un modèle technico-économique. Cette méthodologie permet d'intégrer un grand nombre de données parfois de grande hétérogénéité du fait que la modélisation participative constitue un support aux processus collectifs de décision (19, 20).

Nous travaillons en collaboration avec des acteurs de terrain qui sont partie prenante dans le processus de conception et de validation de notre méthodologie. Tout d'abord, nous avons développé un Indicateur de Risque de Toxicité pour l'Homme IRTH (21) en se basant sur des travaux Norvégiens<sup>3</sup> et Québécois<sup>4</sup>. L'IRTH est un indicateur à notation, générique et modulable suivant le cas d'application. Il évalue la toxicité aiguë et chronique des produits phytosanitaires 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. Pour faciliter les calculs de l'IRTH, un logiciel de calcul « EToPhy<sup>5</sup> » a été développé.

Dans le cadre d'une première évaluation de la toxicité des phytosanitaires sur la santé humaine, les données issues d'enquêtes réalisées en 2010 et 2011 au niveau de l'exploitation du bassin versant de l'Étang de l'Or ont permis la comparaison de l'IFT et de l'IRTH au niveau du produit commercial, de la parcelle culturale et de l'exploitation agricole. Nous avons montré que, pour un grand nombre de cultures, la part de l'IFT d'un produit commercial dans l'itinéraire technique ne reflète pas sa part au niveau du risque de toxicité pour l'homme dans l'ensemble du risque de l'itinéraire : la figure 1 présente le cas d'une parcelle de pommier.

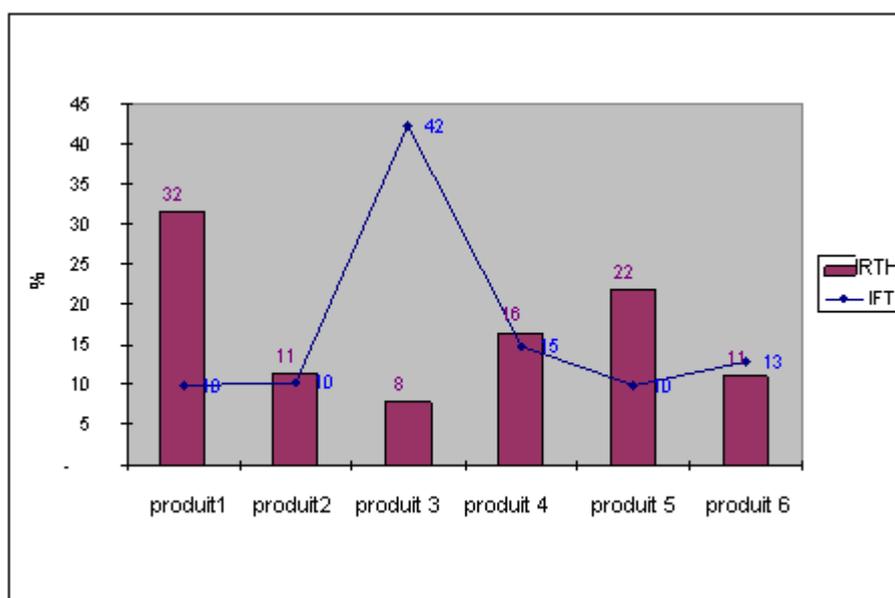


Figure 1 : comparaison des IFT et des IRTH des herbicides utilisés sur une parcelle de pommier (source : nos enquêtes)

L'histogramme et la courbe présentés dans la figure 1 permettent d'apprécier la valeur de l'IFT et de l'IRTH de chaque herbicide utilisé sur une parcelle de pommier. Les valeurs indiquées en pourcentages représentent les parts relatives des IFT et IRTH de chaque herbicide dans la valeur des IFT et IRS totaux de la parcelle de pommier. La figure n°1 montre que le produit 1 a un IRTH élevé mais son IFT est faible alors que le produit 3 a un IRTH faible mais son IFT est très élevé.

Avec la même méthodologie<sup>3,4</sup>, nous développons actuellement un Indicateur de Risque de Toxicité Environnementale (IRTE). Cet indicateur tient compte de plusieurs variables propres à une matière active, son utilisation et l'environnement récepteur. L'IRTE est la somme de six variables évaluant les impacts écotoxicologiques sur les organismes vivants non-cibles (des invertébrés terrestres (T), les oiseaux (O), les organismes aquatiques (A)) et les comportements physicochimiques dans le milieu récepteur (Mobilité (M), Persistance dans le sol (P) et Bioaccumulation (B)). Il attribue à ces variables un poids avant de les intégrer au calcul. L'IRTE est un indicateur à notation générique, modulable suivant les pratiques phytosanitaires, l'échelle spatiale et les conditions du milieu physique.

