



Exploitation (et limites) de la notion de symétrie pour la quantification du transfert de pesticides dans les vignobles badois et alsaciens

Exploitation (and limits) of the concept of symmetry for the quantification of the pesticides transfer in the Bade and Alsatian vineyards

Nutzung (und Grenzen) des Begriffs Symmetrie für die quantitative Ermittlung des Transports von Pestiziden in den badischen und elsässischen Weinbaugebieten

Caroline Grégoire et Jens Lange



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/rge/93>
ISSN : 2108-6478

Éditeur

Association des géographes de l'Est

Édition imprimée

Date de publication : 1 avril 2007
Pagination : 79-90
ISSN : 0035-3213

Référence électronique

Caroline Grégoire et Jens Lange, « Exploitation (et limites) de la notion de symétrie pour la quantification du transfert de pesticides dans les vignobles badois et alsaciens », *Revue Géographique de l'Est* [En ligne], vol. 47 / 2 | 2007, mis en ligne le 01 janvier 2009, consulté le 14 novembre 2019.
URL : <http://journals.openedition.org/rge/93>

Ce document a été généré automatiquement le 14 novembre 2019.

Tous droits réservés

Exploitation (et limites) de la notion de symétrie pour la quantification du transfert de pesticides dans les vignobles badois et alsaciens

Exploitation (and limits) of the concept of symmetry for the quantification of the pesticides transfer in the Bade and Alsatian vineyards

Nutzung (und Grenzen) des Begriffs Symmetrie für die quantitative Ermittlung des Transports von Pestiziden in den badischen und elsässischen Weinbaugebieten

Caroline Grégoire et Jens Lange

NOTE DE L'ÉDITEUR

Article reçu le 15 octobre 2006, accepté le 10 juin 2007

Les auteurs remercient le Lycée Agricole et Viticole de Rouffach qui héberge le site expérimental français et la mairie d'Eichstetten qui a favorisé l'acquisition des données sur les pratiques viticoles allemandes. La région Alsace et le réseau REALISE sont également remerciés pour leur soutien.

I. Introduction

A. La symétrie : un nouveau regard

- 1 La représentation géographique du milieu naturel et la localisation de l'information sont nécessaires dans toutes études mettant en œuvre un diagnostic environnemental performant et transposable. Les approches classiques s'intéressant aux risques de

transfert de polluants au sein des agrosystèmes sont généralement construites autour de la notion de bassin versant et s'appuient souvent sur une modélisation spatialisée. Qu'elle soit physique ou empirique, la mise en équation est permise grâce à l'acquisition de grandeurs, paramètres, variables, valeurs d'entrée ou de sortie du système. En cas d'indisponibilité de ces données pour caractériser un système, l'enjeu est alors de déterminer les invariants et les spécificités des systèmes afin de transposer l'information sous certaines conditions. La notion de comparaison prime alors classiquement dans la décision à arrêter.

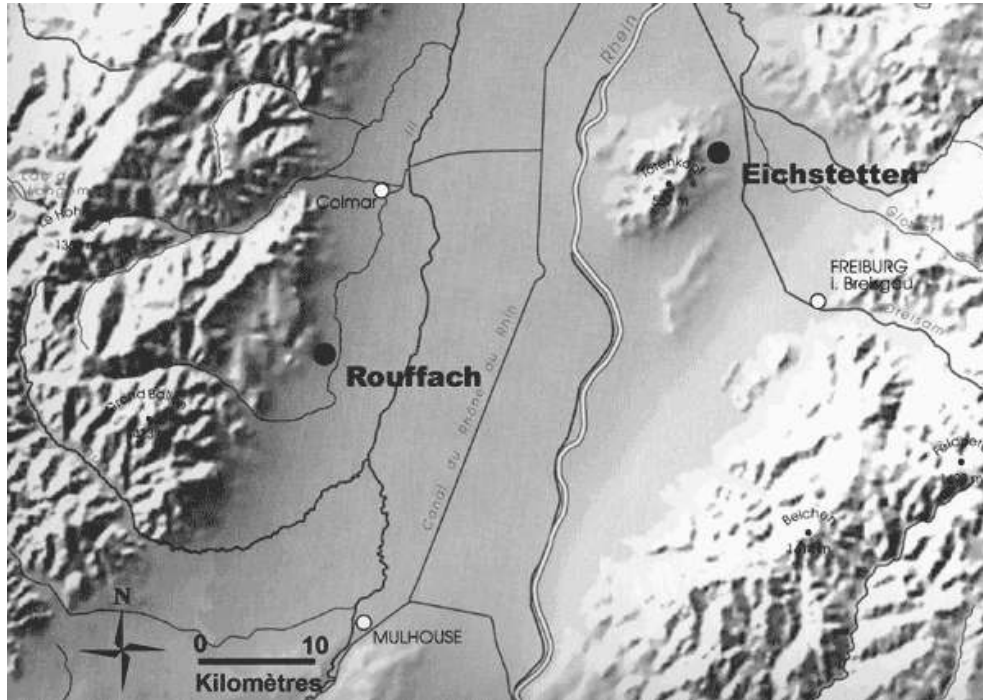
- 2 La recherche d'opérateurs de symétrie est, en revanche, peu utilisée. Envisagée étymologiquement comme une définition de la proportion, de la juste mesure ou encore des similitudes des parties opposées comme le présente Viollet-Le-Duc, la notion de symétrie peut être également élargie. C'est le mathématicien et spécialiste de la relativité Hermann Weyl, au début du XX^e siècle, qui la définit en tant que non-modification de l'apparence d'une certaine action. Cette approche est comprise au sens le plus large et intéresse alors aussi bien un objet physique, des équations, des phrases, l'univers, une partition de musique, un concept... C'est sur cette dernière proposition que nous nous arrêterons pour introduire un caractère dynamique à la perception de la notion de symétrie. L'idée de transformation traduisant une évolution incluant une notion d'invariance est alors tout à fait moderne. Son utilisation dans les sciences physiques est porteuse d'un nouveau regard : un élément invariant dans un système subissant une transformation est alors un élément de symétrie sur lequel les propriétés de l'un peuvent être transposées à l'autre.
- 3 Dans une approche géo-physique du territoire, la prise en compte de cette notion implique le strict concept de géométrie mais également celui de mémoire environnementale dans la perspective d'une approche spatio-temporelle. Le concept est fécond comme le souligne Henry (2002), l'enjeu est alors de trouver au sein d'un système comportant une somme plus ou moins grande d'éléments disparates, un ou plusieurs éléments de symétrie signifiant que ce groupe possède un minimum de structuration et forme alors un tout cohérent. Si l'on considère que la symétrie permet de réduire le taux d'information d'un système complexe, l'étude des processus et des fonctionnements au sein de ce système se trouvent également simplifiée.
- 4 La symétrie apporte donc une relation privilégiée avec l'objet étudié et offre une base de raisonnement déjà évoquée par Pierre Curie au début du XX^e siècle : « lorsque certaines causes produisent certains effets, les éléments de symétrie des causes doivent se retrouver dans les effets produits » et inversement.
- 5 Nous nous proposons, dans ce travail, d'aborder l'étude de zones viticoles transfrontalières franco-germaniques. La prise en compte du concept de symétrie traduite par un regard croisé d'un site d'observation viticole à l'autre, de part et d'autre du fossé rhénan, apporte ainsi un nouveau cadre pour la transposition des descripteurs dans un contexte de modélisation.

