

**DIPLOME D'ETUDES APPROFONDIES**  
" Sciences de l'eau dans l'environnement continental "

**RECHERCHE D'INDICATEURS SPATIAUX DE LA  
POLLUTION DIFFUSE D'ORIGINE AGRICOLE PAR  
LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES À L'ÉCHELLE  
DÉPARTEMENTALE**

Application au département du Gers (32)

Mémoire de D.E.A., présenté et soutenu par  
**Sylvain PAYRAUDEAU**

## **Remerciements :**

Je tiens à remercier Alain DELACOURT de m'avoir proposé ce stage dans le cadre du DEA.

Je remercie Gilles LECHAPT directeur du Laboratoire Commun de Télédétection pour m'avoir accueilli au sein de l'équipe de chercheurs.

Je remercie particulièrement Flavie CERNESSON, mon maître de stage pour ses conseils et son soutien durant toute la durée du stage. Mon travail de DEA s'inscrivait dans la thèse de François COLIN, je le remercie pour la découverte des campagnes de terrain et pour ses conseils précieux.

Je tiens à remercier Valérie TRONCHE, de la chambre d'Agriculture du Gers pour ses informations et son intérêt pour ce travail. Je remercie également M.FORGET directeur adjoint de la DDAF du Gers pour sa collaboration ainsi que M. SIMONUTTI, ingénieur à la DDASS du Gers, pour la mise à disposition des données relatives à la qualité des cours d'eaux gersois.

Je remercie tout le personnel de la Maison de la Télédétection et particulièrement les stagiaires, grâce à qui le travail s'est déroulé dans une ambiance détendue et enrichissante.

Je remercie enfin Fanette pour son soutien moral inestimable.

## Résumé :

L'étude de la **pollution diffuse** par les **produits phytosanitaires** peut être menée à diverses échelles. Pour ce travail, l'échelle des grands bassins a été retenue. Cette échelle d'étude correspond à une gestion départementale de la qualité de l'eau. L'étude porte sur le département du Gers caractérisé par un secteur agricole prédominant.

La démarche d'étude de la pollution diffuse mise en place est basée sur les préconisations du CORPEN en matière de **diagnostic**. Les diverses données accessibles à l'échelle départementale sont spatialisées selon un découpage hydrologique en **bassin versant**. Les descripteurs créés permettent de caractériser le milieu, les pratiques agricoles et la qualité des eaux qui en découle. Certains de ces descripteurs peuvent être considérés comme des **indicateurs** de la pollution diffuse par les produits phytosanitaires à l'échelle des grands bassins. Pour passer du stade de descripteur à celui d'indicateur, il est nécessaire de valider la pertinence des descripteurs à caractériser la pollution rencontrée dans les rivières gersoises.

La pertinence des descripteurs peut être estimée par confrontation aux données de qualité de l'eau. Deux réseaux de surveillance de la qualité des eaux superficielles permettent de connaître les concentrations en produits phytosanitaires des rivières gersoises. Il s'agit du réseau de contrôle de la DDASS et du réseau développé par la MISE.

L'étude des données de qualité des eaux obtenues grâce à ces deux réseaux montre qu'un diagnostic spatial ne peut être mené à l'aide de ces données de qualité à l'échelle départementale. En effet, ces données sont collectées avec une faible fréquence et lors de contexte climatique variable. Le nombre restreint de données ne nous permet pas d'expliquer la variabilité à l'aide des descripteurs du milieu et des pratiques phytosanitaires.

**Mots clés** : Indicateur-Produit phytosanitaire-Pollution diffuse-Diagnostic-bassin versant

## Abstract :

**Non-point river pollution** by pesticides can be studied at various scales. This particular study is performed on the scale of a large **catchment** basin, which is the scale used by water management authorities for water quality analysis. The study area is the Department of Gers (France), a predominantly agricultural area.

The study method is based on CORPEN's recommendations for **diagnosis**. The various available data on the Department are spatialised and divided into catchment basins. Each catchment is characterised according to its topology, land use (agricultural practices) and water quality. The purpose of this study is to obtain **indicators** of pesticide non-point pollution based on the catchments characteristics.

