



13874 D RM

Agence de l'eau
Moselle

**Mesures de pesticides dans la Moselle à Cattenom
Résultats des prélèvements de 1996 et comparaison 1995-96**

1. INTRODUCTION	2
2. MODE OPERATOIRE	2
3. RESULTATS DES MESURES REALISEES EN 1996	2
4. DISCUSSION	3
4.1. ESTIMATION DE LA QUALITE	3
4.2. RELATIONS ENTRE CONCENTRATIONS ET DEBITS, ET IMPLICATION POUR LES MODALITES DE TRANSFERT	5
4.2.1. <i>Isoproturon</i>	5
4.2.2. <i>Tébutame</i>	5
4.3. QUANTITES EXPORTEES	6
5. CONCLUSION	7

1. Introduction

Durant deux ans (1995 et 1996), des mesures de pesticides dans l'eau de la Moselle ont été mises en place selon des modalités spécifiques au niveau de Cattenom. Ces mesures visaient à cerner les impacts de la culture de colza sur la qualité des eaux, et à mieux connaître les variations de concentration des herbicides de la famille des urées substituées, dont les comportements en rivière sont encore mal connus. Les observations de l'année 1995 ont été publiées sous forme d'un rapport spécifique (1) ; l'objectif du présent rapport est de présenter les résultats obtenus en 1996, et de les discuter, en relation avec les hypothèses énoncées à partir des résultats obtenus l'année précédente, et en les interprétant en termes de qualité et de flux.

La collecte des échantillons et les analyses ont été réalisées par le Laboratoire d'Hygiène & de Recherches en Santé Publique de Vandoeuvre les Nancy.

2. Mode opératoire

Les modalités de prélèvement et d'analyse définies en 1995 (1) ont été maintenues en 1996 : recueil d'échantillons moyens journaliers à l'aide d'un préleveur automatique réfrigéré, analyse d'un mélange hebdomadaire d'aliquotes des échantillons journaliers, analyse des échantillons journaliers si les concentrations observées dans le mélange dépassent un certain seuil.

En 1995, pour les analyses journalières, la priorité avait été donnée aux produits employés sur colza ; en 1996, la priorité a été donnée aux phényl-urées. Dans la pratique, toutes les séries hebdomadaires où l'on a mis en évidence des phényl-urées et où les volumes recueillis étaient suffisants ont fait l'objet d'analyses journalières. Eu égard à des irrégularités de fonctionnement du préleveur automatique, cela ne représente en fait que trois séries de trois à six échantillons journaliers pour l'ensemble des deux campagnes.

3. Résultats des mesures réalisées en 1996

Les résultats d'analyses des mélanges hebdomadaires figurent en annexe 1, et sont également représentés sur les figures 1 et 2.

On peut constater que la campagne de prélèvements de printemps débute trop tard en ce qui concerne l'isoproturon, présent dans l'eau dès le début de la campagne, à des concentrations inférieures à 0.1 µg/l (moyenne hebdomadaire). Dans les

Figure 1 - Isoproturon dans les échantillons hebdomadaires de la campagne de printemps

