

La méthode de diagnostic parcellaire du risque de contamination des eaux superficielles par les produits phytosanitaires en Bretagne : fondements et mise en œuvre

Florence Laubier

En Bretagne, la contamination des cours d'eau par les produits phytosanitaires est analysée et suivie rigoureusement depuis plus de dix ans. C'est en particulier le cas au travers des études de la CORPEP¹, groupe régional chargé de la lutte contre la pollution des eaux par les produits phytosanitaires mis en place en 1990 par le préfet de région.

Mise en évidence en 1990, la présence de pesticides dans les eaux brutes est, depuis, apparue fréquente, atteignant ponctuellement pour certaines substances actives des niveaux de concentration de quelques microgrammes par litre. Dans le même temps, des travaux sur les mécanismes de transfert et leur impact à différentes échelles (parcelle, bassin versant) étaient menés au sein de la CORPEP. La méthode de diagnostic à la parcelle du risque de transfert des produits phytosanitaires est issue de ces travaux.

Au moment où la « méthode CORPEP » était adoptée en Bretagne, des travaux sur le risque parcellaire étaient conduits par le CORPEN². Ces travaux aujourd'hui publiés présentent une démarche basée sur l'établissement d'un risque parcellaire par rapport à la contamination des eaux. Intégrant le risque agronomique et transposable à des contextes locaux variés, la démarche du CORPEN est aujourd'hui préconisée au niveau national. Les deux démarches ne s'opposent pas. Mais l'application à grande échelle de la « méthode CORPEP » en Bretagne et l'obtention de premiers résultats encourageants justifient de poursuivre sa mise en œuvre au niveau régional.

Deux polluants majeurs des cours d'eau visés : l'atrazine et l'isoproturon

L'atrazine, polluant le plus fréquemment retrouvé dans l'eau depuis 1990

Parmi les multiples substances actives présentes dans les eaux superficielles de Bretagne, l'atrazine, désherbant de base du maïs, constitue la substance active la plus fréquemment retrouvée. Elle est aussi la plus suivie. Les premiers travaux de la CORPEP ont très rapidement révélé sa présence possible dans l'eau à tout moment de l'année.

Le tableau 1 (p. 92) fournit les résultats des études de la contamination des eaux superficielles de Bretagne par les produits phytosanitaires menées dans le cadre de la CORPEP depuis 1990. Chaque année, l'atrazine est détectée dans plus de 80 % des prélèvements effectués dans les rivières, les valeurs maximales atteignant parfois plusieurs microgrammes par litre (prélèvements réalisés après des précipitations supérieures à 10 mm cumulés sur 24 heures). Ces résultats soulignent la nécessité de mettre en œuvre des traitements spécifiques pour fournir une eau conforme aux limites réglementaires en vigueur (encadré, p. 92).

L'isoproturon sur les traces de l'atrazine

En 1995, une étude CORPEP met pour la première fois en lumière une contamination des eaux par l'isoproturon, désherbant de base des céréales dans la région.

1. CORPEP : cellule d'orientation régionale pour la protection des eaux contre les pesticides.

2. CORPEN : comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement.

Contact

Florence Laubier
DRAF, Service régional de la protection des végétaux, 280, rue de Fougères, BP 60116, 35701 Rennes Cedex 7

Le tableau 2 montre que le milieu des années quatre-vingt-dix constitue une période charnière. La présence de l'isoproturon dans l'eau des rivières est dès lors régulièrement confirmée. Les fréquences de détection de la molécule resteront à des niveaux élevés les années suivantes.

Deux principaux désherbants sur les deux cultures les plus implantées en Bretagne

Le tableau 3 donne les proportions respectives du maïs (maïs fourrage + maïs grain) et des

céréales (hors maïs grain) dans la superficie agricole utilisée de 1990 à 1999 (source : Agreste – Statistique agricole annuelle). L'ensemble maïs et céréales représente suivant les années de 44 à 48 % de la superficie agricole autorisée. La place significative occupée par ces deux cultures contribue à accroître le risque de présence des herbicides dans les eaux superficielles.

