

Projet ARPEGES : Analyse de Risque Pesticides pour la Gestion des Eaux de Surface

Véronique Gouy

Irstea, Lyon

Mail : veronique.gouy@irstea.fr

Responsables des équipes impliquées :

- Nadia Carluer : MAEP, Irstea, 69626 Villeurbanne
- Yves Souchon : pôle d'étude et recherche Onema/Irstea, 69626 Villeurbanne

Mots clefs : risque lié aux pesticides, masses d'eau de surface, réseaux bayésiens, approche descriptive et experte

Résumé

La méthode ARPEGES (Analyse de Risque Pesticides pour la Gestion des Eaux de Surface) a été développée pour évaluer le risque de contamination globale par les pesticides des masses d'eau de surface de France métropolitaine, notamment en vue de la caractérisation de l'état des lieux des milieux aquatiques pour la DCE. Cette méthode repose sur le croisement de la vulnérabilité du milieu aux transferts hydriques et de la pression liée aux usages, grâce à un réseau bayésien construit à dire d'experts. Les paramètres permettant de caractériser cette vulnérabilité (liée au milieu physique et à son utilisation : sols, climat, zones tampons...) et cette pression (liée aux propriétés et aux quantités de substances appliquées) sont évaluées à partir des sources de données spatialisées homogènes sur le territoire métropolitain.



Photo : Guy Le Hénaff

Contexte et objectif

La contamination des eaux par les pesticides implique la mise en œuvre d'actions correctives, notamment en vue de répondre aux exigences de la DCE. Au niveau national, le plan Ecophyto 2018 vise la réduction des usages de pesticides pour tendre vers une agriculture durable plus respectueuse de l'environnement. Dans tous les cas, il s'avère essentiel d'améliorer le diagnostic des causes et l'étude des relations pression-état au niveau des masses d'eau, tant pour mieux cerner les actions les plus judicieuses à mettre en œuvre que pour évaluer l'impact *in situ* des pratiques mises en œuvre. Dans ce contexte, le projet ARPEGES a vu le jour et a bénéficié tout au long de son développement du pilotage scientifique de la DAST de l'Onema. Il propose un indicateur de risque de contamination des masses d'eau de surface par les pesticides. Plusieurs critères ont été considérés :

- déboucher sur une méthode opérationnelle, homogène à l'échelle de l'ensemble des masses d'eau au niveau national,
- mieux prendre en compte (i) les caractéristiques des milieux à ces échelles (*i.e.*, les conditions de transfert, encore appelé vulnérabilité) ; (ii) la quantification des doses de pesticides appliquées ; et (iii) l'agrégation de l'information à l'échelle des unités de gestion hydrographiques (sous-unités, masses d'eau).

Cette méthode doit également être évolutive et modulable de façon à (i) intégrer facilement de nouvelles données ou connaissances au fur et à mesure de leur mise à disposition (données spatiales à des résolutions plus pertinentes par exemple) pour préciser ce risque, (ii) tester des hypothèses d'évolution en terme de quantités et nature de substances appliquées ou de limitation du transfert (bandes enherbées, surfaces drainées, ...), et (iii) pouvoir intégrer ultérieurement les relations entre pressions pesticides au niveau des masses d'eau et états écologiques associés.

Méthodes

Après une étude bibliographique des différentes méthodes de diagnostic existantes, nous nous sommes orientés vers un modèle d'évaluation experte (*a priori*) du risque, reposant en entrée sur les données spatiales homogènes à l'échelle métropolitaine. Elle s'appuie notamment sur les travaux du Corpen dans la définition du risque (vulnérabilité intrinsèque, vulnérabilité spécifique, pressions pesticides...) et l'identification des principaux facteurs et processus en cause dans la contamination des eaux de surface.