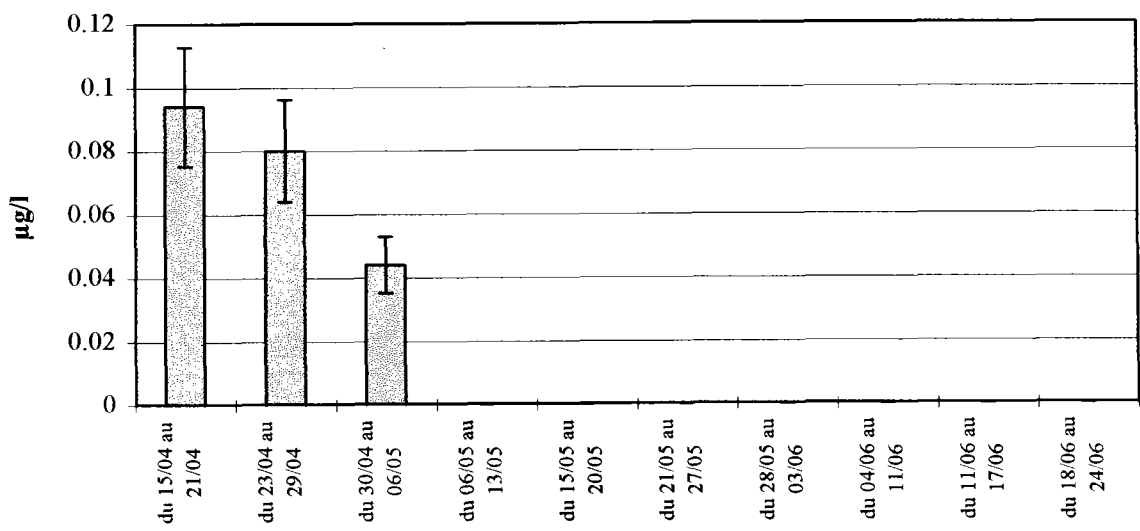
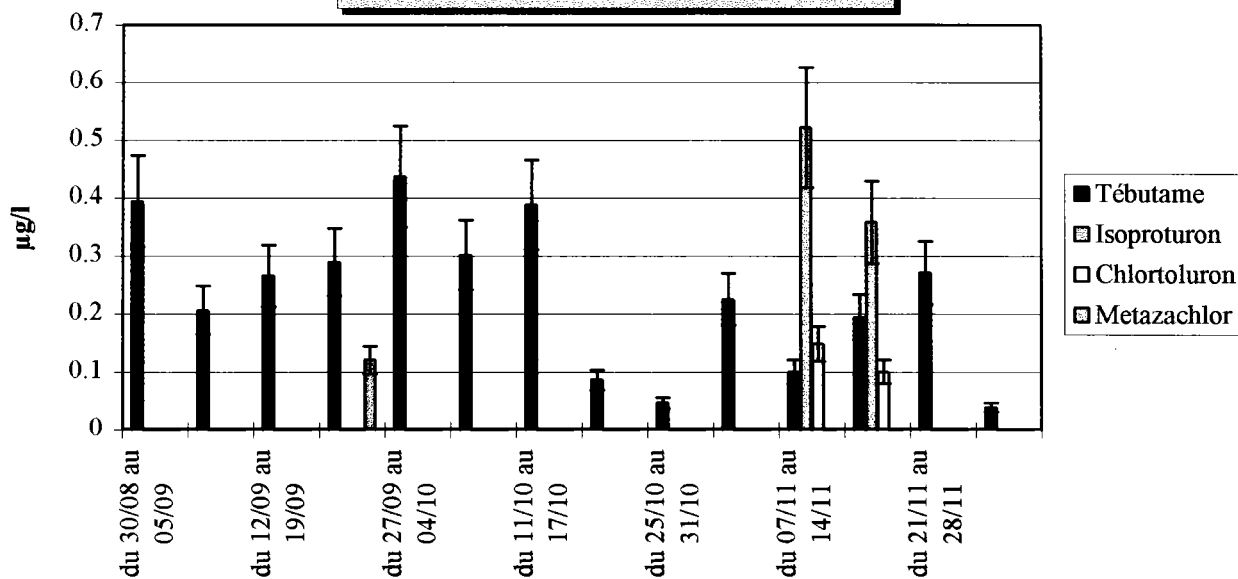


Figure 2 - Echantillons hebdomadaires de la campagne d'automne



échantillons journaliers, les concentrations observées sont identiques. Aucune autre substance n'est mise en évidence durant toute la période de prélèvement.

Le tébutame est présent dans l'ensemble des échantillons de la campagne d'automne, à des niveaux de concentrations culminant à 0.44 µg/l ; les autres substances détectées sont le métazachlor, l'isoproturon et le diuron. Ces deux dernières sont mesurées deux semaines de suite, au mois de novembre.

En fait, les concentrations de tébutame ont été suivies dans l'eau de la Moselle dès le début du mois d'août, dans le cadre des mesures mises en place à la suite de l'incendie d'un entrepôt de produits phytosanitaires dans la région de Nancy le 5 août 1996. Le pic de pollution consécutif à cet incendie est passé au droit de Cattenom à partir du 20 août 1996 (2) ; la concentration mesurée entre le 30 août et le 5 septembre peut donc être considérée comme la fin du pic de pollution, tandis qu'à partir du 5 septembre c'est essentiellement du tébutame lié aux traitements post-semis de colza qui est mesuré.