B. Symétrie et transfert de valeurs

- 6 La représentation d'un contexte spatial est conduite à partir de diverses sources de données constituant une mémoire environnementale par définition spatialisée et qui peut également être suivie dans le temps par une actualisation dynamique de ces systèmes. La gestion spatio-temporelle des milieux étudiés passe alors par une

modélisation des processus physiques définissant le fonctionnement du système. Nous appliquons ce principe afin d'élaborer une modélisation hydrologique spatialisée dont l'unité d'étude est le bassin versant décomposé en objets élémentaires contributifs à la génération des transferts de masse. Les bassins versants étudiés sont principalement viticoles, localisés à Rouffach (France) et à Eichstetten (Allemagne) de part et d'autre du fossé Rhénan (Figure 1).

Figure 1 : Localisation des zones d'étude de part et d'autre du fossé rhénan (France, Allemagne).



- 7 Nous considérons que le réservoir naturel d'eau souterraine de la plaine rhénane constitue le point commun et l'axe de symétrie entre ces deux milieux sur lesquels repose notre investigation. Au-delà du partage des propriétés du milieu générées par la morphogenèse, ils présentent également des intérêts communs : protection de la ressource impliquant compréhension, quantification et modélisation des processus de transfert d'eau et de polluants vers la nappe. Il est alors intéressant de s'appuyer sur le concept de symétrie, tant géographique que fonctionnelle, impliqué par le positionnement physique de ces objets dans l'espace pour apporter un nouveau regard sur le fonctionnement de ces hydrosystèmes agricoles. Spécificités et caractéristiques propres sont identifiées, approches institutionnelles et gestion des données, traitements et valorisations sont envisagés afin de dégager une méthodologie co-construite pour la caractérisation des milieux et la transposition des données et résultats d'un site à l'autre. L'enjeu est également assorti de la détermination des invariants et des spécificités des systèmes, au-delà de la symétrie des sites, afin d'assurer une transposition robuste des modèles.
- 8 Cette opération est primordiale dans le cadre de la gestion environnementale de la pollution de la nappe phréatique rhénane. Elle permet le suivi en commun des résultats quantifiés entre sites, de part et d'autre de la frontière, impliquant alors d'autres considérations méthodologiques et métrologiques liées aux contextes locaux respectifs.

C. Transposition et comparabilité

- 9 Si le succès de la transposition d'un modèle est généralement assuré par le recours à des descripteurs physiques quantifiables et comparables, la symétrie peut alors nourrir la transposition par la mise en regard d'objets spatialement et fonctionnellement identifiables à différents niveaux : (i) d'un point de vue de la physique du milieu incluant la topographique, la morphométrie mais également la climatologie, (ii) d'un point de vue des pratiques culturelles et de leur mise en œuvre incluant l'anthropisation du milieu au sens large et (iii) d'un point de vue savoir faire et approches scientifiques de part et d'autre de la frontière.
- 10 L'hétérogénéité des milieux viticoles étudiés (Grégoire et Litaudon, 2004) implique cependant une grande variabilité des descripteurs utilisés. La symétrie peut se révéler alors imparfaite et incomplète pour être envisagée comme base totale de réflexion. Il est donc plus judicieux de l'envisager comme un concept heuristique, un élément régulateur de l'accroissement de la connaissance présentant ses propres limites dans un contexte de modélisation hydrologique spatialisée.
- 11 Après avoir exposé le contexte général qui motive l'intuition fondatrice de la prise en compte d'une symétrie de situation, nous présentons la mise en place des systèmes d'information géographique propre à chaque territoire conduite selon une méthodologie commune nourrie par le constat de symétrie et soutenue par une mutualisation des acquis optimisés par un regard croisé adapté aux spécificités physiques des milieux et aux objectifs de modélisation sous-tendus. Les résultats acquis sont ensuite exposés et discutés dans la perspective de la quantification du risque de transfert de produits phytosanitaires au sein d'un agrosystème majoritairement viticole. Enfin, nous évaluons les apports d'une telle démarche.

II. Contexte et enjeux

A. Présentation des sites et enjeux vis-à-vis de la qualité des eaux de la nappe phréatique rhénane

- 12 Le fossé rhénan (Figure 1) est une plaine d'effondrement qui occupe une dépression tectonique résultant des dislocations tertiaires. Remblayé par l'accumulation des matériaux détritiques arrachés aux hautes et moyennes montagnes environnantes, il fournit un milieu poreux dans lequel se loge la nappe rhénane qui constitue un réservoir franco-allemand de 50 milliards de m³. 500 millions de m³ sont utilisés par an, dont 62 % pour les industries, 25 % pour l'eau potable et 13 % pour l'irrigation (APRONA). La position médiane de ce fossé vis-à-vis de l'axe franco-allemand en fait un axe de symétrie évident qui structure l'étude de la gestion d'une ressource naturelle partagée par deux populations.
- 13 Le fossé rhénan supérieur est défini par la plaine d'Alsace avec le Land du Bade-Würtemberg allemand. Il est drainé principalement par l'Ill en France et un ensemble de rivières orientées sur-est/nord-ouest en Allemagne. La plaine est consacrée à la grande culture céréalière. Le vignoble alsacien (France) et du Bade-Würtemberg (Allemagne) surplombent la plaine et contribuent à la recharge de la nappe, soit par écoulement superficiel gravitaire vers celle-ci, soit par infiltration. Cette contribution s'accompagne du transfert des polluants associés, notamment les pesticides largement

utilisés dans la culture de la vigne qui consomme 20 % du tonnage national de pesticides pour une surface agricole utile de 3 %. En Alsace, une parcelle reçoit 10 matières actives fongicides, 3 herbicides et 2 insecticides par an selon une dose cumulée de 5 kg/ha (Grégoire, 2006). En Allemagne, une enquête menée en 2005 sur les bassins versants (Figure 1) a révélé qu'une parcelle recevait annuellement 7 matières actives fongicides, et 1 à 2 herbicides et insecticides pour une dose cumulée de 5 à 10 kg/ha.

- 14 L'inquiétude suscitée par la gestion de l'aquifère n'est alors pas relative à la quantité disponible (l'alimentation de la nappe rhénane est estimée à 1 600 millions de m³ pour un volume de prélèvement par l'homme de 550 millions de m³, soit 1/3 de l'alimentation ou 1,6 % par rapport au volume d'eau souterraine) mais à la qualité qui se dégrade.
- 15 La photographie globale réalisée lors de l'inventaire transfrontalier de la qualité de l'eau de la nappe rhénane, à l'aide de 95 000 données caractérisant 53 paramètres de la qualité des eaux souterraines de l'Alsace (France), des cantons de Bâle-ville et Bâle-campagne (Suisse), des Länder du Bade-Wurtemberg, de Rhénanie-Palatinat et de Hesse montre, tous paramètres confondus, un dépassement des limites de potabilité pour au moins un des paramètres mesurés sur 33 % du réseau.
- 16 En ce qui concerne l'impact des pratiques viticoles sur la qualité de l'eau de la nappe phréatique, la simazine¹, utilisée entre autre en viticulture, par exemple, est la substance la plus fréquemment détectée après l'atrazine² : 26 et 17 % des points de mesures en Alsace (France) et dans la région viticole de Hesse (Allemagne) ont permis d'identifier la présence de cette substance en concentration supérieure à la norme de 0,1 µg/L. Dans une moindre mesure, mais de manière significative, le diuron³ est également détecté sur tous les secteurs étudiés (Alsace), cantons de Bâle-ville et Bâle-campagne, des Länder du Bade-Württemberg, de Rhénanie-Palatinat et de Hesse).
- 17 La poursuite des efforts en matière de stabilisation et de réduction de la pollution diffuse, notamment par les produits phytosanitaires, est donc nécessaire et doit s'envisager désormais de manière coordonnée entre les pays. Cette volonté, actée par l'ensemble des partenaires mentionnés, se situe au niveau national et européen. Investir dans la prévention, en amont de la dépollution, constitue alors un enjeu majeur sur le plan environnemental, mais également économique. On comprend alors toute la pertinence d'un regard croisé et réflexif sur les zones clés de recharge de la nappe phréatique du Rhin supérieur.