En Bretagne, l'atrazine et l'isoproturon restent les principaux désherbants du maïs et des céréales respectivement. Concernant l'atrazine, une étude

► Tableau 1 – Atrazine : résultats réseau CORPEP eaux brutes.

Année	Nombre de recherches	Nombre de détections/ nombre de recherches (%)	Nombre de détections > 0,1 µg/l/nombre de recherches (%)	Maximum relevé
1990	28	93 %	79 %	6,8 µg/l (25/06)
1991	20	80 %	70 %	3,1 µg/l (09/07)
1992	24	88 %	83 %	14,7 µg/l (01/07)
1993	15	100 %	100 %	14,8 µg/l (10/06)
1994	24	88 %	79 %	11 µg/l (18/07)
1995	17	100 %	88 %	5 µg/l (03/07)
1996	63	94 %	86 %	8,4 µg/l (17/05)
1997	51	100 %	96 %	29 µg/l (16/06)
1998	62	94 %	81 %	4,1 µg/l (10/06)
1999	70	93 %	66 %	6,3 µg/l (19/05)
2000	77	94 %	60 %	11,1 µg/l (10/05)

Encadré

Limites réglementaires pour les pesticides dans l'eau (avril 2001)³

Pour les eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, il n'existe de valeur réglementaire que pour trois substances : parathion, HCH et dieldrine (voir annexe I.3 et annexe III du décret n° 89-3 du 03/01/89).

Les limites réglementaires appliquées aux eaux distribuées (eaux destinées à la consommation humaine) sont :

- ⇨ une valeur de 0,1 µg/l fixée par substance individualisée, à l'exception de l'aldrine, de la dieldrine (0,03 µg/l chacune) et de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore (0,01 µg/l chacun);
- ⇨ une valeur de 0,5 µg/l pour le total des substances mesurées.

Des contrôles sanitaires sont conduits en particulier par les DDASS pour s'assurer de la conformité des eaux traitées avant distribution.

Précisons que des concentrations maximales admissibles sont établies par l'OMS. Elles sont calculées à partir de résultats d'études toxicologiques sur mammifères. Elles n'ont pas de valeur réglementaire.

3. Décret n° 89-3 du 3 janvier 1989 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles (J.O. du 4 janvier 1989).

► Tableau 2 – Iso-proturon : résultats réseau CORPEP eaux brutes.

Année	Nombre de recherches	Nombre de détections/ nombre de recherches (%)	Nombre de détections > 0,1 µg/l/nombre de recherches (%)	Maximum relevé
1990	0	/	/	/
1991	0	/	/	/
1992	19	47 %	26 %	0,4 µg/l (03/06)
1993	15	67 %	33 %	0,4 µg/l (26/03)
1994	6	100 %	50 %	0,4 µg/l (20/05)
1995	15	80 %	53 %	0,3 µg/l (17/05)
1996	30	83 %	77 %	1,7 µg/l (26/02)
1997	19	89 %	63 %	0,5 µg/l (23/12)
1998	60	63 %	35 %	5,4 µg/l (04/03)
1999	40	75 %	58 %	7,7 µg/l (09/02)
2000	77	31 %	27 %	0,8 µg/l (07/07)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Maïs	23,4	24,8	25,6	25,9	26,6	24,4	25,3	24,7	24	23,4
Céréales	20,5	21,2	23,6	20,6	19,4	21,4	22,2	23,3	23,9	23,8
Total	43,9	46	49,2	46,5	46	45,8	47,5	48	47,9	47,2

◀ Tableau 3 – Bretagne, utilisation du territoire (en % de la Superficie Agricole Utilisée).

conduite par le Service régional de la protection des végétaux de la DRAF de Bretagne en 2000 fait apparaître que l'atrazine est utilisée sur plus de 75 % des parcelles, à la dose moyenne de 750 g/ha (Michel, 2001).