Les débits enregistrés à Apach pendant la même période sont représentés sur les figures 3 et 4.

4. Discussion

4.1. Estimation de la qualité

Seuls l'isoproturon, pour les deux campagnes, et le tébutame, pour celle d'automne uniquement, sont à prendre en considération. C'était déjà le cas en 1995, bien que d'autres substances avaient aussi été détectées de manière épisodique.

Les niveaux d'isoproturon restent faibles sur l'ensemble des deux périodes : au printemps, durant la période d'observation, les concentrations ne dépassent qu'à peine 0.1 µg/l ; elles sont plus élevées durant la campagne d'automne, où elles se situent entre 0.5 et 0.7 µg/l. D'autre part, les résultats de mesures disponibles dans le cadre du « Réseau National de Bassin » pour la station de prélèvement de Sierck - soit à proximité de Cattenom, sans affluent entre les deux points - montrent que l'isoproturon n'est que rarement détecté, et toujours dans l'une des mêmes périodes de l'année que celles qui ont fait l'objet des campagnes décrites ici (sur deux années, soit 26 prélèvements ponctuels espacés de quatre semaines, trois détections, en janvier, mars et avril).

Dans le système d'évaluation de la qualité des eaux (SEQ-Eau), deux types de seuils sont à considérer selon que l'on s'intéresse à la protection de l'écosystème aquatique ou à la production d'eau potable (3). Les seuils retenus dans le SEQ-Eau pour ces deux usages sont rappelés au Tableau 1.

Figure 3 - Débits moyens journaliers de la Moselle à Apach pendant la campagne du printemps 96