B. Les bassins versants de Rouffach (France) et d'Eichstetten (Allemagne)

- 18 Les bassins de référence (Figure 2) sont deux bassins versants suivis par deux organismes de recherche : l'institut d'hydrologie de Fribourg-en-Brisgau, d'une part, et le Centre d'Écologie Végétale et d'Hydrologie en France, d'autre part. La méthodologie primaire de collecte des données est similaire : les données de pluie et de débit sont acquises.

Figure 2 : Vue aérienne des deux bassins versants d'étude : Eichstetten (Allemagne) et Rouffach (France).



Bassin versant de Rouffach

Source : IGN France, 2002



Bassin versant d'Eichstetten

Source : Institut Hydrologie Freiburg, 1995

- 19 En dehors du concept de symétrie, les sites d'étude présentent une majorité de points communs : ils sont tous les deux occupés majoritairement par le vignoble (plus de 60 %), ils sont du même ordre de grandeur, 1,7 km² et 0,8 km² respectivement pour le bassin d'Eichstetten et celui de Rouffach. Les processus physiques gouvernant les transferts d'eau peuvent être ainsi étudiés à la même échelle. Si ce point est

indépendant de la notion de symétrie de localisation, d'autres descripteurs y sont, en revanche, directement liés.

- 20 Les deux sites appartiennent à une même séquence géo-pédologique. Le bassin versant de Rouffach présente des sols bruns calcaire peu évolués et profonds sur loess (limons calcaires éoliens, calcosol), (FOA-UNESCO, 1981) appartenant à la classe texturale limoneuse avec en moyenne 70 % de limons fins et grossiers, 15 à 32 % d'argile, moins de 2 % de sable. Le bassin versant d'Eichstetten draine le Löchernbach, cours d'eau qui prend sa source et s'écoule sur le flanc est du Kaiserstuhl, corps montagneux de 95 km², issu de l'activité volcanique du fossé rhénan au cours du Miocène. Les cultures sont réparties de façon similaire sur les deux bassins versants, avec une zone de forêt en amont, une grande partie de culture viticole et quelques vergers, prairies ou autres cultures de légumes parsemées au sein des bassins versants.
- 21 Les différences majeures concernent l'organisation de la vigne, le réseau hydrographique (Figure 2) et la pluviométrie. Le bassin versant allemand a été utilisé pour la viticulture dès le XIII^e siècle, et a ainsi été aménagé très tôt en petites terrasses, typiques des paysages loessiques du sud ouest de l'Allemagne (Endlicher, 1980). Le bassin versant a cependant été réaménagé en grandes terrasses (30 à 60 m de largeur) au cours du siècle dernier, suite à deux campagnes de remembrement ayant eu lieu entre 1969 et 1971 d'une part, et entre 1974 et 1976 d'autre part (Keller, 1985). Une conséquence directe de cette refonte parcellaire a été la mise en place d'un réseau de drainage permettant l'évacuation rapide des eaux de ruissellement. Ce bassin n'est suivi que pour les débits, le suivi de la qualité est donc une prochaine étape qui sera facilitée par l'expérience acquise sur le bassin versant de Rouffach qui n'a subi aucun aménagement majeur depuis sa mise en culture. Les précipitations annuelles sont plus abondantes sur le bassin versant allemand (780 mm, soit 25 % de plus par rapport à Rouffach).
- 22 Le bassin versant du Löchernbach présente spécifiquement une zone de culture intensive de fruits et légumes (avec quelques serres) en aval des terrasses. L'attention portée aux différents produits phytosanitaires recherchés sera donc orientée par les occupations du sol relevées. Les bassins versants sont parcourus par des chemins goudronnés d'accès principaux aux parcelles, en terre ou enherbés. Les pentes sont plus fortes à Rouffach qu'à Eichstetten en raison de la disposition en terrasse de ce dernier.
- 23 Les représentations des dynamiques spatio-temporelles de l'espace sont permises par les Systèmes d'Information Géographique. Cet outil apparaît donc adapté pour collecter et interpréter les descripteurs tant qualitatifs que quantitatifs des sites étudiés dans une perspective de modélisation des transferts d'eau et de solutés. On saisit ici tout l'intérêt de ce type d'outil pour mettre en valeur, gérer et exploiter tant la structure symétrique d'un milieu que son évolution dynamique tout en pointant les invariants.

III. Processus et outil spatial de gestion de données

A. Les transferts d'eau et de solutés au sein de bassins versants

- 24 Nous nous intéressons principalement au ruissellement, grandeur majeure du bilan hydrique en termes de risque de transfert de produits phytosanitaires en zone de piémont viticole sous climat continental. La génération des débits et solutés associés au

sein des bassins versants résulte de la combinaison de différents apports (pluie, pesticides) dont l'occurrence spatiale et le devenir au sein du système étudié varie. Le point de vue adopté cherche à mettre en valeur les principaux facteurs physiques alors interactifs, l'apport de la fonctionnalité des outils géographiques pour les gérer et la prise en compte des symétries détectées pour optimiser la transposition des modèles.

Dispersion et dégradation des pesticides

- 25 La dissipation d'une molécule de produit phytosanitaire dans l'environnement débute, *a priori*, dès son application à partir de laquelle elle va interagir sous différentes formes (phase aqueuse, gazeuse et matrice organo-minérale) avec les différents constituants en présence. Les conditions de distribution sont alors soumises à certaines limites phénoménologiques liées soit aux caractéristiques des molécules, soit aux caractéristiques du milieu récepteur. Dans ce travail, nous nous attachons plus particulièrement à ce deuxième point.
- 26 Force est de constater que les processus et variables en jeu sont nombreux, complexes et interagissent entre eux (Dubus *et al.*, 2003). La prévision des transferts et des risques de contamination associés s'avère alors délicate.
- 27 Deux processus fondamentaux contribuent à la disparition de la substance mère dans un système : (i) la dispersion comprise comme l'entraînement de la molécule et de ses dérivés hors du volume étudié (volatilisation, dilution par les mouvements de l'eau, absorption par les plantes, rétention par des composants organiques ou minéraux) et (ii) la dégradation définie comme la transformation des pesticides dont l'étape ultime est la minéralisation (dégradation abiotique et biotique), (Akzu, 2005). Le transfert de pesticides se réalise majoritairement en phase soluble (Huang *et al.*, 2004). La quantité d'eau mobilisable et le ruissellement interviennent alors comme paramètres majeurs du risque de transfert, ainsi que les paramètres régissant ces processus tels que l'occupation du sol via le taux de désherbage de la parcelle, la longueur de transfert, la vitesse de transfert par ruissellement faisant principalement intervenir les paramètres que sont la pente, la rugosité du sol et les propriétés pédoclimatiques (Warren *et al.*, 2003).

Génération des débits

- 28 La caractéristique dominante dans la détermination des chemins de l'eau au sein d'un bassin versant est la géométrie du bassin versant. Dans ce travail, le terme principal du bilan hydrique que l'on cherche à modéliser est le ruissellement. Les autres termes (évapotranspiration, infiltration, stockage, variation de stock) sont considérés comme des pertes. La pesanteur est le moteur principal de l'écoulement de l'eau et la topographie régit les déplacements préférentiels. Le ruissellement (génération et propagation) dépend donc de l'occupation du sol, des pentes, des formes du macrorelief du réseau de collection des eaux qui concentre les flux (fossés, rigoles, sillons, drains, traces de roue, chemins, etc.) et de la microtopographie (ou microrelief) qui les freine. Notons ici que la végétation peut être vue comme un microrelief présentant une rugosité caractéristique de l'occupation du sol des parcelles viticoles.
- 29 La dynamique temporelle est forcée par les épisodes pluvieux ruisselants, d'une part, et les saisons hydrologiques et culturelles, d'autre part.