L'orientation retenue pour la région : prendre en compte l'aspect parcellaire du risque

Pour améliorer la qualité des eaux brutes vis-à-vis de certains produits phytosanitaires qui posent problème, deux solutions sont envisageables : interdire leur utilisation par arrêté préfectoral, ou cadrer leur utilisation en évitant les usages à risque.

En Bretagne, le choix s'est porté sur la gestion des itinéraires de désherbage en fonction du risque de transfert du produit appliqué à la parcelle. À partir d'une meilleure connaissance des mécanismes de transfert, une méthode de diagnostic parcellaire du risque de transfert des produits phytosanitaires a été mise au point.

Ajoutons que cette orientation se retrouve dans la réglementation locale. Les projets d'arrêtés préfectoraux applicables aux usages du dinoterbe intégraient dès 1997 le risque de transfert spécifique aux parcelles en bordure de cours d'eau. Des arrêtés pris dans les quatre départements bretons et actuellement en vigueur réglementent les usages de l'atrazine en fonction d'un risque parcellaire lié à la proximité au cours d'eau (interdiction de l'usage de l'atrazine dans les parcelles situées à moins de 15 mètres du cours d'eau).

Une méthode qui privilégie les mécanismes de transfert rapide

Les travaux du Cemagref et de l'INRA sur le bassin versant du Coët-Dan en Bretagne montrent que les voies de transfert de la substance active vers le cours d'eau diffèrent selon la situation : en crue ou hors crue (Cann, 1995 ; Gascuel et Molénat, 2000).

Hors des périodes de crue, l'atrazine est détectée dans l'eau à de faibles concentrations (maximum :

0,3 µg/l). Elles correspondent au transfert dans le sol par lessivage de la molécule jusqu'à la nappe et à la vidange de la nappe relativement superficielle qui alimente le débit de base du cours d'eau.

En période de crue, les concentrations en atrazine mesurées dans l'eau sont fonction de la proximité des dates de traitements. Les pics de concentration les plus élevés (plusieurs dizaines de µg/l) sont évidemment mesurés lors des crues survenant quelques jours après les traitements. Ces très fortes concentrations résultent à la fois du ruissellement se produisant à la surface du sol, des écoulements par les eaux de drainage et des écoulements par les nappes superficielles (quelques dizaines de mètres maximum). Les transferts par lessivage sont alors négligeables.

La méthode de diagnostic du risque de transfert des produits phytosanitaires à la parcelle vise avant tout à écarter des pics de concentration de plusieurs µg/l. Elle a pour objectif la limitation du risque de transfert rapide des produits phytosanitaires dans l'eau. Elle privilégie donc les voies de transfert suivantes : ruissellement, écoulements par les drains naturels et artificiels, écoulements par les nappes superficielles.

Travailler à l'échelle de la parcelle : un choix délibéré

D'emblée, l'outil de diagnostic a été conçu de façon optimale. Il ne s'agissait pas de proposer des contraintes nouvelles sur l'ensemble des surfaces agricoles mais bien de cibler les modifications de pratiques sur les secteurs les plus contributifs à la contamination du cours d'eau.

Les secteurs contributifs peuvent être abordés à différentes échelles. Un classement des bassins versants de Bretagne Eau-Pure a ainsi été proposé (Aurousseau *et al.*, 1996).

Les travaux de la CORPEP ont montré que le risque de contamination des eaux par les produits phytosanitaires dépendait des caractéristiques de mobilité et de persistance des substances actives d'une part, de propriétés intrinsèques

4. Le programme Bretagne Eau Pure II a été initié sur une partie du territoire breton au titre du Contrat de Plan 1994-1999. Il couvre 12 % du territoire mais 1/3 de la production d'eau potable régionale. Son objectif est d'améliorer la qualité de l'eau vis-à-vis des nitrates et des pesticides en particulier, à travers des actions volontaires.

aux parcelles d'autre part (Gillet, Clement *et al.*, 1995). Les expérimentations conduites par le Service régional de la protection des végétaux de la DRAF sur le bassin versant expérimental du Pouliou dans les Côtes-d'Armor, mettent en évidence la contribution particulière de quelques parcelles à la contamination de l'eau par l'isoproturon et l'atrazine à l'exutoire du bassin (Gillet, 1999).