Therefore, we must evaluate the pertinence with which these indicators describe non-point pollution in the Department's river system. Data pertinence can be evaluated by comparison with water quality and pesticide concentration measurements performed by DDASS and MISE control networks in the Gers Department.

Analysis of these water quality measurements shows that it is difficult to obtain reliable indicators by comparison between water quality and catchments characteristics. Measurements of pesticide concentration are performed with insufficient frequency and in varying weather conditions. No correlation between catchment characteristics and pesticide concentration could be shown. Therefore, this measurements methodology does not seem adapted to spatial diagnosis.

**Key words** : Indicator - Pesticide - No point pollution - Diagnosis - Catchment

# Sommaire

Liste des abréviations utilisées :	viii
Table des illustrations :	ix
<i>Introduction</i>	1
<i>Première partie : étude bibliographique</i>	2
<i>I.) Introduction</i>	2
<i>II.) Pollution diffuse par les produits phytosanitaires</i>	2
A.) Utilisation des produits phytosanitaires	2
B.) Pollution des eaux superficielles par les produits phytosanitaires	3
<i>III.) Détermination du risque de pollution par une démarche de diagnostic</i>	7
A.) Définition	7
B.) Apport du diagnostic dans l'étude de la pollution diffuse	7
C.) Apport de la méthode SIRIS à l'évaluation du risque de pollution du milieu par les produits phytosanitaires	9
<i>IV) Indicateurs</i>	10
A.) définition	10
B.) Objectifs assignés à un indicateur	11
C.) Elaboration d'indicateurs à partir de descripteurs	12
D.) Elaboration d'indicateurs composites à partir d'indicateurs simples	15
E.) Descripteurs retenus pour l'étude de la pollution diffuse d'origine agricole	16
<i>V.) Spatialisation du risque de pollution par les produits phytosanitaires : une méthode de diagnostic alternative</i>	19
A.) Position du problème	19
B.) Unité spatiale retenue pour l'analyse des pratiques agricoles	20
C.) Unité spatiale retenue pour l'analyse de la qualité des eaux superficielles	22
<i>Deuxième partie : Données disponibles et méthode de spatialisation des données</i>	23
<i>I.) Objectif et restriction</i>	23
<i>II.) Présentation de la zone d'étude</i>	25
A.) Caractéristique physique du département du Gers	25
B.) L'agriculture dans le département	28
<i>III.) Inventaire des données disponibles</i>	30
A.) Caractérisation du milieu	30
B.) Caractérisation des pratiques	31
C.) Qualité des eaux superficielles	32
<i>IV.) Méthode de spatialisation des données disponibles</i>	33
A.) Introduction	33

B.) création de la couche d'information "bassin versant" _____	33
C.) Spatialisation de l'information _____	35
<i>Troisième partie : Synthèse de descripteurs</i> _____	36
I.) Introduction _____	36
II.) Descripteurs du milieu _____	36
A.) Descripteur pente _____	36
B.) Descripteur densité de drainage _____	39
III.) Descripteur de la pluviométrie _____	40
A.) Contexte climatique des années de suivi de la qualité de mesures _____	40
B.) Synthèse d'un indice de pluie antérieure _____	41
IV.) Descripteurs des pratiques agricoles _____	42
A.) Pertinence des données issues de la couche d'informations CORINE Land Cover pour caractériser l'occupation du sol _____	42
B.) Caractérisation de l'occupation du sol _____	43
C.) Caractérisation des intrants _____	51
V.) Conclusion _____	52
<i>Quatrième partie : Evaluation de la pertinence des descripteurs en fonction des données de "qualité des eaux" disponibles</i> _____	53
I.) Introduction _____	53
II.) Obtention des données de qualité. _____	53
A.) Données collectées par la DDASS _____	53
B.) Données collectées par la MISE _____	54
III ) Intérêts et limites de l'utilisation des données de la DDASS et de la MISE _____	55
A.) Intérêts des données obtenues par le réseau de surveillance de la DDASS et par la MISE _____	55
B.) Limites _____	56
C.) Conclusion _____	57
IV.) Exposition des rivières gersoises aux produits phytosanitaires et tentative de validation des descripteurs _____	58
A.) Introduction _____	58
B.) Analyse des données "qualité" de la DDASS _____	59
C.) Analyse des données "qualité" de la campagne MISE 1997 _____	67
E.) Conclusion _____	72
<i>Cinquième partie : Limites et perspectives</i> _____	73
<i>Conclusion</i> _____	74