- 30 Afin d'établir une corrélation entre les pratiques culturales et la génération d'une pollution, il est naturel et légitime d'envisager une approche spatiale de la formalisation des processus. La prise en compte de la variabilité spatiale et temporelle du bassin versant, que ce soit au niveau des caractéristiques du sol (influence du système de culture de la vigne), au niveau des pratiques culturales mais aussi au niveau du rôle des aménagements anthropiques et des zones tampons, intervenant éventuellement dans la circulation surfacique de l'eau, restreint également ce choix aux outils spatialisés ou semi-spatialisés.

B. L'apport des SIG aux études hydro-chimiques

- 31 Le projet consiste, à long terme, à transposer les techniques de modélisation des transferts hydrochimiques du bassin versant de Rouffach vers le bassin versant du Löchernbach. Cela demande l'homogénéisation des données prises en compte dans le modèle hydrologique initialement conçu. Ces données doivent permettre la mise en œuvre du modèle et la détermination des grandeurs requises telles que les paramètres du milieu (caractéristiques morphométriques, état hydrique et chimique initial du système avant sollicitation), les paramètres caractéristiques du polluant suivi, les paramètres gérant la traduction mathématique des processus (paramètres de forme de la loi d'infiltration de Horton, perte au ruissellement au niveau de l'interception de la végétation, du micro, méso et macro relief, percolation vers la nappe ou la zone sous racinaire).
- 32 D'après l'étude menée par Courbis et Vayssade (2004) sur les représentations de bassins versants, le SIG permet, par son couplage au modèle hydrologique, de mettre en évidence l'influence des paramètres anthropiques sur le débit simulé. Leurs travaux mènent également à la conclusion que le découpage en parcelle des bassins est généralement pertinent considérant l'homogénéité des pentes et du couvert végétal. Ainsi, les caractères et paramètres du bassin versant (lithologie, relief, climat, couvert végétal, réserve d'eau dans le sol, liste des parcelles en aval et hiérarchie de transfert...) doivent être déclinés pour chaque parcelle ou unité hydrologique fonctionnelle. L'apport des produits est également défini à cette échelle, renforçant ainsi la pertinence du choix.
- 33 La mise en place des SIG sur les sites d'études a été réalisée progressivement depuis 2001. Ils comprennent différentes couches élaborées à partir des connaissances construites et de sources diverses (lever GPS à 1 m incluant minimum 14 000 points par site, digitalisation des orthophotos, analyse des photographies aériennes, digitalisation des plans, scan 25 au 1/25000° (IGN), cadastre, missions terrain...).
- 34 Force est de constater que l'origine des données est variable et qu'un travail technique de vérification de conformité, préalable à une comparaison est nécessaire afin de s'affranchir du « bruit » pouvant perturber la symétrie détectée.

IV. Résultats de la transposition et discussion

A. Comparaison de la gestion de l'espace : occupation du sol

- 35 La conceptualisation spatio-temporelle définie, les analyses spatiales, temporelles, incluant la mise à jour, et attributaires sont alors possibles et permettent la mise en

œuvre du modèle hydrologique spatialisé (Grégoire *et al.*, 2005). Des statistiques simples sur l'occupation du sol sont établies afin de permettre une inter-comparaison et de quantifier les intrants de polluants dont la modélisation du transfert est recherchée à terme (Tableau 1). Les caractéristiques physiques influençant les principaux paramètres du modèle hydrologique sont particulièrement calculées (Tableau 2)

Tableau 1 : Comparaison des taux de cultures et d'enherbement des parcelles culturales entre le bassin versant de Rouffach (Haut-Rhin, France).

		Bassin versant de Rouffach	Bassin versant de Eichstetten
Par rapport à la superficie totale des parcelles culturales	Taux de parcelles de vignes	68,3 %	75,0 %
	Taux de parcelles de culture de légumes	0 %	19,5 %
	Taux de parcelles nues ou labourées	6,2 %	1,7 %
	Taux de parcelles de vergers	6,5 %	0,7 %
	Taux de parcelles où la culture est inconnue	0 %	2,5 %
Par rapport à la superficie totale des parcelles de vignes	Taux de parcelles enherbées tous les rangs	18,3 %	41,8 %
	Taux de parcelles enherbées un rang sur deux	68,8 %	49,9 %
	Taux de parcelles désherbées	7,2 %	8,3 %
	Taux de parcelles dont l'enherbement est inconnu	5,7 %	0 %

Tableau 2 : Données spatiales des bassins versants de Rouffach (Haut-Rhin, France) et du Löchernbach (Kaiserstuhl, Allemagne)

	Bassin versant de Rouffach	Bassin versant de Eichstetten
Superficie du BV hydraulique (ha)	42,1 (100 %)	180,1 (100 %)
Surface occupée par les cultures (ha)	35,5 (84,3 %)	145,9 (81,0 %)
Surface occupée par les biefs (ha)	4,0 (9,5 %)	15,9 (8,8 %)
Surface occupée par les connexions (ha)	2,3 (5,5 %)	17,3 (9,6 %)
Surface occupée par la vigne (ha)	26,3 (62,5 %)	109,4 (60,7 %)
Longueur totale du réseau de chemins (km)	5,66	47,65
Longueur totale des chemins goudronnés (km)	1,24	33,70
Longueur du réseau de drainage artificiel (km)	0	15,16
Altitudes minimale et maximale (m)	230-370	240-520
Pente moyenne du bassin versant	14,7 %	6,1 %
Pente moyenne des parcelles culturales	16,2 %	5,8 %
Pente moyenne des biefs	14,3 %	7,1 %

- 36 Les deux bassins versants sont principalement viticoles pour 68,3 % et 75 % de la superficie totale sur le bassin de Rouffach et de Eichstetten, respectivement. Notons que les cultures de légumes occupent 19,5 % du territoire du bassin versant de Eichstetten, tandis que ce type de culture est, en revanche, absent à Rouffach. Ceci s'explique en partie par la possibilité d'irriguer les cultures et la topographie plane offerte en aval du bassin versant et favorable au maraîchage. Le taux de parcelles nues ou labourées est plus important de 4,5 % à Rouffach par rapport à Eichstetten, mais ce chiffre n'est pas significatif car il peut varier dans le temps, d'une année à l'autre, en fonction du renouvellement des vignes, notamment. En revanche, les vergers sont plus importants à Rouffach (6,5 % contre 0,7 % à Eichstetten) tout comme la forêt en tête de bassin (19 % à Rouffach, inexistante à Eichstetten).
- 37 En ce qui concerne l'enherbement des inter rangs de vigne mis en place comme stabilisateur de sol (Cao *et al.*, 2006) et comme immobilisateur de nitrate (Grégoire et Tournebize, 2004), on constate que cet itinéraire technique est majoritairement présent sur les deux sites. Au final, il s'agit de plus de 87 % de la superficie en vigne à Rouffach qui sont enherbés tous les rangs ou tous les deux rangs et 91 % pour le bassin versant d'Eichstetten. L'enherbement tous les rangs est plus développé en Allemagne (41,8 %) qu'en France (18,3 %). Les raisons du plus faible taux français ne sont pas uniquement dues aux compétitions hydriques ou azotées qui interdisent la présence d'herbe, mais sont le résultat de l'action des viticulteurs double-actifs moins renseignés et prudents

dans la gestion de leurs vignes et la présence de jeunes vignes plus sensibles au stress hydrique. Le taux de parcelles totalement désherbées est équivalent sur les deux bassins, de l'ordre de 7 à 8 %.