Dès lors, c'est une méthode de diagnostic parcellaire du risque de transfert des produits phytosanitaires qui est choisie.

Une méthode conçue pour l'action à grande échelle

La mise au point de la méthode de diagnostic et le choix des indicateurs ont été confiés à un groupe de travail constitué à l'initiative de la commission Transfert de la CORPEP, rassemblant des compétences techniques et des acteurs de terrains.

La méthode, conçue pour être appliquée dans le cadre d'un programme de très grande ampleur (Bretagne Eau Pure II[®]), répondait à cinq impératifs, rappelés dans le tableau 4. Ces impératifs ont conditionné les choix opérés par la suite, directement issus d'une simplification de la méthode proposée par Aurousseau *et al.* (1998).

Cinq facteurs pour un rang final

Le choix des facteurs

Au final, les facteurs retenus caractérisent la localisation et la topographie de la parcelle ainsi que les aménagements agricoles ou paysagers qui ont été opérés. La hiérarchie a d'abord retenu des facteurs physiques intervenant dans l'écoulement de surface (distance et pente) puis de subsurface (drainage). Les facteurs anthropiques ont été considérés ensuite (longueur de la pente et dispositif tampon), ces facteurs pouvant être modifiés et venant ainsi moduler les facteurs physiques.

IMPÉRATIFS	IMPLICATIONS
Être applicable à l'échelle d'une vingtaine de bassins versants bretons aux caractéristiques hydrogéologiques spécifiques connues, de l'ordre de quelques centaines de km ²	<ul style="list-style-type: none"> ⇨ Le contexte breton privilégie les mécanismes de transfert rapides (ruissellement, écoulements par les drains ou les nappes superficielles) ⇨ Les facteurs climatiques et géologiques, variables à l'échelle de la région mais considérés comme homogènes sur le bassin versant, n'ont pas été retenus : nombre moyen de jours séparant le traitement du premier épisode pluvieux ruisselant, nature du substrat géologique, teneur en matière organique du sol.
Être facilement mise en œuvre par un nombre important de techniciens	⇨ Le nombre de facteurs a été limité à 5, chaque facteur se déclinant en critères à classer sur le terrain.
Être indépendante de la culture en place et de l'état sanitaire de la parcelle	⇨ Les facteurs agronomiques liés aux itinéraires techniques ne sont pas retenus dans la méthode (structure, rugosité et recouvrement du sol, salissement de la parcelle...).
Évaluer le degré de connexion hydrologique de la parcelle au cours d'eau	⇨ Nécessite obligatoirement de visualiser sur le terrain les chemins de l'eau depuis la parcelle jusqu'au réseau hydrographique en présence.
Favoriser une appropriation de la démarche par l'agriculteur	⇨ Le diagnostic est réalisé avec l'agriculteur. Ce dernier fournit une partie des informations nécessaires au classement. Il prend connaissance des fondements de la méthode. Il s'approprie les résultats de son classement et peut ainsi les faire évoluer.

► Tableau 4 – Les impératifs de la méthode et leurs conséquences.

Le tableau 5 définit, pour chaque facteur, le critère mesuré sur le terrain et les différentes classes distinguées sur ce critère. C'est là encore à la lumière des connaissances sur les mécanismes de transfert que les classes ont été définies par le groupe de travail de la CORPEP (Gascuel-Odoux et Arousseau, 1999).

LA DISTANCE AU RÉSEAU D'ÉCOULEMENT SEMI-PERMANENT

Plus cette distance est faible, plus les transferts rapides vers le cours d'eau sont importants. Le réseau d'écoulement prend en compte le réseau hydrographique naturel et les fossés circulants. L'évaluation de cette distance nécessite un repérage préalable des chemins de l'eau et des exutoires de la parcelle.

LA PENTE

Plus la pente est importante, plus les transferts rapides sont importants :

- par entraînement des substances actives en solution (par ruissellement) ou adsorbées sur les particules de sol (par érosion);
- par contribution de la nappe.