Bibliographie

Annexes

## Introduction

L'agriculture actuelle est basée sur l'utilisation d'intrants pour s'affranchir des facteurs limitants. Le recours aux produits phytosanitaires permet ainsi d'optimiser les rendements et d'assurer une production viable. Toutefois, l'utilisation des produits phytosanitaires de façon systématique provoque une dégradation de la ressource en eau par un phénomène de pollution diffuse.

L'étude de la pollution diffuse par les produits phytosanitaires peut être conduite à différentes échelles de la parcelle agricole au grand bassin versant.

L'échelle de travail retenue dans cette étude est celle des grands bassins ressources. Cette échelle d'étude correspond à une gestion départementale de la ressource en eau. A ce niveau, de nombreuses données sont collectées par les différents organismes départementaux. Ces données variées concernent l'occupation du sol, les pratiques agricoles. Il existe de plus dans chaque département, un ou plusieurs réseaux de surveillance de la qualité de l'eau.

L'objectif de cette étude est donc d'estimer la faisabilité d'un diagnostic spatialisé de la pollution diffuse d'origine agricole par les produits phytosanitaires, en utilisant seulement les données disponibles et accessibles au niveau départemental.

Une étude bibliographique permet tout d'abord de présenter la démarche de **diagnostic** de la pollution diffuse qui est actuellement préconisé par le CORPEN (Comité d'Orientation pour la Réduction de la Pollution des Eaux par les Nitrates, les phosphates et les produits phytosanitaires). Cette approche de la pollution diffuse est fondée sur la recherche d'**indicateurs** qui permettent d'estimer les risques d'exposition des cours d'eaux aux produits phytosanitaires. Nous proposons une démarche alternative de diagnostic basée sur la spatialisation des données disponibles et pertinentes au vu de notre problématique.

La deuxième phase du travail va donc consister à collecter les différentes données disponibles à l'échelle départementale et à estimer leurs pertinences à expliciter le phénomène de pollution diffuse.

La troisième partie de cette étude consiste, en utilisant une méthode de spatialisation de l'information, à décrire le département selon un découpage fonctionnel de bassin versant. Les différentes données ainsi spatialisées permettent de synthétiser des descripteurs aptes à caractériser l'espace étudié.

La dernière étape de recherche d'indicateurs de la pollution diffuse consiste à valider la pertinence des descripteurs à caractériser l'exposition des rivières aux produits phytosanitaires. Cette phase de validation nécessite de connaître la qualité des cours d'eaux gersois. A l'échelle du département, la qualité des eaux superficielles est contrôlée par des réseaux de surveillance. Dans une quatrième et dernière partie nous allons donc évaluer la pertinence des données de qualité obtenues, à caractériser spatialement l'exposition des rivières gersoises aux produits phytosanitaires.

La zone d'étude retenue est le département du Gers (Midi-Pyrénées). Le choix de ce département est motivé par l'importance du secteur agricole. D'autre part, les rivières gersoises présentent régulièrement des concentrations élevées en produits phytosanitaires.

## Conclusion

L'objectif de ce travail était double. Nous souhaitons, tout d'abord, tester la pertinence des données disponibles à l'échelle départementale, à caractériser le milieu physique, l'occupation du sol et les pratiques phytosanitaires. Pour décrire le département de façon homogène, nous avons privilégié les données collectées de façon exhaustive sur l'ensemble de la zone d'étude. Nous avons axé notre étude sur l'exposition des rivières gersoises aux herbicides du maïs.

Nous avons retenu un découpage en bassin versant, qui nous paraît le plus pertinent dans le contexte d'étude de la pollution diffuse. Ces bassins versants ont été tracés en utilisant les points de suivi de la qualité comme exutoire. Cette démarche permet de comparer directement la valeur des descripteurs du bassin versant aux valeurs de concentration en produits phytosanitaires mesurées à l'exutoire de celui-ci.

