



n° 15206

EVALUATION DES APPORTS DIFFUS DE SUBSTANCES PHYTOSANITAIRES DANS LA PARTIE FRANÇAISE DU BASSIN DU RHIN

**Etude réalisée pour le sous-groupe Kd
(pollution diffuse) de la CIPR**

mission internationale

EVALUATION DES APPORTS DIFFUS DE SUBSTANCES PHYTOSANITAIRES DANS LA PARTIE FRANCAISE DU BASSIN DU RHIN

INTRODUCTION

Ce rapport constitue une contribution aux travaux du groupe Kd (apports diffus) de la Commission Internationale de Protection du Rhin contre la pollution (CIPR) ; il se limite à l'évaluation des apports diffus de substances phytosanitaires mentionnées dans le "Programme d'Action Rhin" (PAR) pour la partie française de ce bassin. Toutefois, certaines différences apparaissent entre la liste effectivement retenue pour ce travail et la liste complète des "pesticides" mentionnés par le PAR : c'est le cas pour la dieldrine et l'aldrine. Cela tient à ce que ces substances n'ont plus d'usage agricole en France depuis 1972, et ne peuvent donc donner lieu qu'à des apports diffus résiduels d'origine agricole probablement très réduits. Il n'y a pratiquement pas non plus d'usage agricole des organostanniques en France. La liste des produits étudiés dans ce rapport figure en Annexe 1. Il faut remarquer que cette liste comprend des produits, tels l'endosulfan, dont l'usage est en très forte régression depuis plusieurs années, en tout cas en France. Cette évaluation est donc partielle, et ne prend pas en compte des produits utilisés en grande quantité à l'heure actuelle, comme les urées substituées ou la plupart des fongicides.

EXPOSE DE LA DEMARCHE

Le transfert de pesticides vers les eaux, tant superficielles que souterraines, est un processus extrêmement complexe ; si les auteurs scientifiques semblent s'accorder sur les facteurs entrant en jeu dans ces processus (caractéristiques des produits phytosanitaires, caractéristiques des sols, éléments météorologiques, modes d'épandage etc), l'importance accordée à chacun d'entre eux varie sensiblement au gré des contraintes expérimentales que chacun se donne. Le passage d'une étude des transferts vers les eaux superficielles à petite échelle (case lysimétrique, parcelle, petits bassins versants) à une estimation au niveau de bassins étendus ne semble possible qu'avec l'aide de modèles mathématiques, dont la fiabilité reste incertaine à cette échelle et en l'état actuel de leur développement. De plus, leur calage nécessite de longues séries de données (sur les sols, les cultures, l'hydrologie, l'utilisation des pesticides et les concentrations mesurées dans différents milieux), dont certaines n'existent pas actuellement en France.

Si l'on veut donc procéder malgré tout à une estimation des apports diffus de pesticides dans les eaux superficielles du bassin français du Rhin, il convient d'employer une démarche plus grossière, reposant soit sur les statistiques d'occupation des sols, soit sur les données d'utilisation des produits.

1) Schéma de démarche à partir de l'utilisation des produits :

Il s'agirait d'évaluer les quantités de produits phytosanitaires entrant dans un bassin (quantités commercialisées), et d'en retrancher successivement ce qui est perdu - au niveau des emballages, au niveau des matériels d'épandage, par dégradation, par percolation - ou fixé au niveau des plantes et du sol. Le reste pourrait être considéré comme arrivant aux eaux superficielles, par ruissellement ou transport atmosphérique. Si certains éléments sont connus avec une fiabilité raisonnable (pertes sur les emballages) ou semblent pouvoir être déterminés (pertes au niveau du matériel d'épandage), d'autres sont hors de portée, à commencer par les données d'utilisation des produits au niveau de bassins versants. Les chiffres qu'il est possible d'obtenir dans ce domaine sont les quantités

diffusées dans les zones d'influence des coopératives et autres revendeurs, voire plus difficilement la ventilation des parts de marché par catégorie (herbicides, fongicides etc) à l'échelon départemental. L'extrapolation du département au bassin versant ne peut être entreprise sans introduire des marges d'erreur considérables.