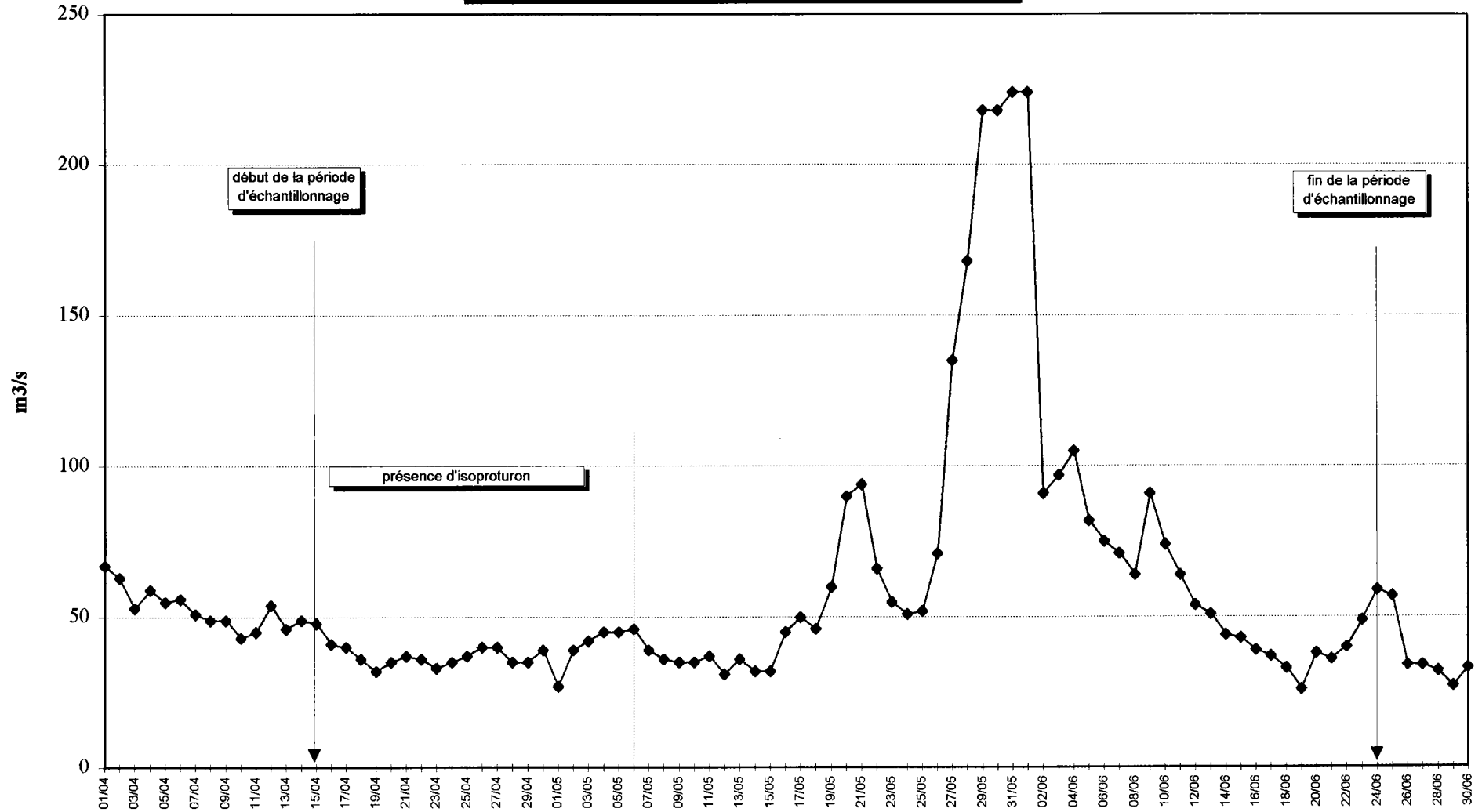


Figure 4 - Débits moyens journaliers de la Moselle à Apach pendant la campagne d'automne 96