L'évaluation experte se base sur une approche probabiliste (réseau bayésien). Cette approche a été choisie pour : (i) sa faculté à gérer l'information hétérogène des sources de données et à prendre en compte leur incertitude et celle des dire d'expert ; (ii) sa capacité à représenter (modéliser) des systèmes complexes sous la forme d'un réseau hiérarchique didactique ; (iii) sa modularité dans la construction du réseau ; (iv) sa capacité à calibrer des probabilités *a posteriori* à partir d'un jeu de données d'apprentissage ; (v) son aptitude à fournir un degré de fiabilité pour chaque résultat ; et (vi) sa faculté à construire des scénarios. Ces deux dernières propriétés sont essentielles pour appuyer les gestionnaires dans la priorisation et la définition des actions de restauration.

Principe de la démarche

Dans le modèle proposé, le risque de contamination est défini par le croisement de la vulnérabilité et de la pression phytosanitaire d'origine agricole, toutes substances actives confondues. La contamination étant très liée à la saisonnalité des grands types de traitement et des processus hydrologiques, le risque est évalué pour deux périodes sur une année : de novembre à mars et d'avril à octobre.

Evaluation de la vulnérabilité

La vulnérabilité des eaux de surface à la contamination par les pesticides dépend à la fois du comportement des substances et des processus hydrologiques dominants dans le milieu (caractéristiques physiques et climatiques du bassin versant local). Le modèle distingue donc la vulnérabilité intrinsèque du milieu de la vulnérabilité spécifique. Ces deux vulnérabilités sont évaluées pour chacune des périodes étudiées.

• Vulnérabilité intrinsèque

Dans la vulnérabilité intrinsèque du milieu, les trois principaux types de transfert sont représentés (ruissellement de surface ; ruissellement de subsurface ; drainage). Elle prend en compte également le transfert par dérive. Le Tableau 1 résume les différents paramètres utilisés pour évaluer les probabilités (faible, moyenne, forte) que ces voies de transfert soient présentes au niveau d'un bassin versant local d'une masse d'eau.

Voie de transfert	Paramètres
Ruissellement	degré de ruissellement/infiltration, réserve utile, hydromorphie, battance, ripisylve 10 m et 30 m, bandes enherbées
Subsurface	degré de ruissellement/infiltration, réserve utile, hydromorphie, intensité de drainage
Drainage	réserve utile, intensité de drainage
Dérive	densité de réseau hydrographique, ripisylve 10 m et 30 m, bandes enherbées

• Vulnérabilité spécifique

La vulnérabilité spécifique est un croisement entre la vulnérabilité intrinsèque du milieu, les propriétés des molécules (solubilité, DT50 et KOC), la teneur en matière organique du sol, l'érosion, et les fréquences et cumuls de pluie qui dépendent des zones climatiques et de la période étudiée. Deux types de vulnérabilité spécifique sont différenciés : (i) la vulnérabilité spécifique aiguë, liée principalement aux voies de transfert par dérive de pulvérisation, par ruissellement de surface et par drainage, puis à la fréquence des pluies ; et (ii) la vulnérabilité spécifique chronique liée aux trois principales voies de transfert et au cumul des pluies. Le ruissellement de subsurface est pris en compte majoritairement en hiver.

Tableau 1 : Paramètres pris en compte pour chaque voie de transfert modélisée pour la vulnérabilité intrinsèque quelle que soit la période étudiée (printemps-été, automne-hiver).

Evaluation de la pression

Après un inventaire approfondi des données disponibles sur le territoire pour caractériser cette pression pesticides d'origine agricole, il a été décidé, afin de garantir l'homogénéité de la méthode, d'utiliser (i) les dépenses en pesticides sur le bassin versant local dans la période étudiée estimées à partir du réseau d'information comptable agricole (RICA), pour l'aspect quantitatif et (ii) les données de la Base nationale des ventes de produits phytopharmaceutiques par les distributeurs agréés (BNVD) pour estimer la nature des substances utilisées (leurs propriétés physico-chimiques étant estimées via la base SIRIS) à l'échelle de régions homogènes en termes d'occupation du sol et de caractéristiques naturelles (hydro-écorégions).