Cette démarche n'est donc pas directement applicable ici ; en revanche, elle n'est pas dépourvue d'intérêt, puisqu'elle repose sur des données réalistes, les quantités effectivement vendues.

2) Schéma de démarche à partir de l'occupation des sols :

Dans ce cas, les éléments utilisables sont de deux ordres : le recensement général agricole (RGA), réalisé tous les 10 ans, qui rend compte notamment de la ventilation des superficies par culture (par communes, par cantons etc), et d'autre part les doses recommandées par produit et par culture répertoriées dans l'Index phytosanitaire (1). Ce répertoire est édité par une association proche de l'industrie des pesticides et remis à jour tous les ans. Bien évidemment, l'estimation des quantités épandues est donc uniquement théorique, puisqu'on suppose que les doses recommandées sont appliquées par tous les agriculteurs de la zone considérée. Un premier ajustement peut être fait en introduisant les enquêtes statistiques sur les pratiques culturales, révisées tous les ans, qui donnent par département le nombre moyen de traitements types (insecticides, herbicides etc) pour quelques cultures : maïs et céréales, betterave, colza, tournesol. Un deuxième ajustement doit également être envisagé, pour tenir compte du fait que le marché est morcelé entre plusieurs produits pour un "problème" donné (herbicide sur maïs ou sur céréales, etc).

A partir de cette estimation des quantités épandues, deux méthodes de calcul sont applicables : un modèle rudimentaire du type de celui proposé par Wauchope (2), ou un calcul encore plus simpliste à l'aide d'un coefficient de perte à déterminer d'après la bibliographie.

C'est cette dernière méthode qui a été retenue : le modèle cité en premier lieu permet d'estimer la concentration dans l'eau de ruissellement après un événement pluvieux. L'évaluation des pertes cumulées sur un an nécessiterait de mettre en oeuvre un autre modèle (pluies probables) à l'aval de celui-ci. De plus, la concentration dans l'eau de ruissellement n'est pas identique à celle dans la rivière,

même à proximité de la zone de ruissellement. On retombe donc dans le cas de figure évoqué plus haut, à savoir la fiabilité incertaine de la modélisation, et le manque de données chronologiques pour réaliser le calage.

L'évaluation des transferts de pesticides vers les eaux superficielles à partir d'un coefficient de perte appliqué aux quantités épandues n'est certes pas plus satisfaisante d'un point vue scientifique ; toutefois, si les coefficients sont bien choisis, cette méthode permet d'obtenir des résultats au moins aussi fiables que par modélisation, avec des calculs beaucoup plus simples. Les pertes ainsi évaluées restent des pertes potentielles, sur une année de pluviosité moyenne.

De nombreuses valeurs sont proposées dans la littérature pour des coefficients de perte (tableau 1) ; elles varient selon la taille et surtout la pente de la zone examinée, les caractéristiques des pesticides, voire d'autres facteurs comme le volume de précipitations. Marchand (3) estime qu'à l'exutoire de grands bassins versants, on peut retenir une perte de 0,5 % des quantités épandues, sauf pluviosité exceptionnelle.