<sup>3</sup> [http://landbrukstilsynet.mattilsynet.no/dokument\\_eng.cfm?m\\_id=201&d\\_id=1221/](http://landbrukstilsynet.mattilsynet.no/dokument_eng.cfm?m_id=201&d_id=1221/)

<sup>4</sup> <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/>, <http://www.mddep.gouv.qc.ca/>, <http://www.inspq.qc.ca/>

<sup>5</sup> Logiciel EToPhy dépôt APP n° IDDN.FR.001.060017.000.D.C.2011.000.31500

Pour mieux intégrer les paramètres du milieu récepteur de la pollution phytosanitaire dans le calcul de l'IRTE, nous avons procédé à une caractérisation de vulnérabilité des milieux physiques du bassin versant de l'étang de l'OR et de celui de la Merja Zerga, en utilisant les fonctionnalités d'un système d'information géographique (SIG). Nous avons déterminé pour chacun des bassins versants le réseau hydrographique et le chemin de l'eau, à partir d'un fond topographique. Nous avons ensuite calculé les pentes et leurs expositions à partir d'un modèle numérique terrain (MNT) à un pas de 25 mètres. Ces composantes du relief associées aux caractéristiques pédologiques constituent des facteurs qui conditionnent le transfert des polluants entre les parcelles culturales. Nous avons superposé les couches réseau hydrographique, de pente et le parcellaire agricole et à partir de cette base de données (SIG), nous avons ainsi déterminé les distances séparant une parcelle culturale d'un réseau hydrographique. Le calcul de la distance entre une parcelle et un cours d'eau est une étape indispensable. Cette distance constitue un paramètre d'entrée dans le calcul de l'IRTE.

Une classification des parcelles agricoles suivant leurs vulnérabilités aux transferts des polluants par une hiérarchisation des caractéristiques de leurs reliefs tels que l'exposition, la pente et la localisation géographique dans le bassin versant est en cours.

Pour évaluer la viabilité des exploitations suite à une réduction des phytosanitaires ou le changement de pratiques agricoles, nous couplons un modèle agro-économique permettant de représenter l'activité agricole à l'échelle individuelle et collective sur le bassin versant de l'Etang de l'Or et de la Merja Zerga. Ce dernier doit permettre aux agriculteurs de mesurer les impacts économiques des choix stratégiques des exploitations agricoles, à l'échelle individuelle, et /ou dans une démarche collective (22).

Dans le cadre des séances de simulation avec les acteurs nous procéderons à une validation de la méthodologie, la construction de différents scénarios, une discussion des résultats obtenus et au choix de scénarios de gestion acceptables.

Cette méthodologie sera utilisée comme outil d'aide à une réflexion collective pour la réduction de la pollution phytosanitaire diffuse sur les zones étudiées. Les leviers de gestion sont : le choix des produits phytosanitaires à moindre risques sur la santé humaine et la biodiversité, le choix des cultures en fonction de la vulnérabilité du milieu (pente, types de sols, type du couvert végétal, distance d'une culture par rapport à un cours d'eau, etc), le suivi dans le temps de la réduction des produits phytosanitaires tout en prenant en considération les aléas (conditions climatiques, prolifération des ravageurs, durée de vie, persistance et mobilité d'une matière active, etc) et la gestion des contraintes économiques.

In fine, l'objectif final sera d'offrir aux acteurs la possibilité d'effectuer des simulations au niveau individuel et collectif à partir d'un service accessible sur internet, dans le cadre d'un déploiement d'un service de type Saas (Software as a Service).

## **Références bibliographiques**

(1) Aubertot J.N., J.M. Barbier, A. Carpentier, J.J. Gril, L. Guichard, P. Lucas, S. Savary, I. Savini, M. Voltz (éditeurs), 2005 - Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Rapport d'Expertise scientifique collective, INRA et Cemagref (France).

(2) IFEN (2002) - Les pesticides dans les eaux, bilan des données 2000 et 2001. Rapport technique Etudes et travaux 36, Institut Français de l'Environnement.

(3) IFEN (2004) - Les pesticides dans les eaux, bilan des données 2002. Rapport technique. Etudes et travaux 42, Institut Français de l'Environnement.

(4) IFEN (2006) - Les pesticides dans les eaux, bilan des données 2003 et 2004. Rapport technique. Les dossiers 5, Institut Français de l'Environnement.