LA PRÉSENCE ÉVENTUELLE D'UN DRAINAGE AGRICOLE

L'existence d'un drainage agricole constitue une voie de transfert rapide des eaux provenant des horizons superficiels du sol.

LA LONGUEUR DE LA PENTE

Plus la longueur de la pente est importante et :

- plus les écoulements sont rapides et érosifs;
- plus la surface contributive à l'écoulement ayant reçu un traitement est élevée.

L'EXISTENCE D'UNE PROTECTION AVAL

La protection aval continue constitue un obstacle physique au ruissellement favorisant l'infiltration des produits phytosanitaires dans le sol.

La combinaison des facteurs

La méthode de combinaison des facteurs retenue est la méthode SIRIS, employée par les ministères en charge de l'Environnement, de l'Agriculture et de la Santé pour le classement des molécules (Vaillant *et al.*, 1995). Cette méthode permet de hiérarchiser les facteurs et d'aboutir à un **rang** pour la parcelle, ce dernier pouvant varier

Facteur	CRITÈRES	DÉFINITION ANNEXE	CLASSES
Distance	La distance au cours d'eau est celle qui, sur le chemin de l'eau, sépare le point le plus en aval de la parcelle du réseau hydrographique circulant.	Le réseau hydrographique inclut le réseau naturel (rivières et cours d'eau à écoulement permanent ou intermittent) ainsi que le réseau de fossés. Un fossé est dit circulant s'il coule au moins trois mois dans l'année.	3 classes : < 20 m de 20 à 200 m > 200 m
Pente	La valeur à retenir est la pente existant entre le point haut et le point bas de la parcelle dans le sens des écoulements.	Dans le cas où la mesure conduit à un seuil de classe, l'accentuation ou l'atténuation de la pente à l'aval de la parcelle permet de trancher : une accentuation conduit à une valeur supérieure au seuil, une atténuation à une valeur inférieure au seuil.	3 classes : < 3 % de 3 à 5 % > 5 %
Drainage	Drainage agricole souterrain de la parcelle		2 classes : Présence Absence
Longueur	La longueur de pente est la distance séparant le point haut du point bas de la parcelle dans le sens des écoulements de l'eau.		3 classes : < 50 m de 50 à 150 m > 150 m
Protection aval	Présence d'une protection continue et durable à l'aval de la parcelle, empêchant tout transfert direct	Bandes boisées ou enherbées destinées à rester en place plus de 5 ans, d'une largeur supérieure à 20m. Talus, avec ou sans haie.	2 classes : Présence Absence

◀ Tableau 5 – Facteurs, hiérarchie, critères et classes pris en compte dans l'indicateur.

de 0 à 115. Les rangs sont ensuite ramenés de 0 à 100 pour faciliter la lisibilité du classement. Par la suite, trois classes de risques (fort, moyen, faible) sont définies en fonction des rangs par le groupe de travail de la CORPEP : plus le rang est important, plus le risque parcellaire de transfert des produits phytosanitaires est élevé. La grille présentée (tableau 6) est un outil permettant une détermination rapide du niveau de risque de transfert de la parcelle. Deux grilles ont été conçues, l'une pour les parcelles drainées, l'autre pour les parcelles non drainées. La lecture en ligne ou en colonne est possible; un procédé d'élimination permet d'aboutir au rang final, et donc au niveau de risque de la parcelle.

Un outil pédagogique, un levier pour modifier les pratiques

Le renseignement des facteurs se déroule sur le terrain, en présence de l'agriculteur. Chacune des parcelles de l'exploitation agricole est visitée et analysée en vue du diagnostic. En premier lieu, le technicien repère les chemins de l'eau et les exutoires de la parcelle. Des chemins de l'eau divergents obligent à effectuer autant de diagnostics qu'il existe de cheminements différents, le rang final attribué à la parcelle étant le plus pénalisant.