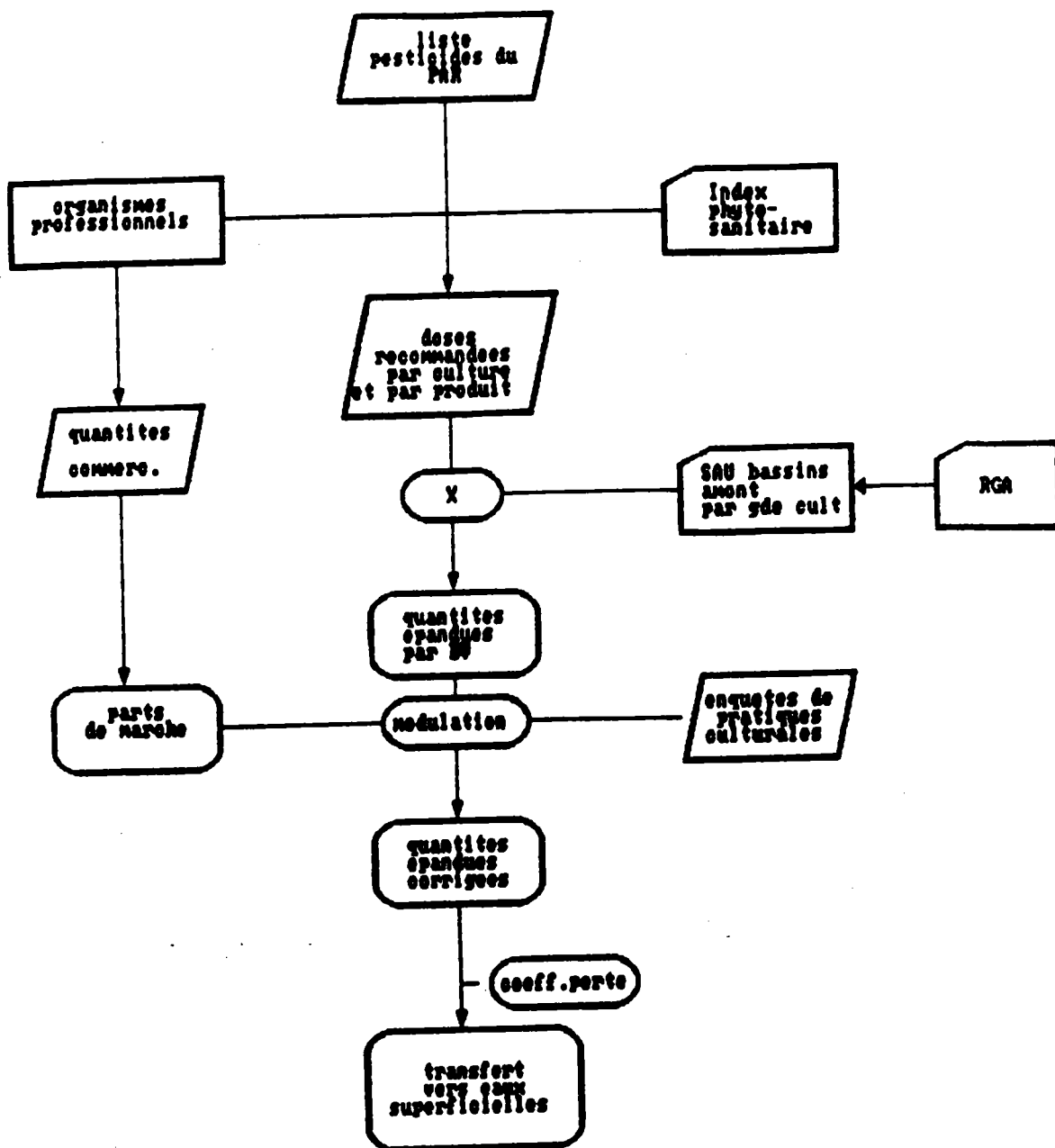
TABLEAU 1

COEFFICIENTS DE PERTE RELEVES POUR QUELQUES SUBSTANCES

Substance	Milieu	Perte en %	Réf
atrazine	eau de ruissellement	0,2 - 1,90	4
	idem	0,9 - 2,70	5
	idem	0,19 - 15,90	6
	rivières	0,1 - 2,90	8
	idem	0,004 - 0,01	9
	idem	0,4 - 1,70	10
simazin	eau de ruissellement	3,50	6
trifluraline	eau de ruissellement	0,10 - 0,30	4
	idem	0,04 - 0,76	6
endosulfan	eau de ruissellement	0,30	6
méthyl-parathion	eau de ruissellement	0,08 - 0,25	6
	idem	env. 10	7
lindane	rivières	0,01 - 0,02	8
	idem	0,20	3

La démarche adoptée peut donc se résumer ainsi (fig. 1) :

- * collecte des données relatives à l'occupation des sols (RGA) et répartition par bassins versants ;
- * collecte des données relatives aux pratiques culturales (enquêtes statistiques) ;
- * évaluation des quantités commercialisées ;
- * calcul des quantités épandues :
 - brutes : (surface x dose recommandée ajustée selon pratiques culturales) ;
 - corrigées en fonction des parts de marché ;
- * calcul des quantités exportées.