La première étape du travail nous a permis de récolter les diverses données disponibles auprès des services départementaux. Ces données sont collectées pour des objectifs variés. Toutefois, l'étude de ces données nous a montré qu'il est possible d'utiliser les diverses informations pour caractériser l'occupation du sol et les pratiques phytosanitaires et ceci pour un découpage en bassin versant. La recherche d'information similaire hors département, pour caractériser les bassins amonts des rivières gersoises, montre que le découpage en bassin versant ne constitue pas encore un niveau de gestion entre les services départementaux. **Pour étudier l'exposition des eaux superficielles aux produits phytosanitaires, il est pourtant indispensable de pouvoir étendre l'espace départemental pour respecter un découpage en bassin versant.**

Le deuxième objectif était de tester la pertinence de ces descripteurs spatiaux à analyser l'exposition des rivières aux produits phytosanitaires. Là encore, nous avons cherché à valoriser les données disponibles concernant la qualité des eaux superficielles.

Des tendances, concernant l'impact de certains descripteurs, ont pu être mises en évidence dans l'exposition des rivières aux produits phytosanitaires. Ainsi, la synthèse de l'indice de pluie et du descripteur "pluie décadaire" permet de préciser le contexte climatique précédent les mesures de "qualité" et ainsi de pondérer les résultats de concentration en produits phytosanitaires obtenus. L'utilisation des données collectées en contexte climatique sec, nous a permis de mettre en évidence l'impact du descripteur "surfaces en maïs" sur la qualité de l'eau à l'aval de ces surfaces maïsicoles. Cependant, ces tendances n'ont pu être validées par des corrélations significatives. Devant le faible nombre de données disponibles, nous n'avons pas pu expliquer la variabilité des données de concentration à l'aide de nos descripteurs. Le deuxième objectif que nous nous étions fixé, à savoir la recherche d'indicateurs de pollution diffuse, n'a donc pu être mené à son terme. Sans phase de validation, les descripteurs ne peuvent être considérés comme des indicateurs de la pollution diffuse par les produits phytosanitaires.

A l'issue de ce travail il nous semble important d'insister sur la pertinence des données de qualité disponibles. **Pour mener à bien un diagnostic spatial de la pollution diffuse, le protocole de mesures doit être adapté aux phénomènes que l'on souhaite mettre en évidence.** Dans le cadre des cultures de printemps (comme le maïs) le suivi doit couvrir la période d'avril à juillet. Durant cette période, où le risque de transfert des molécules vers la rivière est maximal, la fréquence de prélèvements doit être fonction de la dynamique des produits phytosanitaires. Un suivi d'août à décembre peut permettre d'appréhender la dégradation de ces molécules. Cette connaissance peut être complétée par un suivi des métabolites de dégradation des molécules initiales.

