

Projet EQUIPE - Evaluation de la QUalité prédictive d'Indicateurs PEsticides et du domaine d'utilisation

Christian Bockstaller¹, Frédéric Pierlot^{1,2}, Jonathan Marks Perreau³, Benoît Réal³, Thibaut Constant⁴, Nadia Carluer⁵, André Miralles⁶, Jean Villerd¹, Alexandre Morin⁷

¹ LAE, UMR INRA-Université de Lorraine Nancy-Colmar, ² Chambre Régionale d'agriculture de Lorraine, pôle système de production durable et innovation, ³ ARVALIS-Institut du végétal, ⁴ Agro Solutions, ⁵ Irstea UR Milieux Aquatiques, Ecologie et Pollutions Lyon, ⁶ Irstea UMR TETIS, Montpellier, ⁷ Agro-transfert Ressources et Territoires Picardie

Mail : christian.bockstaller@colmar.inra.fr

Mots clefs : indicateur, risque, produit phytopharmaceutique, transfert, qualité de l'eau, validation, entrepôt de données

Résumé

Depuis une vingtaine d'année de nombreux indicateurs ont été développés dans le domaine de l'évaluation des risques liés aux produits phytopharmaceutiques. Les synthèses disponibles pour l'aide au choix des indicateurs tel l'outil GUIDE (Keichinger et al. 2013) manquent d'information sur la qualité prédictive des indicateurs décrits. Dans le cadre du projet EQUIPE, nous avons confronté les sorties de 26 indicateurs évaluant les transferts vers les eaux souterraines ou superficielles, et les sorties du modèle mécaniste 1D MACRO 5.2, à des mesures de transferts issues de 4 jeux de données consécutifs de sites pilotés par ARVALIS-Institut du végétal. Les résultats ont montré pour les indicateurs de faibles corrélations ($r < 0,55$) à l'exception du modèle MACRO pour les concentrations sur un site. Cependant les indicateurs plus élaborés que ceux reposant sur la dose et/ou les propriétés des substances actives, et prenant en compte en plus des variables de milieu, de pratiques, s'en sortent un peu moins mal dans la vraisemblance (pourcentages d'estimation juste et de surestimation, cas avec % juste > % surestimation). Une démarche similaire a été menée sur le bassin versant de la Fontaine du Theil, en testant une série de 8 indicateurs pondérés soit par la surface, ou la surface corrigée par un coefficient d'atténuation. Cette démarche n'a pas non plus permis de différencier les indicateurs en fonction du niveau de corrélation des indicateurs avec les mesures. Elle a revanche permis de progresser dans le développement des systèmes d'information et des entrepôts de données. Des essais de fouille de données n'ont pas abouti à des chaînes d'indicateurs, ceci en raison de la faible variabilité de certaines variables dans les jeux de données. A l'issue de ce travail une fiche a été rédigée par indicateur résumant les résultats des tests et donnant des recommandations sur l'utilisation des indicateurs par rapport à leur qualité prédictive.

Contexte et objectifs

L'axe 3 du plan Ecophyto 2 porte sur l'évaluation et la maîtrise des risques et impacts. Parmi les compartiments environnementaux qui peuvent être touchés par les produits phytopharmaceutiques, les milieux aquatiques (eaux souterraines et superficielles) sont l'objet d'une attention particulière. La mesure directe de transfert et d'impacts de molécules n'offre pas forcément une image complète des transferts dans l'espace et le temps et est coûteuse à mettre en œuvre, c'est pourquoi de nombreux acteurs ont proposé l'utilisation d'indicateurs de risque comme une approche complémentaire. Face au foisonnement d'indicateurs, un outil d'aide au choix interactif des indicateurs traitant des risques liés aux produits phyto pharmaceutiques et de la qualité des eaux a été développé, l'outil GUIDE (Keichinger et al., 2013), à la suite de plusieurs synthèses. Faute de données disponibles, ces travaux n'ont pas pu fournir d'information sur la qualité prédictive des indicateurs décrits, un critère important renseignant sur la fiabilité des résultats des indicateurs.