À l'issue du diagnostic, le technicien et l'agriculteur possèdent tous deux une carte colorée du parcellaire de l'exploitation en fonction du niveau de risque des parcelles : vert pour un risque faible, jaune pour un risque moyen et rouge pour un risque fort de contamination des eaux superficielles par les produits phytosanitaires. Sur cette carte, les éléments ayant prévalu au diagnostic (parcellaire, drai-

nage, réseau hydrographique circulant, zones tampon, sens des écoulements au sein des parcelles...) sont figurés.

Tout au long de ce travail, les fondements de la démarche sont rappelés et les modifications de pratiques sont envisagées. En présence d'une parcelle à risque, le technicien propose des solutions limitant les transferts à court terme (substitution) ou à plus long terme (aménagement de dispositifs tampon). Les modifications adoptées résultent à la fois des caractéristiques du parcellaire et des contraintes de l'exploitant.

Mise en œuvre à grande échelle depuis 1998 sur les bassins versants du programme Bretagne Eau Pure II, la méthode CORPEP a permis de classer près de 30 000 hectares à ce jour. Une formation définie au niveau régional par le CRPO⁵ garantit un nombre suffisant de techniciens pour la réalisation du diagnostic (environ 300, des chambres d'agriculture, des coopératives et du Négoce, des ADASEA, des bureaux d'études, etc.). Aujourd'hui, diagnostic parcellaire et modification des pratiques de désherbage sont rendus obligatoires dans les contrats individuels du programme Bretagne Eau Pure 2000-2006⁶ et dans les Contrats territoriaux d'exploitation.

Adoptée en 1998, la méthode CORPEP a des limites inhérentes à sa conception, liées notamment au choix des paramètres retenus; elle est néanmoins opérationnelle et évolutive en fonction des acquis de terrain et de l'état des connaissances. D'autres régions développent des démarches globales d'évaluation et de maîtrise du risque parcellaire de transfert des pesticides, incluant notamment un volet agronomique plus étoffé. Construites selon les principes du

5. CRPO : centre régional de perfectionnement de l'Ouest.

6. Le nouveau programme Bretagne Eau Pure s'inscrit dans le Contrat de Plan État-Région 2000-2006.

parcelle drainée		distance								
		> 200 mètres			de 20 à 200 mètres			< 20 mètres		
protection aval	Longueur pente	pente			pente			pente		
		< 3 %	3 à 5 %	> 5 %	< 3 %	3 à 5 %	> 5 %	< 3 %	3 à 5 %	> 5 %
présence	< 50 m	6	13	20	22	31	41	38	50	63
	50 à 150 m	9	17	24	27	37	48	46	59	72
	> 150 m	11	20	29	32	43	55	54	68	82
absence	< 50 m	9	17	26	30	41	52	51	65	79
	50 à 150 m	12	22	31	36	48	60	60	75	90
	> 150 m	16	26	37	42	55	68	69	84	100

▲ Tableau 6 – Grille de détermination des rangs SIRIS pour les parcelles drainées.

CORPEN, elles se déclinent de façon spécifique sur des bassins versants ayant fait l'objet d'un diagnostic préalable.

Mais d'une région à l'autre, la réduction des transferts de pesticides dans l'eau demeure l'objectif premier des méthodes de diagnostic parcellaire. □

Résumé

La présence de pesticides dans les cours d'eau bretons est mise en évidence par les travaux de la CORPEP dès 1990. Cette contamination se révèle vite persistante, atteignant des concentrations élevées, en particulier pour les désherbants des grandes cultures (atrazine et isoproturon).

Au moment où le CORPEN élabore une démarche parcellaire de réduction du risque de transfert des pesticides dans l'eau, la CORPEP met au point une méthode de diagnostic parcellaire du risque de transfert applicable aux bassins du programme « Bretagne Eau Pure II ».

Construites sur une même base scientifique, les deux méthodes ne s'opposent pas. La méthode CORPEP est spécifique. Sa spécificité est liée d'une part au contexte hydrogéologique particulier de la Bretagne, et d'autre part à l'ampleur du territoire sur lequel elle s'applique. Cette spécificité s'exprime à la fois à travers la construction de la méthode et par le choix des facteurs.