## Bibliographie

- ANDREEVA K., 1998. Mise à jour de l'occupation du sol parcellaire à partir d'imagerie satellitale : application au bassin versant du Sousson (Gers). Mémoire présenté pour l'obtention du DESS de télédétection, méthodes, applications et environnement de Toulouse. 55 p.
- ANSEL J.F., 1995. Evaluation cartographique des risques de pollution d'origine agricole dans le bassin Adour-Garonne; 3ème partie : risques de pollution par les pesticides d'origine agricole dans les PRA du bassin Adour-Garonne. Ed CEMAGREF. pp 7-12.
- AXES F., 1996. Approche spatiale de la dynamique agricole : utilisation de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques pour la gestion des périmètres irrigués. Thèse pour l'obtention du diplôme de doctorat en Sciences de l'Information Géographique de l'université Paris7. 230p + annexes.
- BOCKSTALLER.C, GIRARDIN.P, van der WERF.H, 1997. Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. European Journal of Agronomy. Vol 7. pp 261-270
- BOIS P., 1996. Notice sur l'utilisation des Modèles Numériques de Terrain tirés du CD Visual DEM. Laboratoire d'Etude des Transferts en Hydrologie et Environnement, Grenoble. 6 p.
- BOUCHARDY J.Y., 1992. Méthodologie pour la spatialisation des zones sensibles à la pollution diffuse agricole par le phosphore, à l'aide de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques (S.I.G.).Thèse pour l'obtention du titre de docteur de l'université Joseph Fourier - Grenoble1. 276 p
- CEMAGREF. 1994. Acte du colloque "Maîtrise et prévention des pollutions dues aux élevages. 4 p.
- Chambre d'Agriculture du Gers, 1996. Diagnostic de la vulnérabilité globale du département du Gers : étude préalable à la rédaction des programmes d'actions dans le cadre de la directive "nitrate". 86 p.
- Chambre d'Agriculture du Gers, 1997. Etat des lieux des pratiques phytosanitaires dans le département du Gers. Enquête auprès des organismes économiques. 21p.
- Chambre d'Agriculture du Gers, 1998. Surveillance des substances phytosanitaires; bilan de la campagne 1997. Observatoire de la qualité de l'eau dans le département du Gers. 119 p
- CHARIGNON D., 1997. Approche méthodologique de l'évaluation de l'impact de la réduction des rejets de pollution sur la qualité des cours d'eaux. Rapport de stage de deuxième année à l'ENGREF. 106 p.
- COLIN F., BELAMIE R., PUECH C., GOUY V., CERNESSON F., 1998. Approche spatiale et démarche de diagnostic du transfert des produits phytosanitaires vers les eaux de surfaces. XXVIII Congrès du groupe Français des Pesticides (mai 1998).A paraître.

- CORPEN, 1995. Classement des substances actives phytosanitaires en vue de la surveillance de la qualité des eaux. Fonctionnement de la méthode et recommandations pour une application régionale. 13 p.
- CORPEN, 1996. Qualité des eaux et produits phytosanitaires : Propositions pour une démarche de diagnostic. 119 p.
- CORPEN, 1998. L'écho des nitrates et des phytos. N°115. 5 p.
- CROPPP, 1996. Elaboration d'un outil informatique pour l'appréciation du risque de pollution des eaux par les produits phytosanitaires : Optim'o. Cellule Régionale d'Observation et de Prévention des Pollutions par les Pesticides en Rhône-Alpes: rapport d'activité. pp 1-17.
- FAIDIX K., 1996. Surveillance des substances phytosanitaires dans les eaux des rivières gersoises - Bilan de la campagne de mesures 1996 (F.R.E.D.E.C.Midi-Pyrénées). 14 p + annexes.
- FAO, 1996. Crues et apports. Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage n° 54. p 7.
- GIGANDON, 1996. Etude du transfert des principaux herbicides du maïs vers l'eau. Mémoire de D.A.A. Génie de l'Environnement de l'ENSA Rennes. p 12.
- GRAFFIN V., 1994. Méthodologie de régionalisation de l'information sur l'occupation des sols. Stage de fin d'étude de l'ENGREF. 41 p.
- HERRCHEN M., KLEIN M., LEPPER P., 1995. Thematic maps for regional ecotoxicological risk assessment : pesticides. The Sciences of the Total Environment, n°171. pp 281-287.
- HUBERT-MOY L., 1998. Analyse de la structure spatiale de l'occupation des sols par télédétection. Agriculture intensive et qualité des eaux. Edition INRA, ed CHEVERRY C. pp 41-52.
- LANDE Y., 1993. Les produits phytosanitaires utilisés en agriculture : Toxicités et risques pour l'environnement, Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie de l'université de Caen. pp 70-72.
- LAUNAY M., 1997. La pollution agricole diffuse par l'azote sur le bassin versant de l'Elorn : diagnostic du risque par agrégation de données à différentes échelles. Thèse pour l'obtention du titre de docteur en géographie de l'université de Rennes2. 313 p.
- LEE W., DAHAB F., BOGARDI I., 1994. Fuzzy decision making in ground water nitrate risk management. Water resources bulletin, vol. 30, n°1. pp 135-148.
- LEROY J.B., 1986. La pollution des eaux. Ed Presses universitaires de France. pp 56-58.
- LIGNERIS L., 1992. Monographie du bassin versant du Gers en vue d'une étude des pollutions d'origines agricoles. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome à l'Institut National Agronomique Paris-Grignon. 54 p.