C'est à partir de ce constat que le projet EQUIPE a été initié par l'INRA (UMR LAE Nancy-Colmar) dans le cadre d'un groupe de travail lancé par le GIS GC HP2E, avec comme objectif principal d'évaluer la qualité prédictive d'un ensemble d'indicateurs « pesticides et qualité des eaux » disponibles sur GUIDE, aux échelles de la parcelle et du bassin versant. Dans un second temps, nous avons cherché à constituer des « chaînes d'indicateurs », c.-à-d. à relier des indicateurs simples de pratiques, de milieux, de propriétés des substances actives à des indicateurs mesurés de contamination des eaux. La sortie finale est un ensemble de fiches fournissant des recommandations sur l'utilisation des indicateurs en fonction de leur mode de construction et des résultats du projet.

Méthodes

❖ Evaluation de la qualité prédictive au niveau parcellaire

Ces travaux ont reposé sur 4 jeux de données consécutifs de mesures de transfert de substances actives de sites pilotés par ARVALIS-Institut du Végétal : La Jaillièrre (44, drainage et ruissellement par saturation), Le Magneraud (17, infiltration), Geispitzen (68, ruissellement hortonien). Plusieurs variables (fréquence de dépassement 0,1 µg/L, concentration max., etc.) pour une vingtaine de substances actives aux propriétés, doses, périodes d'application différentes ont servi à l'étude. Ces mesures ont été comparées aux résultats de 26 indicateurs évaluant les transferts vers les eaux souterraines ou superficielles, de complexité croissante de la dose par ha, à des indicateurs intégrant des variables de milieu, de pratiques et de propriétés des molécules (p. ex. : DAEG, ARTHUR, I-PHY1), ou reposant sur des modèles (p. ex. : I-PHY2, EPRIP1 et 2, SYNOPSIS). Le modèle mécaniste 1D MACRO 5.2 traitant des transferts verticaux par infiltration matricielle ou par transferts rapides, a été ajouté. Les comparaisons ont consisté en des tests de corrélation

(Pearson, Spearman), des tests de vraisemblance (comparaison en 5 classes estimant les pourcentages d'estimation juste et de surestimation, pour les cas avec % juste > % surestimation) et le test ROC (test par rapport à un seuil).

❖ **Evaluation de la qualité prédictive au niveau d'un bassin versant**

Ce travail a été réalisé sur le bassin versant de la Fontaine-du-Theil (136 ha regroupe 80 parcelles) piloté par ARVALIS Institut du végétal et qui a servi à plusieurs projets de recherche menés en collaboration avec l'Irstea et l'UIPP. A la suite de ceux-ci, le projet EQUIPE a été l'occasion pour les partenaires d'Irstea de mettre en œuvre des nouvelles approches informatiques basées sur les entrepôts de données qui font appel à des cubes multidimensionnels permettant d'agrèger les résultats selon plusieurs axes d'analyse (spatiaux ou temporels) pour faciliter leur analyse opérationnelle. La comparaison a porté sur 8 indicateurs (p. ex. : ADSCOR, DAEG, I-PHY2) et 6 herbicides sur plusieurs années.

❖ **Construction « de chaînes d'indicateurs »**

Pour la construction de « chaînes d'indicateurs », nous avons appliqué une méthode de fouille de données, les arbres de régression sur les 2 jeux de données de La Jaillière et celui du Magneraud, de taille suffisante pour cet exercice. Ce travail a été fait sans et avec inclusion des résultats d'indicateurs comme variables explicatives.