- Figure 1 -
 Demarche d'evaluation des apports diffus
 de pesticides

Les coefficients de perte retenus en première analyse sont mentionnés au tableau 2.

⋮

TABLEAU 2

Coefficients de pertes appliqués dans la partie française du bassin du Rhin

SUBSTANCE	COEFFICIENT APPLIQUE
Azinphos-méthyl	0,1 %
Paration-éthyl	0,1 %
Parathion-méthyl	0,1 %
Dichlorvos	0,5 %
Fenthion	0,1 %
Endosulfan	0,1 %
Atrazine	0,5 %
Simazine	0,5 %
Bentazone	0,5 %
Trifluraline	0,1 %

Ces coefficients semblent justifiés par les données citées au tableau 1 : certains des coefficients y sont notablement plus élevés, mais dans des conditions particulières : pentes, pluies importantes, observation limitée à une parcelle. Au niveau d'un bassin versant plus important, il faut s'attendre à des coefficients plus faibles, les valeurs élevées par endroits étant compensées par des pertes plus faibles ou nulles à d'autres endroits, en fonction de la répartition des précipitations et des pentes. Le coefficient appliqué à la bentazone n'est pas appuyé par des données précises, de même que pour le dichlorvos ; toutefois, leurs solubilités respectives incitent à leur attribuer le même coefficient que pour l'atrazine.

En ce qui concerne les usages des pesticides du PAR dans la partie française du bassin du Rhin, les éléments suivants ont été retenus à partir d'informations recueillies auprès de différentes sources :

- la bentazone est employée sur céréales, en concurrence avec d'autres produits ;
- la trifluraline est utilisée sur colza et tournesol, en concurrence avec d'autres produits ;
- le fenthion n'est pas employé ;
- le parathion-méthyl est employé sur vigne, colza et arboriculture ; en revanche, le parathion-éthyl est utilisé sur betterave, arboriculture et vigne ;
- l'azinphos-méthyl est utilisé sur arboriculture et vigne, en concurrence avec les dérivés du parathion et d'autres substances ;
- le dichlorvos est utilisé en protection des semences, et de ce fait ne peut être pris en compte en tant que source d'apports diffus, du moins dans le cadre méthodologique adopté ;
- l'endosulfan est employé sur colza, mais a tendance à être remplacé par d'autres insecticides.

On a considéré par ailleurs, d'une manière un tant soit peu arbitraire, que l'atrazine était le seul herbicide employé sur maïs et ne faisait l'objet que d'un seul traitement par an, et que la simazine n'était utilisée que sur vigne.

RESULTATS DE DISCUSSION

Les données du "Recensement Général Agricole" nécessitent une certaine mise en forme avant de pouvoir être traitées selon le processus indiqué ; en effet, elles sont présentées par commune, elles-mêmes regroupées par département. Il faut donc au préalable redistribuer les communes dans les différents bassins hydrographiques (figure 2).

Cette manière de procéder comporte un certain nombre d'approximations : en premier lieu, c'est le domicile de l'exploitant qui détermine dans le RGA le rattachement de parcelles à une commune, et non les bans communaux. Il arrive par conséquent que certaines superficies soient comptabilisées dans une commune, alors qu'elles sont "physiquement" situées sur une autre. Il y a donc des sur-estimations et des sous-estimations. Cette approximation n'est en fait gênante que si l'on travaille à petite échelle (une à quelques communes) ; à l'échelle de la partie française du bassin du Rhin, on peut considérer que ces erreurs s'annulent. D'autre part, il n'y a pas systématiquement coïncidence entre limites communales et limites de bassins hydrographiques ; là aussi, on peut toutefois penser que ce type d'erreur n'est pas trop gênant à l'échelle où l'on travaille. Enfin, les règles juridiques du secret statistique font que certaines données sont manquantes, dès lors notamment qu'il y a moins de trois agriculteurs dans une commune. Cela ne concerne qu'un petit nombre de communes dans le cas présent, et constitue donc une erreur négligeable.