(5) IFEN (2007) - Les pesticides dans les eaux : Données 2005. Les dossiers Ifen, 9.

(6) Barbara, G.S., Zube, C., Rybak, J., Gauthier, M., Grünewald, B., 2005 - Acetylcholine, GABA and glutamate induce ionic currents in cultured antennal lobe neurons of the honeybee, *Apis mellifera*. J. Comp. Physiol. A 191:823-836.

(7) Janssen, D., Derst, C., Buckinx, R., Van den Eynden, J., Rigo, J. M., Van Kerkhove, E., 2007 - Dorsal unpaired median neurons of *Locusta migratoria* express ivermectin- and fipronilsensitive glutamate-gated chloride channels. J. Neurophysiol. 97:2642-2650.

**(8) Réseau d'Alertes Phytosanitaires (RAP), 2009** - Protégeons les abeilles des pesticides. Bulletin d'information; Ordre Général N°02- 12 juin 2009 : <http://.agrireseau.qc.ca/rap>.

**(10) Champeaux, C., (2006)** - Recours à l'utilisation de pesticides en grandes cultures : évolution de l'indicateur de fréquence de traitements au travers d'enquêtes "pratiques culturales" du SCEES entre 1994 et 2001. In: INRA, (Eds.), Rapport d'étude commandité par le MAP (DGFAR).

**(9) Costello S, 2008** - Department of Environmental Health Sciences, School of Public Health, University of California, Berkeley. Sept 2008, p 5.

**(11) Rosenwald F., Baschet J.F, Pingault N, 2009** - La réduction des usages de pesticides : le plan Ecophyto 2018. Le rôle des indicateurs d'utilisation pour évaluer l'atteinte des objectifs ; PROSPECTIVE ET ÉVALUATION Analyse N° 4 Février 2009

**(12) Van Der Werf H., 1996** - Assessing the impact of the pesticides on the environment. Agriculture, Ecosystems and Environment, 60, 81-96.

**(13) Norwegian Agricultural Inspection Service (NAIS), 2000** - Pesticides Rik Indicators for Health and Environment – Norway, 24 pages.

**(14) Norwegian Agricultural Inspection Service (NAIS), 2004** - Pesticides Rik Indicators for Health and Environment – Norway, 12 pages.

**(15) Samuel, O., Dion, S., ST-Laurent, L., April, M.-H., 2007**- Indicateur de risque des pesticides du Québec – IRPeQ – Santé et environnement Québec : ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation/ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs/Institut national de santé publique du Québec, 44 p. [En ligne] <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/602-IndicateurDeRisqueDesPesticides.pdf>

**(16) Zahm, F., Vernier, F., Saudubray, C., Peyrey, K., Petit, C., Bockstaller, P., Girardin, Hubert, A., and J.P. Da Costa. 2007** - Evaluation des modules « eaux de surface » de quatre indicateurs phytosanitaires (ADSCOR, EIQ, EPRIP, I-PHY) en bassin viticole : premiers résultats issus d'un test appliqué aux pratiques phytosanitaires du bassin du Ruiné (Charente).

**(17) Devillers, J., R. Farret, P. Girardin, J.-L. Rivière, and G. Soulias. 2005** - Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides Ed Tec et Doc.

**(18) Le Bars M, Le Grusse P. 2008** - Use of a decision support system and a simulation game to help collective decision-making in water management. Computers and Electronics in Agriculture. 01/07/2008, vol. 62, p. 182-189.

**(19) Attonaty J.M. , Soler L.G. (1992)** - Aide à la décision et gestion stratégique : un modèle pour l'entreprise agricole. *Revue Française de Gestion*, 1992, n°8, p. 45-54.

**(20) Barreteau, O. 2003** - The joint use of role-playing games and models regarding negotiation processes: characterization of associations. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6.

**(21) Mandart, E. Le Grusse, P. Ayadi, H. Fabre, J and Attonaty, J.-M. (2010)** - Un indicateur de risque de toxicité des pesticides en « sante 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 40è congrès scientifique du GFP (à paraître): Pesticides et environnements méditerranéens. 26-28 mai 2010 Banyuls sur Mer.

**(22) Le Grusse Ph, Belhouchette H., Le Bars M., Carmona G., Attonaty J.M. 2006** - Participative modelling to help collective decision - making in water allocation and nitrogen pollution. Application to the case of the Aveyron-Lère Basin. In *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology ( IJARGE)* ,02 2006 .