- 38 Dans la perspective d'une modélisation hydro-chimique, la superficie de référence pour la collecte des flux hydriques de surface est le principal paramètre de variation. Nous prenons en compte la superficie hydraulique avec les modifications du bassin versant topographique dues à la présence des chemins, fossés et drains qui modifient l'écoulement de l'eau. Le bassin versant d'Eichstetten présente une superficie 4,5 fois plus grande que celui de Rouffach (Tableau 2) mais les pourcentages d'occupation du sol respectifs (parcelles en cultures, biefs compris comme un chemin sur lequel s'écoule l'eau, connexions matérialisant la jonction entre parcelle et bief, parcelles en vigne) restent comparables. 9,5 % de la superficie du bassin versant de Rouffach sont occupés par les chemins, 8,8 % pour le bassin versant de Eichstetten. La différence majeure réside dans le fait que le bassin allemand possède un réseau de drainage artificiel (15 kilomètres), ce qui n'est pas le cas en France.

B. Exploitation de la symétrie : données hydrologiques et pédologiques

- 39 Les données pluviométriques (Tableau 3), moteur de la dispersion au sein des agrosystèmes, si l'on écarte les phénomènes de volatilisation, sont issues de plusieurs sources : la station METEO France du Horhain à Rouffach (MIRIA, 5 paramètres), des données ponctuelles liées à des événements majeurs et aux données issues de l'analyse climatique du fossé rhénan méridional (Atlas climatique, 1995).
- 40 Les variations spatiales des précipitations présentent des rapports de 1 à 4 entre la plaine et la montagne (Atlas Climatique, 1995). Les deux sites suivis se situent à des altitudes comparables (comprises entre 230 et 520 m) et sont soumis à des vents dominants de direction similaires, principalement orienté Sud-est/Nord-ouest. La symétrie de position provoque ici un écart des valeurs des descripteurs météorologiques dû au gradient pluviométrique décroissant d'un site à l'autre : les Vosges représentent le premier obstacle important pour les masses d'air maritimes en provenance de l'Ouest et provoque un effet d'abri qui entraîne des cumuls de précipitations annuels plus faibles sur le piémont alsacien, soit, par exemple 599 mm à Rouffach contre 778 mm à Eichstetten au pied du Kaisersthul.
- 41 Les conditions pluviométriques sont particulièrement intéressantes à étudier pendant la période d'activité de la végétation qui se calque sur celle de l'emploi des produits phytosanitaires. La répartition spatiale des précipitations durant la saison hydrologique « été » qui s'étend de mai à octobre, est déterminée par les processus convectifs et les situations anticycloniques qui prédominent durant cette période. La région de Colmar qui inclut le bassin versant de Rouffach reçoit en moyenne moins de 270 mm d'eau tandis que les apports sur le bassin versant de Eichstetten sont majorés de 66 % et atteignent 450 mm pour cette même période. Ce contraste s'accompagne également d'un écart entre les jours d'orage recensés sur les deux régions, soit 20 et 32, respectivement pour le bassin versant français et allemand, durant la saison hydrologique « été ». Le manque d'observations ne permet cependant pas de comparer les précipitations journalières ou étudiées à un pas de temps inférieurs. Seules les observations sur les stations proches de Rouffach (Horhain et Hôpital) ont permis de

déterminer un maxima journalier de 41 mm (+/- 14,2) et horaire de 25 mm (+/- 8,7) durant la période de mai à octobre.

- 42 La génération des débits à l'exutoire des bassins versant dépend d'un ensemble de processus et facteurs tels que les caractéristiques morphométriques du milieu, l'occupation du sol, la pédologie, la géologie du bassin versant, la climatologie, les conditions initiales mais est majoritairement proportionnelle à la superficie du bassin versant. Les débits spécifiques maximaux (Tableau 3) sont de 154 et 412 L/s/km² pour les bassins versant de Rouffach et Eichstetten, respectivement. La comparaison ne peut s'effectuer directement car la valeur de Rouffach correspond à une moyenne sur plus de cent événements, tandis que la valeur établie en Allemagne ne fait référence qu'à quelques épisodes. Les intensités de pluie associées donnent toutefois une indication sur la signification de ses deux valeurs. Pour une intensité de pluie à Eichstetten multipliée par 1,3, le débit spécifique est multiplié par 2,6. Nous pouvons donc en conclure que le bassin du versant est ruisselle plus que celui de l'ouest. Ceci est également confirmé par les coefficients de ruissellement annuels qui sont de 3 % à Rouffach et de 6 % à Eichstetten. Il est également délicat d'énoncer un débit moyen puisque le bassin versant de Rouffach présente un débit de base nul et ne ruisselle que pour une intensité de pluie supérieure à 2 mm en 6 minutes en moyenne. Si l'on considère le risque de transfert de pesticides comme les herbicides et le glyphosate⁴ plus particulièrement, il convient également d'envisager la pédologie. Enfin, l'apport mutuel de la compréhension des processus de transfert au sein des bassins versants peut se concrétiser au regard des processus prépondérants dans le risque de transfert des pesticides.

Tableau 3 : Données pluviométriques synthétiques sur les bassins versants de Rouffach (France) et Eichstetten (Allemagne). [*] : valeurs acquises de 1951 à 1980 (Atlas Climatique, 1995). [**] : valeurs acquises de 1945 à 2005, Station METEO France du Horhain à Rouffach.

En mm	Bassin versant Rouffach	Bassin versant Eichstetten
Cumul annuel, moyenne inter annuelle (Mia)	599,3 (+/- 106,2)	778
Maximum	867,3 mm (en 1999)	
Minimum	361,2 mm (en 1953)	
Cumul saison été – mai à octobre – (Mia)	270 (45 % de Mia) *	450 (57 % de Mia) *
Moyenne saison hiver – novembre à avril – (Mia)	270 *	270 *
Pluie journalière maximale (moyenne saison été)	41 (+/- 14,2) **	/
Nombre jours d'orage, saison été (mai à octobre)	20*	32*
Pluie horaire maximale (moyenne saison été)	25 (+/- 8,7) **	/
Direction des vents dominants	Nord-Nord Ouest	Nord Nord Est
Vitesse vent dominant (m/s)	1,6 à 3 *	5,1 à 8 *
Débit maximum à l'exutoire (L/s)	65 (+/- 36) (moyenne sur 107 événements de 2003 à 2005) en L/s	742 le 30/06/77 245 le 31/08/2001
Débit spécifique maximal (L/s/km ²)	154	412
Intensité de pluie associée (mm en 6 minutes)	3,8 (+/- 2,2)	5,0 événement du 30/06/77
Coefficients de ruissellement	3 à 5 % vigne	4 à 8 % vigne 12 % polyculture

C. État chimique de l'hydrosystème français

- 43 Les concentrations des molécules épandues sur les parcelles du bassin versant de Rouffach (France) ont été suivies durant trois ans. Les enquêtes sur les pratiques menées en 2005 ont révélé le glyphosate, herbicide post-émergent (Torstensson, 1985)

et le diuron⁵ herbicide de la famille des urées substituées comme molécules communes utilisées en France et en Allemagne. Nous présentons (Tableau 4) les résultats des analyses des échantillons d'eau concernant le diuron, le glyphosate et sa molécule de dégradation l'aminomethylphosphonic acide ou AMPA. Le tableau 5 recense les valeurs concernant le glyphosate adsorbé sur les particules du sol et les sédiments pour différentes occupation du sol et pour la période pré et post-épandage. Nous avons regroupé les types d'occupation selon trois critères majeurs observables sur le bassin : terre avec ou sans herbe et route imperméables goudronnées. Les prélèvements sont collectés entre 0 et 5 cm de profondeur, horizon qui concentre plus de 90 % des la teneur en pesticide adsorbés (Louchart *et al.*, 2001).

Tableau 4 : Diuron, glyphosate et AMPA : concentrations (phase en solution) moyenne, minimale et maximale à l'exutoire du bassin versant pour les campagnes de mesures de 2003 à 2005 réalisées à Rouffach (France).