Les éléments justifiant des choix opérés dans la construction de la méthode sont précisés. La réalisation du diagnostic ainsi que son état d'avancement à grande échelle sont présentés.

Abstract

The presence of pesticides in the rivers of Bretagne Region (France) has been underlined at the beginning of the nineties by the CORPEP works.

This pollution turned out to be persistent and likely to reach high levels, especially for a few herbicides used on real crops (atrazine and isoproturon).

As the CORPEN developed a plot scale method to minimize the transfer risk of pesticides in water, the CORPEP finalized a specific method intended to the watersheds of the "Bretagne Eau Pure" program, but with the same purpose. The two methods, however, have the same scientific basis. The CORPEP method is specific to the region, in relation to its hydrological and geological characteristics, and the large area of its application.

The construction of the CORPEP method and the factors selection are explained. The implementation of the diagnosis is described and a progress report of the method in Bretagne region is given.

Bibliographie

AGRESTE. La statistique agricole. *Tableaux de l'agriculture bretonne*, résultats années 1990 à 1999 (numéros des années 1991 à 2000), Direction régionale de l'agriculture et de la forêt de Bretagne.

AUROUSSEAU, P., GASCUEL-ODOUX, C., 1999, *Un indicateur de risque parcellaire de contamination des eaux superficielles par les produits phytosanitaires*, Contrat Bretagne Eau Pure, Étude CORPEP 98/3, 40 p.

AUROUSSEAU, P., GASCUEL-ODOUX, C., SQUIVIDANT, H., 1998. Élément pour une méthode d'évaluation d'un risque parcellaire de contamination des eaux superficielles par les pesticides. *Étude et gestion des sols*, 5, (3), p. 143-156.

AUROUSSEAU, P., SQUIVIDANT, H., BAQUÉ, M.C., SIMON, F., 1996, *Analyse des facteurs de risque de transferts de pesticides dans les paysages, Établissement d'une hiérarchie de ces risques : application au calcul d'un indice de risque par bassin versant et par parcelle*, Rapport de contrat pour l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 22 pages, 12 cartes, 12 tableaux, 6 figures.

CANN, C., 1995. Le transfert des triazines vers l'eau. *Actes du colloque « Qualité des eaux et des produits phytosanitaires: du diagnostic à l'action »*, Rennes, 27/11/1995, p. 107-115 .

CORPEP, *Études de la contamination des eaux superficielles de Bretagne par les produits phytosanitaires, années 1990 à 2000.*

GASCUEL-ODOUX, C., MOLÉNAT, J., 2000. Étude de la dynamique hydrochimique des nappes superficielles en vue de déterminer les temps de réponse des hydrosystèmes à des mesures agri-environnementales : cas des nitrates et des pesticides. *Water in Celtic world: managing Resources for the 21st Century, 2nd Inter-Celtic Colloquium, University of Wales aberystwyth, 3-7 July 2000: BHS Occasional Paper, 11, p. 311-318.*

GILLET, H., CLEMENT, M., CHOISY, A.M., SEUX, R., 1995. Évaluation du niveau de contamination des eaux de surface par les produits phytosanitaires. *J. Eur Hydrol.*, tome 26, fasc 1.1995.p. 5-82 .

GILLET, H., FERRON, O., BAZILE, E., CLISSON, O., CARREL, V., 1999. Transfert de produits phytosanitaires à l'échelle d'un bassin versant : le Pouliou, in : *Actes du programme Systèmes Terre et Eau 1994-1999*, p. 107-111

MICHEL, O., 2001, *Désherbage du maïs en Bretagne : herbicides utilisés et efficacité comparée des programmes avec et sans atrazine*, Rapport de synthèse, campagne 2000, FEREDDEC Bretagne, 47 p.

VAILLANT, M. *et al.*, 1995. A multicriteria estimation of the environmental risk of chemicals with the SIRIS method. *Toxicology modeling*, 1 (1), p. 57-72 .