Origine des données et méthode d'agrégation

Au total, le modèle comporte 18 variables (non-spatiales et spatiales), à renseigner à l'aide des données disponibles au niveau métropolitain (rassemblées dans le Tableau 2).

La France métropolitaine comporte environ 10 000 masses d'eau et les bassins versants locaux¹, à l'échelle desquels est réalisée l'agrégation des données, ont en moyenne une superficie de 5 320 ha (environ 4 fois la superficie moyenne d'une commune). L'échelle spatiale des données disponibles est très variable : les entités des données peuvent être comprises dans les bassins versants locaux (exemple : mailles de l'IDPR), les entités et les bassins versants peuvent se recouper (cantons ou unités cartographiques de sol par exemple) ou les entités peuvent être largement plus grandes que les bassins (zones climatiques, par exemple). Nous avons fait appel aux méthodes couramment utilisées pour aborder ces changements d'échelle (e.g., Vernier *et al.*, 2009).

Tableau 2 : Données spatiales disponibles sur le territoire national et utilisées pour évaluer les variables d'entrée d'ARPEGES. BDGSF : Base de données géographique des sols de France, BNVD : Base nationale des ventes de produits phytopharmaceutiques par les distributeurs agréés, HER : Hydro-écorégion (Wasson *et al.*, 2002), OS : Occupation du sol, UCS : Unité cartographique de sol.

Variables	Données				
	Nom complet	Nom	Source	Unité spatiale ou échelle spatiale	Date
Ratio Ruissellement/infiltration	IDPR (indice de développement et de persistance des réseaux)		V. Mardhel, BRGM	1/50 000	2010
Réserve utile	BDGSF		GIS Sol	UCS	1998
Drainage (pourcentage de la surface agricole qui est drainée)	Recensement agricole		Agreste	Canton	2000
Hydromorphie (pourcentage de sols hydromorphes)	Carte de l'hydromorphie		P. Lagacherie, INRA	Petite région naturelle	1987
Battance (sensibilité à la formation d'une croûte de battance)	BDGSF		GIS Sol	UCS	2002
Ripisylve 30 m (pourcentage de surface occupée par de la forêt dans une bande de 30 m)	BDTOPO®		IGN	1/ 25 000	2010
Ripisylve 10 m (pourcentage de surface occupée par de la forêt dans une bande de 10 m)	BDTOPO®		IGN	1/ 25 000	2010
Bande enherbée (pourcentage de linéaire de cours d'eau qui porte un nom)	BDTOPO®		IGN	1/ 25 000	2010

¹ Bassin versant local : bassin versant de la masse d'eau amputé des bassins versants des masses d'eau amont



Densité du réseau hydrographique	BD Carthage®	Sandre	1/ 25 000	2010
Zones climatiques	Zonage basé sur les séries de précipitations	Champeaux & Tamburini	-	1996
Cumul de pluies	Normales mensuelles AURELHY	Météo France	Mailles de 1 km ²	1971-2000
Matière Organique (teneur en carbone organique du sol)	Base de données des analyses de terre	GIS Sol	Cantons	2000-2004
Alea d'érosion	MESALES (modèle d'évaluation spatiale de l'alea érosion des sols)	INRA	Zone hydrographique	2002
Solubilité molécule	BNVD et SIRIS-Pesticides	Ineris	HER*OS	2010
DT 50	BNVD et SIRIS-Pesticides	Ineris	HER*OS	2010
Koc	BNVD et SIRIS-Pesticides	Ineris	HER*OS	2010
Pression phytosanitaire (dépense en produits phytosanitaires divisée par la surface du bassin)	Charge réelle du RICA (réseau d'information comptable agricole)	RICA modifié par l'INRA	Petites régions agricoles	2006
Saisonnalité de la pression phytosanitaire	Expertise			

Principaux résultats obtenus et applications envisageables, lien au Plan Ecophyto

Types de résultats produits

Les résultats finaux du modèle sont présentés sous forme de quatre cartes :

- risque de contamination chronique d'avril à octobre
- risque de contamination chronique de novembre à mars
- risque de contamination aiguë d'avril à octobre
- risque de contamination aiguë de novembre à mars

Pour chacune, le risque peut prendre 3 valeurs : risque faible, moyen ou fort. Ce risque est calculé pour le bassin versant local de chaque masse d'eau (ce qui permet de mieux cibler les actions que si l'on avait une seule valeur pour tout le bassin versant), et prend en compte toutes les substances actives confondues (exhaustivité) pour les usages agricoles.