Campagne	Molécule	Moyenne µgL ⁻¹	Minimum µgL ⁻¹	Maximum µgL ⁻¹	Nombre d'échantillons
2003	Glyphosate	9	1	38	14
	AMPA	4	1	11	14
	Diuron	0,98	0	7	14
2004	Glyphosate	18	1	64	30
	AMPA	4,5	2	19	30
	Diuron	0,79	0.1	7	21
2005	Glyphosate	21	3.5	63	21
	AMPA	5	2	7	19
	Diuron	2,2	1	8,8	19

- 44 Toutes les analyses sont réalisées par le Laboratoire Eaux et Environnement de l'Institut Pasteur de Lille (France), certifié par les Ministères français de l'Environnement et de la Santé.
- 45 Même si les captages d'eau potable ne se situent pas à l'exutoire du bassin versant (puisque'ils sont majoritairement situés en plaine), nous constatons que l'ensemble des concentrations est supérieur au seuil de potabilité fixé à 0,1 mgL⁻¹ pour une molécule donnée. En moyenne, sur les trois années, les concentrations sont de 16 (+/- 6,2) µgL⁻¹, 4,5 (+/- 0,5) µgL⁻¹ et 2.2 (+/- 1,8) µgL⁻¹ respectivement pour le glyphosate, l'AMPA et le diuron.
- 46 Les concentrations en glyphosate à l'exutoire du bassin versant de Rouffach peuvent atteindre 64 µgL⁻¹, mais au regard des quantités épandues sur le bassin versant, moins de 1 % des intrants est exporté par ruissellement pour les bilans annuels 2003, 2004 et 2005. Ce chiffre est conforme à la bibliographie pour ce type de bassin versant puisque différents auteurs indiquent des taux d'exportation de 0,2 % (Louchart *et al.*, 2001) à 1,8 %.
- 47 En ce qui concerne les valeurs de glyphosate et d'AMPA adsorbés, compte tenu du protocole d'échantillonnage et des limites de détection, les résultats montrent que les stocks au niveau des différentes occupations du sol avant les premiers épandages sont faibles et varient de 0,02 à 0,1 µgL⁻¹, mais au regard des quantités épandues sur le bassin versant, moins de 1 % des intrants est exporté par ruissellement pour les bilans annuels 2003, 2004 et 2005. Ce chiffre est conforme à la bibliographie pour ce type de bassin versant puisque différents auteurs indiquent des taux d'exportation de 0,2 % (Louchart *et al.*, 2001) à 1,8 %.

48 En ce qui concerne les valeurs de glyphosate et d'AMPA adsorbés, compte tenu du protocole d'échantillonnage et des limites de détection, les résultats montrent que les stocks au niveau des différentes occupations du sol avant les premiers épandages sont faibles et varient de 0,02 à 0,1 μgL^{-1} . Le glyphosate peut ensuite migrer en dehors du volume d'étude et atteindre les eaux souterraines de la Nappe d'Alsace. Même si l'AMPA est plus persistant que le glyphosate les explications avancées plus haut restent valables. Dans la période post-épandage, les teneurs sont globalement plus élevées et varient de 0,04 mg/kg pour le glyphosate (terre avec herbe) à 0,17 mg/kg (terre sans herbe), respectivement 0,02 mg/kg et 0,06 mg/kg pour l'AMPA. Les écarts types et coefficients de variation sont élevés, ces derniers pouvant atteindre 189 %. Ces fortes valeurs sont dues en partie au faible échantillonnage, mais également à la forte variabilité du milieu déjà relevée par Grégoire et Tournebize (2004). Il est également intéressant de constater que les valeurs relevées sur les parcelles enherbées et les routes goudronnées sont du même ordre de grandeur (0,04 mg/kg +/- 0,035 pour les parcelles et +/- 0,025 pour les routes). Ce résultat peut s'expliquer par les phénomènes de dérive qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres lors des épandages, des phénomènes de volatilisation avec contamination des eaux de pluie et par les phénomènes de ruissellement des parcelles vers les routes avec dépôts sur celles-ci.

D. Symétrie, transfert de valeurs et regard croisé

- 49 Afin de mettre en œuvre un diagnostic environnemental performant et transposable, nous avons déterminé les invariants et les spécificités des systèmes. Dans la perspective de l'évaluation du bassin versant d'Eichstetten qui ne fait pas l'objet d'un suivi régulier des pesticides, nous raisonnons simplement en évaluation hiérarchique pour évaluer les risques potentiels du bassin par rapport à celui qui est instrumenté. A partir des données de l'état du système français, nous extrapolons par comparaison et symétrie les résultats pour évaluer l'état du système allemand. Une première validation est menée grâce à quelques mesures acquises sur ce dernier.
- 50 En ce qui concerne le taux de superficie en vigne et la couverture en herbe des inter rangs des parcelles et des connexions entre les parcelles et les chemins, les pourcentages respectifs des deux bassins versants sont comparables.
- 51 Les doses de produits sont également similaires au regard des différentes formulations utilisées (liquide dilué, granulés, dose à l'hectare). Ces valeurs constituent alors les invariants des systèmes et autorisent la poursuite de l'évaluation.
- 52 Le bassin versant d'Eichstetten présente plusieurs facteurs pouvant paraître aggravants tels que la présence du réseau de drainage et sa forte longueur (15,6 km). Cependant, la majorité des produits phytosanitaires reste présente dans les premiers centimètres du sol (Louchart *et al.*, 2001). L'infiltration des eaux rendue possible par la faible pente des parcelles (5,8 %) et ne pouvant s'effectuer que sur une profondeur de quelques décimètres en dessous de la zone racinaire n'est cependant pas un processus pénalisant. En effet, des analyses d'eau effectuées le 27 juin 2006 (en période post épandage), en tête de réseau de drainage et en aval, révèlent des concentrations en glyphosate, AMPA et diuron très faibles, de l'ordre de 0,02 μgL^{-1} .
- 53 Le réseau de chemin goudronné important (33,7 km) implique un transfert rapide et une augmentation du volume des eaux de surface (Merz and Bardossy, 1998), phénomènes augmentant le transfert de pollution vers l'aval (Domange *et al.*, 2005). Les

analyses de contrôle des échantillons prélevés en juin 2006 sur les sols des parcelles enherbées et désherbées à Eichstetten, ainsi que sur les sédiments des routes présentent des teneurs en matière actives comparables à celles des échantillons français, soit 0,02 mg/kg. Les valeurs caractérisant les parcelles enherbées et les routes goudronnées sont également du même ordre de grandeur, comme en France et témoignent d'un même processus de dispersion.

- 54 La polyculture augmente la diversité des molécules employées, offre la possibilité d'interactions entre elles (Manavathi *et al.*, 2005), rend plus difficile le suivi et favorise les possibilités de transfert en lien avec les propriétés physico-chimiques de celles-ci. Cependant, l'étude de cette zone située en aval du bassin versant allemand n'a pu avoir lieu en 2006 et des résultats de validation sont en attente au moment de l'édition de cet article.
- 55 Enfin, la pluviométrie est plus abondante sur le versant est du fossé rhénan (+ 25 % par rapport au versant ouest) favorisant alors les pertes par ruissellement. En ce qui concerne la vigne, les coefficients de ruissellement sont multipliés par deux pour les événements se déroulant à Eichstetten par rapport à ceux ayant lieu à Rouffach, respectivement 8 et 4 % (Tableau 5). Ces facteurs participeraient alors à l'augmentation des flux de matière en sortie des hydrosystèmes étudiés, des bilans de masse pourraient apporter un diagnostic quantitatif. Une plus forte intensité, comme celle observée à Eichstetten, provoque un arrachement des particules de sol, favorise la désorption des pesticides adsorbés et pourrait entraîner une remobilisation des résidus fortement retenus sur la matrice du sol (INRA, 2005). Le risque de transfert de polluant serait alors accru. Mais la disposition en terrasse du bassin versant minimise les transferts par érosion et atténue ainsi le risque de transfert de pollution diffuse.

