

Modélisation du transfert de pesticides dans un bassin versant en vue de la construction d'un outil d'aide à la décision pour la maîtrise de la qualité des eaux.

Application au bassin versant du Frémeur (Morbihan)

Projet SACADEAU (<http://www.irisa.fr/dream/SACADEAU/index.htm>)

Marie-Odile Cordier, Véronique Masson IRISA/Univ. Rennes1, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex
Pierre Aourousseau, Chantal Gascuel, Florent Tortrat INRA-ENSAR / UMR SAS, 65 route de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex

Michel Falchier, Chambre d'agriculture d'Ille et Vilaine
Djilali Heddadj, Laurence Lebouille, Chambre d'agriculture du Morbihan
Frédéric Garcia INRA/BIA BP 27 31326 Castanet Tolosan Cedex
Brigitte Chanomordic INRA/LASB 2 place Pierre Viala 34060 Montpellier Cedex1

1. Objectifs

Le projet Sacadeau (pour Système d'Acquisition de Connaissances pour l'Aide à la Décision sur la qualité de l'EAU) a pour objectif le développement d'un outil d'aide à la décision destiné aux personnes chargées de la gestion d'un bassin versant. Il se focalise sur le transfert des herbicides. Cet outil s'appuie sur un modèle de simulation du désherbage des cultures et du transfert des herbicides à l'échelle d'un bassin versant, afin d'en évaluer les conséquences en terme de contamination des eaux de surface. Deux fonctionnalités sont attendues de ce modèle : i) dans un premier temps, la possibilité de tester, par simulation, différents scénarios afin d'évaluer l'impact : des stratégies de désherbage choisies par les agriculteurs ; des configurations spatiales des applications de désherbants dans le bassin versant ; des structures d'aménagement de l'espace rural (haies, bandes enherbées,...) ; des conditions climatiques ; ii) dans un second temps, les résultats des simulations seront utilisés pour déterminer, par des techniques d'apprentissage symbolique, les variables explicatives et pour établir les relations entre variables explicatives afin d'avoir une meilleure compréhension de leur hiérarchisation dans les phénomènes de contamination des eaux. Les résultats présentés sous forme cartographique, visualisant jour après jour les parcelles ayant produit du ruissellement, en fonction des précipitations et des activités agricoles, constitueront des représentations médiatiques adaptées à la décision, ceci de manière plus démonstrative que des cartes de risque établies une fois pour toutes. Ces représentations, associées à l'analyse des simulations, pourront être à la base de recommandations d'actions portant sur les pratiques agricoles et les aménagements en vue d'une maîtrise de la contamination des eaux par les herbicides.

Le bassin versant du Frémeur (Morbihan) a été choisi comme site d'application de ce projet. Le travail s'effectue en collaboration avec les personnes chargées de la gestion de ce bassin versant dans le cadre du programme Bretagne Eau Pure ainsi qu'avec des partenaires de la chambre d'agriculture d'Ille-et-Vilaine et du Morbihan.

Nous précisons ci-dessous les résultats obtenus ainsi que les développements en cours, en les structurant en trois grandes étapes : 1) le développement d'un modèle de

transfert des herbicides ; 2) l'élaboration d'un langage de scénarios ; 3) la constitution d'une base d'apprentissage.

2. Le modèle de transfert des herbicides

Le modèle de transfert des herbicides au sein du bassin versant vise à évaluer la contamination des eaux liée au désherbage chimique des cultures, à l'exutoire de bassins versants de taille moyenne (quelques km²), au pas de temps journalier. Il doit permettre, à partir de données climatiques, de données de configuration spatiale du bassin versant, de données de stratégies et de modalités de désherbage des cultures, d'obtenir par simulation les niveaux de contamination de l'eau jour après jour.

Comme le montre la figure 1, ce modèle de transfert comprend quatre volets : le modèle biophysique de transfert proprement dit, chargé de simuler le strict transfert des herbicides ; un modèle climatique chargé de fournir, selon certaines contraintes, les données climatiques au jour le jour ; un modèle décisionnel chargé de fournir, selon des stratégies de désherbage, les données relatives aux interventions agricoles et à l'application des pesticides, et enfin, un modèle spatial chargé de fournir les données relatives à la topologie du bassin versant à partir d'un modèle MNT et du parcellaire.

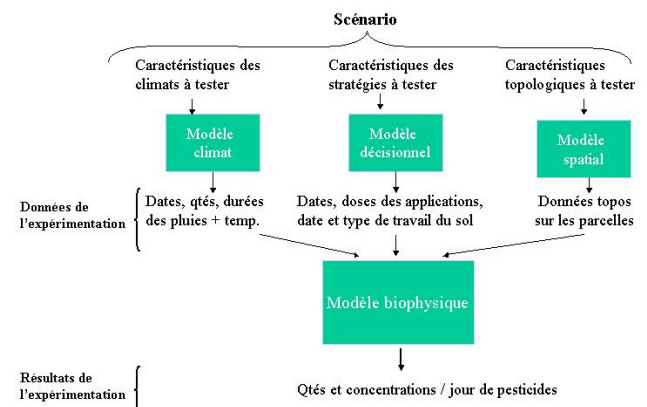


Figure 1 : le modèle de transfert et ses composantes

Le modèle biophysique est un modèle spatialisé qui prend en compte les voies de circulation des eaux ou chemins de l'eau. Ceux-ci sont gérés sous formes de structures d'arbres appelés « arbres de drainage » et leur construction prend en compte la topologie des parcelles ainsi que les aménagements de type fourrières, fossés, haies. Un arbre d'exutoires est construit à partir de l'arbre de drainage. Cet arbre peut être valué par le flux d'eau ruisselant et le flux de pesticide ruisselant à chaque pas de modélisation. Les flux ruisselants de pesticides sont calculés en s'appuyant sur une démarche proche de celle du modèle STREAM [Cerdan et al. 2001]. Cette démarche est complétée en prenant en compte les transferts de subsurface. Ce travail fait l'objet de la thèse de F. Tortrat et est en fin d'implémentation