Le calcul des superficies par culture a donc été fait sur la base des indications d'emploi des pesticides mentionnées à l'Annexe 1 et du découpage par bassins selon la figure 2. Les superficies sont rassemblées aux tableaux 3 et 4.

Bassins hydrographiques. Estimation des apports diffus

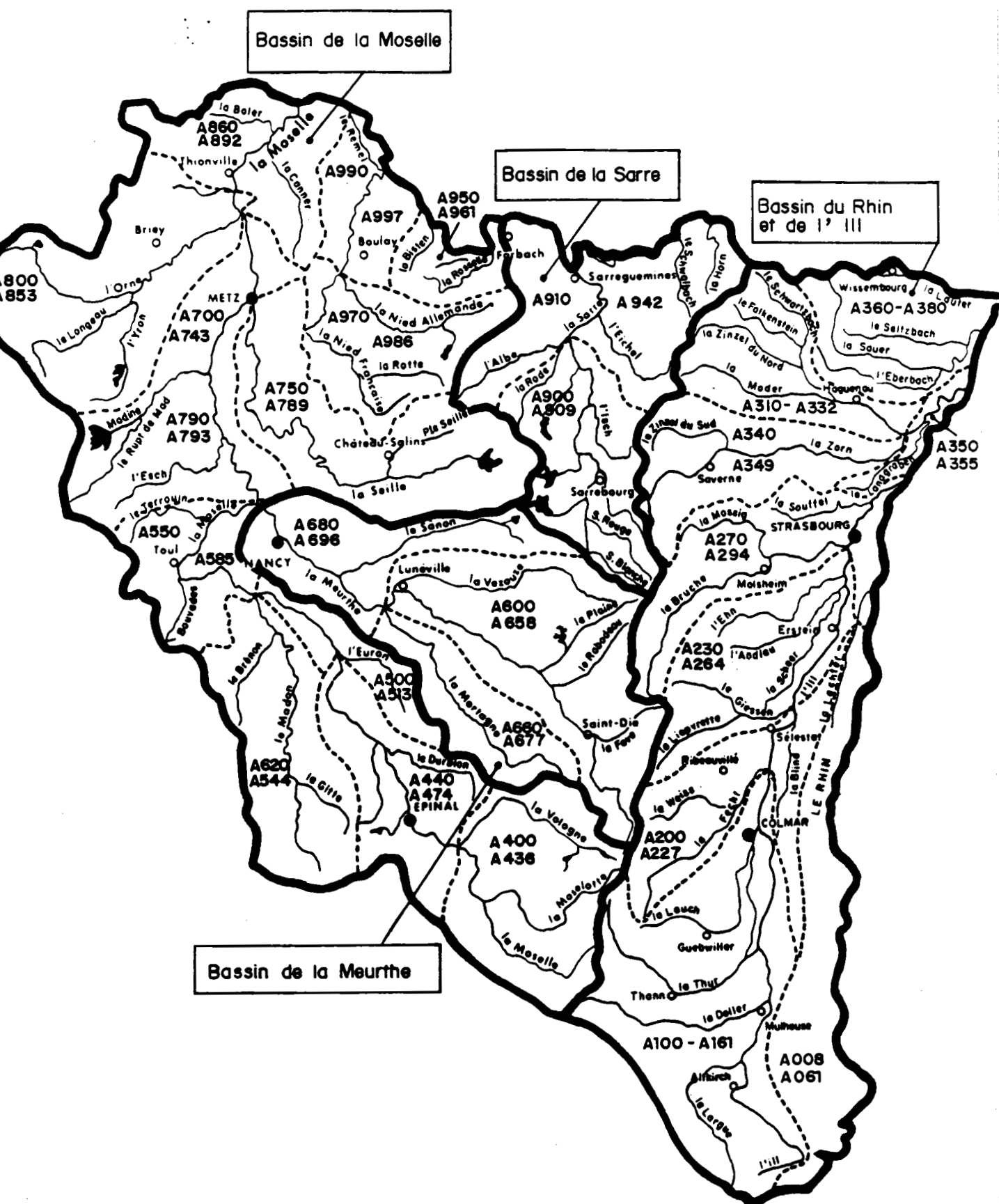


TABLEAU 3

SUPERFICIES CULTIVEES EN CEREALES EN HA

BASSIN	BLE	ORGE	AUTRES CEREALES	TOTAL CEREALES	MAIS	MAIS FOUR	TOTAL MAIS
MEURTHE	13599	10450	1470	26561	874	7547	8421
MOSELLE	67373	61124	4508	133005	5383	25770	31153
SARRE	23037	24649	4025	52957	930	12095	13025
RHIN	50681	15983	2755	69419	82896	19642	102538

TABLEAU 4

SUPERFICIES CULTIVEES EN BETTERAVE, COLZA, TOURNESOL, VIGNES ET VERGERS

BASSIN	BETTERAVE	COLZA	TOURNESOL	VIGNES	VERGERS
MEURTHE	17	5714	252	1	119
MOSELLE	91	34214	1175	128	1263
SARRE	26	11336	155	1	75
RHIN	4341	10578	10297	13539	642

Le calcul des quantités théoriquement épandues se fait en multipliant les superficies par la dose recommandée et par un coefficient correcteur issu des enquêtes statistiques déjà citées. En pratique, ce coefficient représente le nombre moyen de traitements d'une catégorie (herbicide, fongicide, insecticide) réalisé sur une culture pendant un cycle cultural. Ces coefficients varient donc d'une région à l'autre, puisque les problèmes agronomiques à résoudre ne sont pas les mêmes. Les coefficients utilisés ici sont donnés en annexe 4. Pour le maïs, il a été considéré qu'un seul traitement herbicide était réalisé.

Le tableau 5 reprend les quantités de pesticides théoriquement épandues, compte tenu des différentes indications données précédemment.

TABLEAU 5