Principaux résultats

❖ **A l'échelle parcellaire : de faibles corrélations et des résultats suivant le niveau d'élaboration des indicateurs**

Les résultats ont montré de faibles corrélations avec les variables mesurées (Pearson $r < 0,55$) à l'exception du modèle MACRO ($r = 0,79-0,89$ pour les concentrations à La Jaillière). Les tests sur les classements (r Spearman) n'ont pas donné de meilleurs résultats. Par rapport aux indicateurs « simples » (QSA, IFT par substance active, NRI, etc.), les indicateurs intégrant directement les propriétés des substances actives, les variables de milieu, de pratiques (I-PHY), ou ceux reposant sur des modèles (I-PHY2, EPRIP1 et 2) s'en sortent un peu moins mal pour le test de vraisemblance, à l'exception de SYNOPS. Globalement les résultats pour les indicateurs traitant du ruissellement sont moins bons.

❖ **A l'échelle du bassin versant : des résultats similaires et des progrès méthodologiques de gestion de données et de valorisation/d'analyse des résultats**

Le travail sur le bassin versant de la Fontaine du Theil a conduit au même niveau de corrélation sans permettre de différencier nettement les indicateurs, quel que soit le type d'agrégation spatiale considéré (par la surface de la parcelle, sans et avec pondération d'un coefficient d'atténuation). Au niveau informatique, la chaîne de traitement développée a permis d'automatiser la création de la base de données réifiant le cube multidimensionnel, de faciliter l'intégration de modifications demandées par le groupe d'utilisateurs rendant ainsi le processus plus interactif, et de produire de façon automatisée des cartes de résultats aux échelles des parcelles ou du bassin, en fonction des agrégations demandées.

❖ **Un autre jeu de données nécessaire pour la construction « de chaînes d'indicateurs »**

Des essais de fouille de données sur les jeux de données n'ont pas abouti à des chaînes d'indicateurs significatives et compréhensibles, ceci pour partie en raison des jeux de données ne présentant qu'une faible variabilité en termes de conditions pédologiques par type d'écoulement dominant. Il faudrait par site et voie de transfert une gamme plus large de type de sols, pentes, etc. pour pouvoir aller plus loin dans le traitement.

❖ **Un autre jeu de données nécessaire pour la construction « de chaînes d'indicateurs »**

A l'issue de ce travail une fiche a été rédigée par indicateur résumant les résultats des tests et donnant des recommandations sur l'utilisation des indicateurs par rapport à leur qualité prédictive. Nous avons averti les utilisateurs d'une utilisation simpliste des indicateurs conseillant uniquement la substitution de molécules, qui peut conduire à des problèmes de résistance rapide à la famille chimique favorisée, sans garantir une amélioration de la qualité des eaux.

Conclusion et application pour la plan Ecophyto

Les jeux de données ont permis dans ce projet un effort de validation unique, même s'il devrait encore aller plus loin. Les résultats de comparaison au niveau parcellaire fournissent de l'information sur la qualité prédictive d'un certain nombre d'indicateurs, des recommandations sur leur utilisation qui permettra de compléter les fiches de l'outil GUIDE (Keichinger et al., 2013). Il en ressort que l'utilisation d'indicateurs « simples » basés sur la dose (tels QSA ou IFT) ou sur les propriétés des substances actives et la dose (tels SIRIS), ou un coefficient de transfert sont naturellement des pauvres prédicteurs des variables mesurées. De tels indicateurs ont été envisagés au niveau du plan Ecophyto. Des indicateurs intégrant les différentes variables en tenant compte des processus sont à préférer. Le mieux est de mettre en œuvre un modèle mécaniste comme MACRO, s'il est correctement paramétré et si les données sont disponibles. Avec les progrès informatiques en termes de gestion de données, leur utilisation au niveau territorial peut s'envisager. Dans tous les cas, il faudra éviter que leur utilisation ne conduise qu'à un unique conseil de substitution de molécules pouvant conduire à des impasses agronomiques.

Références bibliographiques du projet

Keichinger, O., Benoit, P., Boivin, A., Bourrain, X., Briand, O., Chabert, et al., 2013. GUIDE : développement d'un outil d'aide à la sélection d'indicateurs de risques. Innovations Agronomiques 28 1-13. <http://www.plage-evaluation.fr/guide/>