Le modèle décisionnel, qui utilise les sorties des modèles spatial et climatique, doit permettre de générer les données nécessaires à la simulation de l'application de phytosanitaires (doses, dates, molécules) pour chacune des parcelles du bassin versant. On distingue actuellement trois grandes stratégies de désherbage du maïs : une stratégie de pré-levée « consolidée », en un seul passage ; une stratégie de post levée, en deux passages généralement ; une stratégie intermédiaire, dite « raisonnée », avec un désherbage de pré-levée partiel, à faible dose, et un désherbage de post-levée. Le choix de ces stratégies dépend de différents facteurs tels que la flore adventice et les sols, l'organisation du travail de l'agriculteur, liée elle-même au système de production, l'équipement de l'agriculteur, notamment de la capacité de sa cuve de traitement au regard des surfaces à traiter. Ces différents facteurs ont été identifiés et des règles de décision formalisées. Elles constitueront le modèle décisionnel.

Les modèles climatique et spatial sont encore en cours de définition.

3. Langage de scénarios pour les simulations

Un second travail est abordé. Il s'agit de l'élaboration d'un « langage de scénario » permettant de décrire de manière qualitative les jeux de données numériques utilisées en entrée du modèle, tels que les doses appliquées, les précipitations journalières, les caractéristiques des parcelles. Ce langage permettra aussi de décrire de manière qualitative les sorties quantitatives de la simulation que sont les concentrations et les flux de pesticides journaliers. Cette étape est particulièrement importante puisqu'elle permet de passer du langage utilisé dans les modèles de simulation dans lesquels les entrées et les sorties sont en majorité numériques à un langage qualitatif, plus adapté à l'expression de scénarios de simulation ayant un sens et une utilité pour le gestionnaire rendant les résultats plus facile à interpréter.

Dans un premier temps, nous avons effectué une collecte de scénarios pertinents pour la problématique traitée qui nous servent de référence. Un exemple de tel scénario est le suivant : « Quel est l'impact du désherbage mixte (mécanique et chimique) ? peut-on recommander sa mise en place dans certaines parcelles ? ». Une méthodologie a été ensuite définie pour situer le rôle des scénarios vis-à-vis du modèle de simulation, ce qui est illustrée par la figure 2. Nous travaillons actuellement à la formalisation du langage de scénarios par l'établissement de la

correspondance entre vocabulaire des scénarios et entrées du modèle.

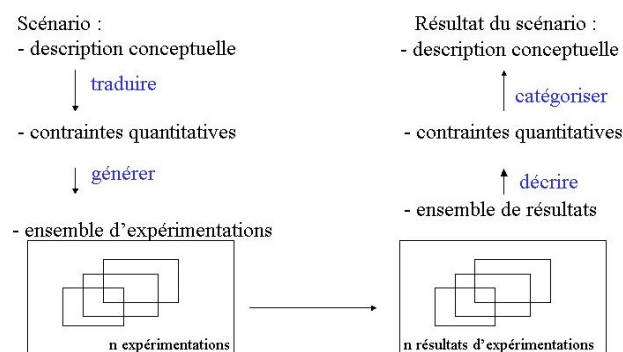


Figure 2 : Différentes étapes de simulation d'un scénario

4. Extraction de relations par apprentissage automatique

L'analyse des sorties de la simulation des scénarios peut être entreprise manuellement par les utilisateurs de l'outil tant que le nombre de simulations reste faible. Cela rend toutefois difficile la mise en évidence de relations d'influence entre les choix des agriculteurs (localisations spatiales et temporelles des applications, caractéristiques des applications), la configuration du bassin versant, les chroniques climatiques et la qualité de l'eau. Cette analyse ne peut se faire en effet que sur la base de l'analyse d'un grand nombre de sorties de simulation, et c'est pourquoi nous avons choisi d'utiliser les techniques d'apprentissage symbolique.

Le but du travail est de constituer une base d'apprentissage, c'est-à-dire constituer un ensemble de scénarios représentatifs du problème et générer des instances de ces scénarios en nombre suffisamment important. Ceci permettra ensuite, par des techniques d'apprentissage automatique, de mettre en évidence des relations privilégiées entre certaines variables ou l'absence d'influence de certaines variables ou l'existence de seuils critiques. Un premier ensemble de scénarios a été construit à partir d'une définition de classes de climats, de pratiques agricoles et de configurations de bassins versants. Ces instances ont ensuite été simulées et les sorties de simulation donnent les quantités et concentrations par jour de pesticides sur la saison culturale concernée. Le travail en cours consiste à soumettre ces exemples constituant la base d'apprentissage à des outils d'apprentissage symbolique.

Ce travail est financé par : le Conseil Général du Morbihan et l'INRA (thèse de F. Tortrat) ; l'appel d'offre pesticide du MEDD (modèle biophysique) ; l'AIP INRA CIRAD Aide à la décision (agrégation des modèles, simulation, apprentissage).

[Cerdan et al. 2001] Cerdan O., Souchère V., Lecomte V., Couturier A., Y. Le Bissonnais Incorporating soil surface crusting processes in an expert-based runoff model : Sealing and Transfert by Runoff and Erosion related to Agricultural Management. Catena, Vol. 46, p. 189-205.