QUANTITES THEORIQUEMENT EPANDUES (en kg)

	atrazine	bentazone	triflural.	simazine	para thion-m	para thion-e	azin phos-m	endosul- fan
MEURTHE	21052	31873	12233	3	2401	33	52	5174
MOSELLE	77882	166721	72847	384	14578	364	608	24547
SARRE	32562	63547	23855	3	4715	24	33	8133
RHIN	256344	183821	30059	40617	10699	4412	6204	3238

Le tableau 6 comporte les quantités épandues après corrections en fonction principalement des données de commercialisation (annexes 2 & 3). En effet, pour l'Alsace, où l'adéquation entre bassins versants et zones de commercialisation est relativement bonne, on peut déterminer des coefficients correcteurs pour la plupart des substances considérées (simazine, bentazone, trifluraline, parathions, azinphos, endosulfan) en rapportant les quantités commercialisées aux quantités théoriquement épandues. Ce procédé correspond grossièrement à une correction en fonction des parts de marché. En ce qui concerne l'atrazine, la méthode de correction adoptée repose sur une modification de la dose d'application, ramenée à 1,8 kg/ha, ce qui correspond approximativement aux quantités commercialisées en Alsace. Cette réduction de dose se justifie semble-t-il assez bien par les types de sol rencontrés en Alsace.

TABLEAU 6

QUANTITES EPANDUES CORRIGÉES (EN kg)

	atrazine	bentazone	simazine	triflur.	para thion-m	para thion-e	azin phos-m	endosul- fan
MEURTHE	15157	1274	2	2268	965	7	6	1463
MOSELLE	56075	6668	265	13505	5861	81	81	6944
SARRE	23445	2541	2	4422	1895	5	4	2300
RHIN	184568	7352	28115	5573	4302	991	831	916

Le tableau 7 reprend les quantités exportées dans chacun des bassins en appliquant aux données du tableau 6 les coefficients de perte du tableau 2.