Tableau 5 : Glyphosate et AMPA : concentrations (phase adsorbée) sur particules de sol et sédiments pour différentes occupations du sol, campagnes de mesures de 2006 réalisées à Rouffach (France) – CV : Coefficient de variation, n : nombre d'échantillons.

Occupation du sol (mg/kg)		Phase pré-épandage (avril 2006)		Phase post-épandage (mai-juin 2006)	
		Glyphosate	AMPA	Glyphosate	AMPA
Terre avec herbe	Moyenne	0,01	0,01	0,04	0,02
	Écart type	/	/	0,035	0,007
	CV (%)	/	/	101	47
	n	2	2	4	4
Terre sans herbe	Moyenne	0,01	0,01	0,17	0,06
	Écart type	/	/	0,32	0,068
	CV (%)	/	/	189	121
	n	2	2	6	6
Route goudronnée	Moyenne	0,01	0,01	0,04	0,02
	Écart type	0,002	/	0,025	0,01
	CV (%)	40	/	68	50
	n	3	3	4	4

- 56 Une validation consolidée par un suivi approprié du site allemand est en cours dans le projet LIFE ENVIRONMENT référencé LIFE 06 ENV/F/000133, ArtWET (Mitigation of agricultural nonpoint-source pesticide pollution and phytoremediation in artificial wetland ecosystems // Réduction de la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires et phytoremédiation dans les zones humides artificielles). Les résultats sont attendus dans deux ans.

V. Apport et limite de la notion de symétrie dans l'étude des transferts de symétrie à l'échelle du bassin versant

- 57 Les sciences contemporaines sont souvent spécialisées. Précises, elles ne laissent que peu de place à l'interdisciplinarité. Il existe cependant des connivences fécondes qui permettent après examen des parentés de mettre en évidence des phénomènes nouveaux.
- 58 Si la symétrie est omniprésente, incontournable et familière, une organisation parfaite et absolument symétrique n'existe qu'en théorie. Dans la réalité et plus particulièrement en géographie, la symétrie ne peut être qu'approchée. Au-delà de l'organisation matérielle du paysage, elle ne doit alors pas être envisagée comme une propriété de notre environnement mais comme un concept de nature relationnel incluant les relations physiques à différentes échelles, les relations sociales, culturelles, etc.
- 59 Dans un contexte transfrontalier, nous montrons que l'étude des transferts des produits phytosanitaires au sein d'un hydrosystème sous influence agricole peut bénéficier d'une telle réflexion. Après détermination des processus dominants (ruissellement) et des paramètres pertinents en climatologie, en chimie, en science du sol, en gestion et organisation de l'espace, nous envisageons d'évaluer le risque de transfert de pollution au sein d'un bassin versant non instrumenté par rapport aux acquis d'un bassin versant expérimental équipé et dédié au suivi des pesticides.
- 60 L'élaboration du savoir acquis sur les deux bassins versants au sein de systèmes géographiques co-construits nous a permis l'évaluation croisée des bassins versants au regard des processus de transferts d'eau et de solutés associés.
- 61 La comparaison directe des bassins versants peut s'effectuer sur les caractéristiques physiques, sur la gestion de l'espace et l'occupation du sol. Cette évaluation est largement conditionnée par les effets des actions anthropiques telles que la modification de la superficie par l'établissement de nouveaux fossés ou la diminution de la pente par remembrement. Nous ne saurions parler de symétrie à ce sujet d'autant plus que les objets étudiés sont artificiellement modifiés.
- 62 La symétrie recherchée est perceptible et descriptible à différentes échelles et sur différents plans induisant alors des processus de transfert différenciés. En ce qui concerne la vision du système global à l'échelle du fossé rhénan, la mise en coïncidence des objets peut s'envisager sur le plan de la pédologie, de la climatologie et de la macrotopographie. Il faut garder en mémoire que le système est soumis au gradient majeur de la pluviométrie, ce qui conditionne le principe d'invariance attendu sans qu'il ne faille toutefois évoquer une rupture de symétrie. Sur le plan géographique direct et strict, la climatologie gouvernant la génération des débits pénalise le site germanique.
- 63 La position transfrontalière des agrosystèmes étudiés nourrit le concept au niveau des relations sociales et culturelles dans un cadre réglementaire spécifique à chaque pays mais qui tend à s'homogénéiser dans le contexte européen. En effet, il est intéressant de constater que l'enherbement des inter rangs de vigne a été initié en Suisse et en Allemagne pour des raisons environnementales (gestion des intrants) vers 1970 et a été adopté en Alsace pour des raisons majeures liées à la stabilité des sols. Nous montrons

dans cette étude que cet itinéraire technique est désormais bien implanté et que sa fonctionnalité concerne principalement l'amélioration de la qualité des eaux : les terrasses allemandes ne sont pas soumises au risque d'érosion mais sont cependant enherbées à plus de 80 %. La symétrie des pratiques viticoles de part et d'autre de la frontière a donc enrichi le patrimoine français.

- 64 Enfin, dans l'analyse centrée de l'état chimique des agrosystèmes, l'apport raisonné des molécules a pu être confronté internationalement par l'intermédiaire de réseaux professionnels. Cet aspect est toutefois caché par l'intervention et l'activité du réseau commercial, la mise en place de polyculture ou la législation concernant la liste des produits autorisés pour chaque pays.
- 65 Au-delà de l'image de la symétrie qui désigne des proportions harmonieuses dans l'Antiquité ou celle de l'ensemble des opérations géométriques qui décrivent l'organisation spatiale, le concept peut donc être mis au service de la compréhension des systèmes naturels et agricoles sous influence anthropique.

BIBLIOGRAPHIE

- AKZU Z. (2005). « Application of biosorption for the removal of organic pollutants : a review Process », *Biochemistry*, Volume 40, Issues 3-4, p. 997-1026.
- ATLAS CLIMATIQUE DU FOSSE RHENAN MERIDIONAL (1995). Ed. Coprur. ISBN 2-903297-97-5. Cartes, texte et annexes, 212 p.
- CAO C.S., CHEN L., GAO W., CHEN Y and YAN M. (2006). —« Impact of planting grass on terrene roads to avoid soil erosion ». *Landscape and Urban Planning*, Volume 78, Issue 3, 9, p. 205-216.
- COURBIS A.-L. et VAYSSADE B. (2004). « Représentation de bassins versants sous SIG en vue d'établir leur bilan hydrique par simulation », conférence francophone ESRI : SIG 2004, thématique de l'eau.
- COX C. (2004). « Herbicides factsheet : glyphosate ». *Journal of pesticides reform*, 24, p. 10-15.
- DOMANGE N., GREGOIRE C., GOUY V., TREMOLIERES M. (2005). —« Fonctionnement hydrochimique d'un bassin versant – Cas des pesticides sur le bassin versant de Rouffach (Haut-Rhin) ». 35e congrès du Groupe Français des Pesticides, Université de Marne la Vallée, 18-20 mai 2005. 6 p.
- DUBUS I., BROWN C.D., BEULKE S. (2003). « Source of uncertainty in pesticide fate modeling ». *The science of the Total Environment*, 317, (1-3), p. 53-72.
- ENDLICHER W. (1980). « Lokale Klimaveränderungen durch Flurbereinigung : das Beispiel Kaiserstuhl ». In : *Erdkunde*, vol. 34. p. 175-190.
- FAO-UNESCO, (1981). « Soil map of the world », 1/5000000, Roma.
- GREGOIRE C. et TOURNEBIZE J. (2004). « L'enherbement du vignoble alsacien : un bilan positif vis à vis du transfert de nitrates ». *Revue Géographique de l'Est*, Tome XLIV, numéro 1-2, p. 55-61.