La distinction de la contamination aiguë et de la contamination chronique doit permettre d'affiner le diagnostic des causes, de faciliter la connexion ultérieure avec les effets écotoxiques, et ainsi de mieux orienter le choix des actions correctives les plus pertinentes. La figure 1 présente un exemple de résultat du modèle. La «décision» est le niveau de risque qui a la plus grande probabilité dans le bassin versant considéré, et le «niveau de confiance» est la valeur de cette probabilité. Les cartes des résultats intermédiaires sur les différentes vulnérabilités sont également extractibles de l'outil.

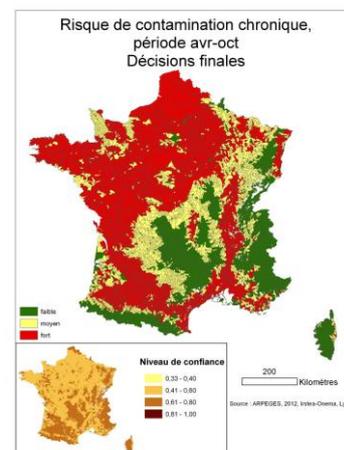


Figure 1 : Carte du risque de contamination chronique d'avril à octobre, et

Perspectives et conclusions

La méthode ARPEGES d'évaluation du risque de contamination des masses d'eau de surface par les produits phytosanitaires a été développée à l'occasion du rapportage des états des lieux DCE de 2013, mais sa flexibilité offre des perspectives au-delà de la réalisation immédiate de ces états des lieux. Les résultats obtenus dépendent fortement de la résolution spatio-temporelle des données disponibles. Une connaissance plus fine des variables d'entrée, et notamment de la distribution des usages des substances devrait permettre de mieux rendre compte des spécificités des bassins locaux et donc d'aboutir à une estimation plus juste du risque aux échelles fines. On insiste toutefois sur la nécessité de garder une cohérence et une homogénéité du modèle au niveau national pour que les résultats soient exploitables à ce niveau. Enfin, une telle méthode, aboutissant à des descripteurs de risque de nature probabiliste est par essence difficile à valider *stricto sensu*. Il est néanmoins envisageable de confronter les résultats obtenus avec les observations de la qualité chimique des masses d'eau au niveau national (Gauroy et Carlier, 2011). La méthode ARPEGES est décrite plus en détail dans un article soumis à la revue SET (Gauroy et al., 2013).

Références bibliographiques

- Gauroy C. et Carlier N., 2011. Interpretation of data about pesticides residues in surface water in France by grouping data within homogeneous spatial units. KMAE 04(400).
- Gauroy C., Bougon N., Carlier N., Gouy V., Le Hénaff G., Piffady J. et Tormos T. Evaluation des risques de contamination des masses d'eau de surface par les produits phytosanitaires à l'échelle de la France : la méthode ARPEGES. Article soumis à la revue Sciences Eaux et Territoires d'Irstea.
- Vernier F., Zahm F., Saudubray F., Petit K. et Bousquet G., 2009. Une méthode de spatialisation des activités agricoles au service des politiques agri-environnementales (RA-SPACE); Application au calcul d'un indicateur pesticide spatialisé sur le bassin Adour-Garonne dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau. Ingénieries - E A T, 39-54.
- Wasson J.-G. et al., 2002. Les hydro-écorégions de France métropolitaine, approche régionale de la typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d'invertébrés, Cemagref, 190 p.