- MALPHETTES Y.M., 1995. Lisier : atout ou risque pour l'environnement. Thèse pour le doctorat vétérinaire à l'université Paul-Sabatier de Toulouse. pp 69-70.
- MARTIN B., 1995. Les programmes d'actions en zones vulnérables à la pollution agricole par les nitrates : diagnostic préalable en Indre-et-Loire. Rapport de MASTERE de l'ENGREF. 103 p.
- MARTINS J., 1993. Les aspects hydrodynamiques, physico-chimiques et biologiques du devenir des pesticides dans les sols : Application au transfert du Pentachlorophenol en colonnes. Thèse pour l'obtention du titre de docteur de l'université Joseph Fourier Grenoble 1. pp 133.
- MAUCUIT I., 1997. Projet "bassin versant du Sousson" : analyse préliminaire à la mise en œuvre d'un système d'information géographique. Rapport de Mastere en système d'information localisées pour l'aménagement des territoires. 51 p + annexes.
- MORARDET S., 1994. Pratiques et stratégies foncières des agriculteurs. Etude : gestion des territoires, n°14. Ed Antony Cemagref. pp 38-62.
- OCDE, 1993. Corps central d'indicateurs de l'OCDE pour les performances environnementales. Rapport de synthèse du groupe sur l'état de l'environnement. OCDE monographies sur l'environnement, n°83. 36 p.
- PINHEIRO A., 1995. Un outil d'aide à la gestion de la pollution agricole : le modèle POLA. Thèse pour l'obtention du titre de docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse. 289 p.
- RAMADE F., 1992. Précis d'écotoxicologie. Collection d'écologie. Ed Masson. pp 5-16.
- SHRESTHA P., DUCKSTEIN L., STAKHIV Z., 1996. Fuzzy rule-based modeling of reservoir operation. Journal of water resources planning and management, juillet-août 1996. pp 262-269.
- SOYEUX E., 1992. Méthodologie pour la spatialisation des risques de pollution des eaux de surfaces par l'atrazine à l'aide de la télédétection et d'un sig. Mémoire de stage de DEA Sciences et Techniques de l'Environnement. 47 p + annexes.
- STEINMETZ C., 1994. Evaluation de la contamination diffuse de l'environnement par les pesticides; mise au point d'une technique analytique multirésiduelle sur une eau de surface chargée. Mémoire de diplôme d'état de docteur en pharmacie de l'université de Strasbourg. pp 2-5.
- WEBER J.L., LAVOUX T., 1994. Réflexion sur les critères de définition et de choix des indicateurs d'environnement. Institut français de l'environnement, Notes de méthode, n°3. pp 9.
- Van der WERF H., 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. Agriculture, ecosystems and environment, n°60. pp 81-96.
- Van der WERF H., ZIMMER C., 1998. An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. Chemosphere, vol 36, n°10. pp 2225-2249.

## Plan des annexes

- Annexe 1** : Caractéristiques physiques des principales molécules phytosanitaires utilisées sur la culture du maïs et suivies sur le Gers.
- Annexe 2** : Localisation des points de suivi de la qualité des eaux superficielles par la MISE.
- Annexe 3** : Localisation des points de suivi de la qualité des eaux superficielles par la DDASS
- Annexe 4** : Description des couches d'information créées à l'aide des logiciels ARC INFO et IMAGINE.
- Annexe 5** : Illustration graphique des différentes couches d'informations synthétisées.
- Annexe 6** : Etude de la pollution diffuse à diverses échelles.
- Annexe 7** : Elimination des pixels isolés sur une image obtenue par classification d'une image satellitale SPOT par un traitement "Erosion-Dilatation".
- Annexe 8** : Résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) sur les données issues des statistiques agricoles (PAC et RGA).
- Annexe 9** : Utilisation du modèle numérique de terrain (MNT) pour déterminer les bassins versants pour des exutoires donnés.
- Annexe 10** : Concentrations en atrazine obtenues auprès de la DDASS, par station de suivi de la qualité des eaux superficielles, de 1994 à 1997.
- Annexe 11** : Fréquences d'apparition et moyennes des concentrations pour les herbicides du maïs, calculées d'après les données de la DDASS de 1994 à 1997.