GREGOIRE C. et LITEAUTON C. (2004). « Étude de la dynamique de l'occupation du sol en zone viticole A.O.C. sur trois communes du Bas-Rhin ». *Revue Géographique de l'Est*, Tome XLIV, numéro 1-2, p. 43-53.

GREGOIRE C., PRALONG N., MADIER S., DOMANGE N. (2005). —« Gestion environnementale des risques dus à l'utilisation de produits phytosanitaires au sein d'un bassin versant viticole : apport d'une modélisation sous SIG ». 35e congrès du Groupe Français des Pesticides, Université de Marne-la-Vallée, 18-20 mai 2005. 8 p.

GREGOIRE C. (2006). « Caractérisation et modélisation des processus de transfert de pollution diffuse au sein de bassins versants viticoles après pris en compte de l'hétérogénéité spatio-temporelle des systèmes étudiés. Mémoire HDR, Université Louis Pasteur, 85 p.

HENRY M. (2002). « La symétrie ». *ULP Sciences, journal de l'Université Louis Pasteur*, n° 6, janvier 2002, p. 7-10.

HUANG X., PEDERSEN T., FISHER M., WHITE R., YOUNG T.M. (2004). —« Herbicide runoff along Highways. Sorption control. Environ ». *Sci. Technol.*, 38, p. 3272-3278.

INRA (2005). « Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux, expertise scientifique collective » Aubertot, Barbier, Carpentier, Grill, Guichant, Lucas, Savary, Savini, Voltz (Editeurs), 64 p.

KELLER R. (1985). « Anthropogene Einflüsse auf hydrologische Prozesse – südliches Oberrheingebiet ». *Compte rendu du projet de recherche Ke 8/84-5. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*, inédit.

LOUCHART X., VOLTZ M., ANDRIEUX P. and MOUSSA R. (2001) —« Herbicides runoff at field and watershed scales in mediterranean vineyard area ». *J. of Env. Quality*, 30, 3, p. 982-991.

MANAVATHI B., PAKALA S. B., GORLA P., MERRICK M. and SIDDAVATTAM D. (2005). « Influence of zinc and cobalt on expression and activity of parathion hydrolase from *Flavobacterium* sp. ATCC27551 ». *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Volume 83, Issue 1, p. 37-45.

MERZ B. and BARDOSSY A. (1998). « Effects of spatial variability on the rainfall runoff process in a small loess catchment ». *Journal of hydrology*, 212-213, p. 304-317.

TORSTENSSON (1985). « Behavior of glyphosate in soils and its degradation ». In Grossbard and Atkinson, Editors. *The herbicides glyphosate*, Butterworths, London.

VAN DER WERF H.M.G. (1997). « Évaluer l'impact des pesticides sur l'environnement ». *Les courriers de l'environnement de l'INRA, CE*, n° 31, p. 5-22.

VOLTZ M. et LOUCHART X. (2001). « Les facteurs clés de transfert des produits phytosanitaires vers les eaux de surface ». N° Spécial Phytosanitaires EAT, p. 45-54.

WARREN N., ALLAN I.J., CARTER J.E., HOUSE W.A., PARKER A. (2003). « Pesticides and other micro-organic contaminants in freshwater sedimentary environments ». A review. *Applied Geochemistry*, 18, p. 159-194.

NOTES

1. Le glyphosate peut ensuite migre1. Composé du groupe des tri-azines très utilisé comme herbicide de pré-émergence des cultures du maïs.
2. Herbicide systémique du maïs bloquant la photosynthèse.
3. Herbicide appartenant à la famille des halogénophénylurées.

4. Le glyphosate est une molécule assez soluble 12 mg/L à 20°C et possède toutefois un coefficient de partage sol/eau élevé de 3 500. Il est donc soluble et se fixe sur les particules solides pourtant facilement : c'est la particularité essentielle de cette molécule (Ritter, 2001). Le temps de demi vie varie de 3 à 215 jours selon les conditions de détermination au champ ou en laboratoire (Grunewald et al., 2001). Elle est non bioaccumulable puisque cette molécule présente un coefficient de partage octanol eau de 10-3,2, la limite débutant à 103 (Cox, 2004).
 5. Le diuron est plus soluble que le glyphosate (22 à 42 mg/L à 20°C), il persiste dans les sols pendant une saison complète ou davantage et est plus bioaccumulable que le glyphosate puisque son coefficient de partage octanol eau de 10-2,6.
-

RÉSUMÉS

Le fossé Rhénan est bordé par une zone de piémont viticole en Allemagne et en France. Ces deux territoires se donnent la réplique géographiquement tout en résultant, de part et d'autre de la plaine d'Alsace, de la gestion technique et légale propre à chaque pays. Ce travail vise à représenter ces deux zones selon une méthodologie commune afin de supporter à terme une modélisation hydrologique spatialisée par un enrichissement réciproque. Spécificités et caractéristiques propres sont déterminées sur chaque milieu. L'unité d'étude est le bassin versant qui est décomposé en objets élémentaires contributifs à la génération des débits. Ces objets sont qualifiés comme zone d'apport et de transfert de pollution diffuse au sein d'un système d'information géographique couplé à une base de données objets/paramètres renseignant l'algorithme de calcul hydrologique. La question de la transposition d'un modèle élaboré sur un site à un autre est alors posée à travers l'exploitation du concept de symétrie confronté aux pratiques de comparaisons quantitatives.

Both in France and Germany wine-growing zones form the boundary of the Upper Rhine Valle. Land management is different in both countries which may result in a different behaviour in terms of hydrology and mobility of pesticides. This work aims at representing these zones according to a common methodology in order to facilitate spatially distributed modelling. A specific catchment is separated into contributing elements. These elements are characterized according to their role in water and pesticide transfer. Each element is rated as zone of contribution or transfer using a geographical information system coupled to a data base. The question of the transposition of modelling from one site to another deals then with the concept of symmetry confronted with the practices of quantitative comparisons.

Sowohl in Frankreich als auch in Deutschland grenzen Weinbaugebiete direkt an den Oberrheingraben. Allerdings unterscheiden sich die Bewirtschaftungsformen in beiden Ländern erheblich, wodurch es zu Unterschieden in der Hydrologie und im Verhalten von Pestiziden kommen kann. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Studie eine Methode entwickelt, um Weinbaugebiete zu beiden Seiten des Oberrheingrabens einheitlich in flächendetaillierte Modelle einzugliedern. Ein Einzugsgebiet wird hierbei in beitragende Flächen unterteilt, welche anhand ihrer Rolle beim Wasser- und Pestizidtransport charakterisiert werden. In einem geographischen Informationssystem, das an eine Datenbank gekoppelt ist, wird jede einzelne Fläche als Zone der Quelle oder des Transports von Pestiziden eingestuft. Die Übertragung von Modellansätzen von

einem Untersuchungsgebiet auf ein anderes geschieht mit Hilfe des Symmetriekonzepts. Dessen Erfolg wird anhand von quantitativen Vergleichen beurteilt.

INDEX

Mots-clés : comparaison, fossé rhénan, hydrologie, symétrie, transfert de pesticides, transposition, vignoble

Schlüsselwörter : Hydrologie, Oberrheingraben, Pestizidtransport, Symmetrie, Übertragung, Vergleich, Weinbaugebiet

Keywords : comparison, hydrology, pesticides transfer, symmetry, transposition, upper Rhine Valle, vineyard

AUTEURS

CAROLINE GRÉGOIRE

1, quai Koch, 67070 Strasbourg, France, caro@engees.u-strasbg.fr

JENS LANGE

ENGEEES-CEVH, Institute of Hydrology, University of Freiburg Fahnenbergplatz, 79098 Freiburg, Germany