TABLEAU 7

QUANTITES DE PESTICIDES EXPORTÉES (en kg)

	atrazine	bentazone	simazine	triflur.	para thion-m	para thion-e	azin phos-m	endosul- fan
MEURTHE	76	6	0	2	1	0	0	1
MOSELLE	280	33	1	14	6	0	0	7
SARRE	117	13	0	4	2	0	0	2
RHIN	923	37	141	6	4	1	1	1
TOTAL	1396	89	142	26	13	1	1	11

CONCLUSION

Cette évaluation fait ressortir la prédominance des herbicides par rapport aux insecticides, de même que l'importance des bassins hydrographiques aboutissant directement au Rhin. Ces deux remarques ne constituent évidemment pas une surprise, en raison particulièrement du potentiel agricole de la plaine d'Alsace.

Que valent les chiffres avancés au terme de cette évaluation ? Rien de plus que la méthode qui les a produits, qui repose sur de nombreuses approximations ou hypothèses, jamais vérifiées dès lors qu'on les étudie à un niveau de détail suffisant, c'est-à-dire à petite échelle. On ne peut sans risques justifier systématiquement le recours à ces approximations et hypothèses lors d'évaluations à grande échelle par des phénomènes de lissage ou de compensation statistiques. Si de tels phénomènes existent bien, ils devraient pouvoir être objectivés, et ne peuvent non plus tout justifier. Ces chiffres ne sont donc qu'une évaluation des ordres de grandeur des transferts potentiels vers les eaux superficielles, cette évaluation n'étant en outre pas modulée par les contextes hydrogéologiques régionaux (cf la plaine d'Alsace, où il existe des secteurs d'infiltration pour lesquels le coefficient de 0,5 % est trop élevé).

Au delà de cette démarche, dictée en grande partie par le calendrier de la CIPR, il s'agira évidemment de valider ou de corriger les chiffres obtenus par des mesures (à entreprendre), éventuellement exploitées par modélisation. Le volet "mesures" est d'ores et déjà à l'étude.

D'autre part, il conviendra également d'élargir cette surveillance des apports diffus de pesticides à d'autres substances que celles du PAR : il y manque en effet la plupart des produits actuellement les plus vendus, et tout particulièrement l'ensemble des fongicides, et les urées substituées parmi les herbicides. En revanche, certains des pesticides du PAR sont peu utilisés en France. Cette évaluation est donc décalée par rapport à la réalité, et devra être recadrée.

*

*

*

29 janvier 1991

MB/cms/babutkd-fichiers

REFERENCES

1 - ACTA

Index Phytosanitaire - Association de Coordination Technique Agricole, 1990

2 - WAUCHOPE R.D. & al.

Maximum pesticide concentrations in agricultural runoff : a semiempirical prediction formula - J. Environ. Qual., 9-4, 1980, 665-672

3 - MARCHAND M.

Les produits phytosanitaires agricoles et la qualité des eaux marines littorales - TSM l'Eau, Oct. 89, 511-521

4 - LEONARD R.A. & al.

Herbicide runoff from uplands piedmont watersheds - data and implications for modeling pesticide transport - J. Environ. Qual. 8-2, 1979, 223-229

5 - WAUCHOPE D.R.

Tilted-bed simulation of erosion and chemical runoff from agricultural fields : II- Effects of formulation on atrazine runoff - J. Environ. Qual. 16-3, 1987, 206-216

6 - WAUCHOPE D.R.

The pesticide content of surface water draining from agricultural fields - A review - J. Environ. Qual. 7-4, 1978, 459-472

7 - MC DOWELL L.L. & al.

Methyl-parathion and EPN washoff from cotton plants by simulated rainfall - Environ. Sci. Technol. 18-6, 1984, 423-427

8 - SMITH A.E.

Herbicides and the soil environment in Canada - Canadian Journal of Soil Science, 62, Aug. 1982, 433-460

9 - CHEVREUIL M. & al.

Etude du transfert des pesticides sur un bassin versant de la Brie. Modalités et essai de bilan. - C.R. Acad. Agr. Fr., 65-10, 1979, 835-845

10 - PEREIRA W.A. & al.

Occurrence, distributions and transports of herbicides and their degradation products in the lower Mississippi river and its tributaries - Environ. Sci. Technol. 24, 9, 1990, 1400-1406

ANNEXE 1

PESTICIDES DU 'PAR' A USAGE AGRICOLE EN FRANCE ET LEURS UTILISATIONS

NOM	CATEGORIE	USAGE 1	DOSE1-FORM1	USAGE 2	DOSE2-FORM2	USAGE 3	DOSE3-FORM3
Atrazine	herbicide	maïs	2500 g/ha				
Azinphos-m	insecticide	arbor/vign	473,50g/ha	betterave	250 g/ha		
Bentazone	herbicide	céréales	1200 g/ha	maïs	1440 g/ha		
Dichlorvos	insecticide	arbor/vign	1250 g/ha	général	2000 g/ha		
Endosulfan	insecticide	p de terre	350 g/ha	colza	437,50 g/ha		
Fenthion	insecticide	arbor	550 g/ha	arbor	825 g/ha	betterave	550g/ha
Parathion-e	insecticide	colza	200 g/ha	fruitiers	250 g/ha		
Parathion-m	insecticide	colza	200 g/ha	arbor/vig	300 g/ha	betterave	1500g/ha
Simazine	herbicide	maïs etc	2500 g/ha	vigne	3000 g/ha		
Triflural.	herbicide	colza hiv	1200 g/ha	colza pr	960 g/ha	tournesol	1200g/ha

ANNEXE 2

QUANTITES COMMERCIALISEES (en kg) EN ALSACE DE 1979 A 1989 (PESTICIDES DE LA LISTE DU 'PAR')

Matière active	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89
Atrazine	8775	41727	39809	68475	67725	106351	105450	137306	129211	153079	156770
Simazine	14960	30987	27832	28848	33809	29794	28746	33792	31426	30962	28115
Bentazone	0	0	0	851	950	600	624	1548	2787	5728	7088
Trifluraline	901	6351	5500	5094	4239	4548	4583	6904	6834	5784	5573
Parathion-e	132	2004	1859	1660	1540	1765	1634	1555	2138	1215	991
Parathion-m	1078	1192	830	4140	4078	3057	4896	5169	4824	3105	4302
Azynphos-m	312	244	75	257	141	481	487	454	433	416	831
Endosulfan	96	2211	2000	2365	2238	1846	1769	1611	1228	930	916
Dichlorvos	193	217	150	392	404	646	877	7204	730	721	751
Fenthion	0	1	0	1	0	1	0	11	0	0	0

ANNEXE 3

ESTIMATION DES QUANTITES COMMERCIALISEES (en kg) EN LORRAINE EN 1989
(pesticides de la liste du 'PAR' - d'après note Kd 75/90)

MATIERE ACTIVE	RESULTATS PARTIELS (ESTIMES A 50 % DU MARCHE)
Atrazine	55000
Simazine	-----
Bentazone	2200
Trifluraline	20000
Endosulfan	100
Azynphos methyl	20
Dichlorvos	-----
Fenthion	-----
Parathion ethyl	350
Parathion mehtyl	3600

ANNEXE 4

COEFFICIENTS CORRECTEURS NOMBRE MOYEN DE TRAITEMENTS

BASSINS	maïs	maïs four.	céréales	colza	colza	tournesol
TRAITEMENT	herbicide	herbicide	herbicide	herbicide	herbicide	herbicide
MEURTHE	1,28	1,06	1,20	1,74	2,07	1
MOSELLE	1,28	1,06	1,20	1,74	1,64	1
SARRE	1,28	1,06	1,20	1,74	1,64	1
RHIN	1,40	1,18	1,20	1,20	0,70	1,20

Les enquêtes statistiques sont limitées aux "grandes cultures" ; il n'y a donc pas de coefficients disponibles pour la vigne, malgré un nombre de traitements probablement élevé.