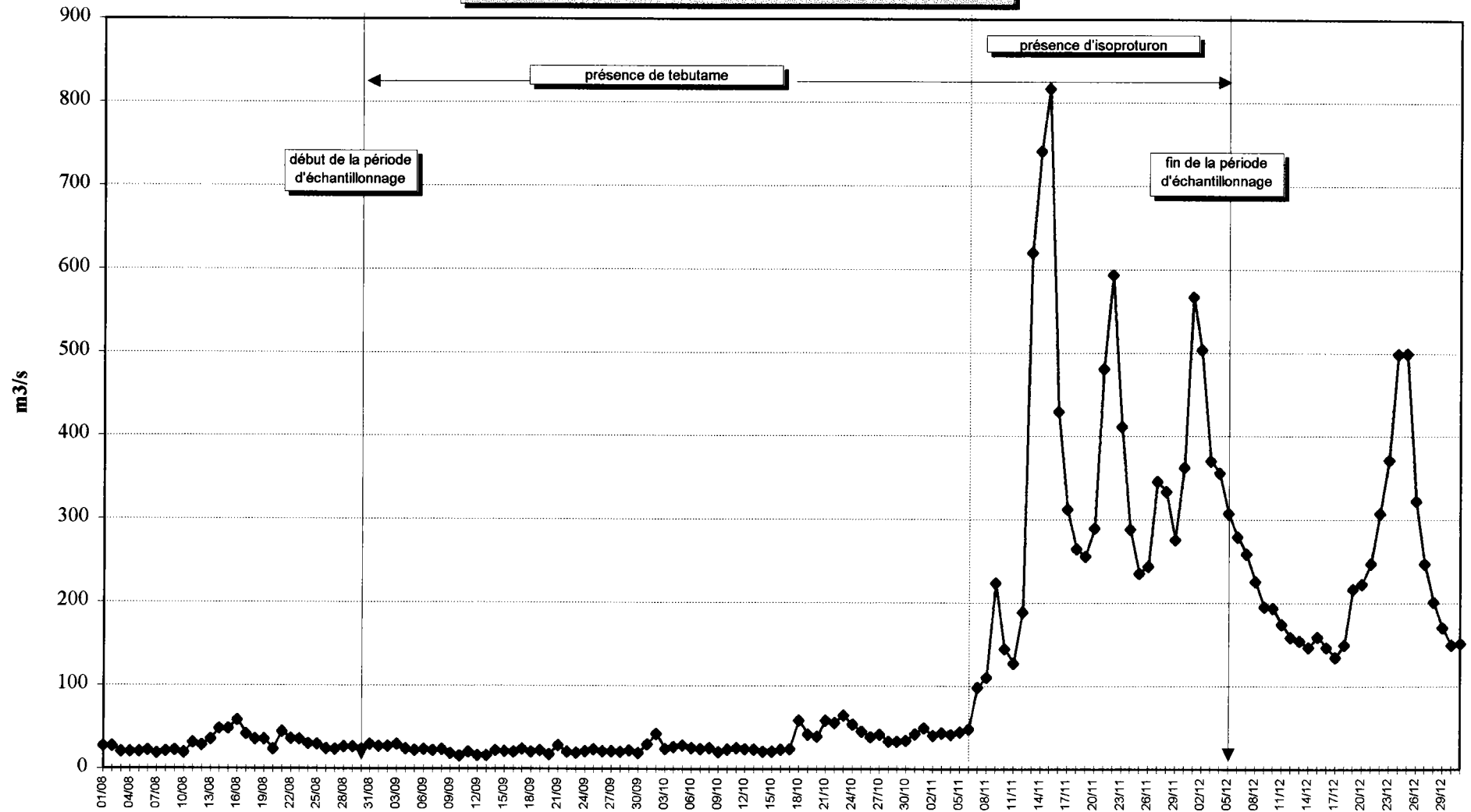


Tableau 1 -Seuils de qualité pour l'isoproturon ($\mu\text{g/l}$)

seuils	1	2	3	4
protection de l'écosystème	0.2	2.0	10	980
production d'eau potable	0.1			2.0

- les cases grises indiquent que les seuils correspondants n'existent pas
- les cases hachurées indiquent qu'il s'agit de seuils provisoires, en raison de données écotoxicologiques insuffisantes

Le risque d'atteinte à l'écosystème aquatique du fait de l'isoproturon semble donc faible pour ce tronçon, puisqu'en principe ces seuils correspondent à des 90^{èmes} percentiles ; même en pointe, soit sur des périodes très courtes, les concentrations restent inférieures au seuil 1, qui est dérivé du seuil de toxicité chronique par application d'un coefficient « de sécurité ».

En revanche, la présence d'isoproturon altère par moments l'aptitude à la production d'eau potable d'un rang au maximum.

Les seuils de qualité ne sont actuellement pas déterminés pour le tébutame ; cette substance n'est pas sélectionnée ni dans les listes nationales, ni dans les listes régionales lorraines. Cela tient en fait à ce que les données nécessaires à la sélection ne sont pas répertoriées dans le tableau de données. Pourtant, eu égard la superficie développée, à la dose d'emploi (3.6 kg/ha) et à la solubilité (≥ 1000 g/l) de cette substance, sa présence dans les eaux paraît logique, et devrait donc conduire à développer les seuils de qualité. L'examen de quelques banques de données (DOSE®, HSDB) n'a pas permis de collecter beaucoup de données sur l'écotoxicité de cette substance.

L'impact du tébutame sur l'aptitude à la production d'eau potable paraît par contre probable : en effet, le premier seuil dépend de la réglementation, et sera donc logiquement de 0.1 $\mu\text{g/l}$, comme pour tous les pesticides. Les autres seuils pour cette fonction restent à déterminer.

En conséquence, du fait probablement de la dilution, la présence d'isoproturon ni sans doute celle de tébutame n'engendrent de dégradation significative de la qualité pendant les deux années d'observation 1995-96. Ceci ne constitue évidemment pas une conclusion définitive, dans la mesure notamment où toutes les situations de débit n'ont pas encore été rencontrées ; comme cela a été mentionné à propos des campagnes 1995, les crues advenant peu de temps après l'épandage d'isoproturon correspondent à des niveaux de concentrations plus élevés. Cependant, ces situations ne seront probablement pas très durables.

4.2. Relations entre concentrations et débits, et implication pour les modalités de transfert

4.2.1. Isoproturon

La situation observée au printemps 1996 diffère sensiblement de celle du printemps 1995, en raison d'un régime de débits sensiblement différent : en 1995, l'isoproturon est mis en évidence à chaque épisode de crue, tandis qu'en 1996, il est observé plusieurs semaines de suite, sans qu'aucune crue ne se produise durant cette période. En revanche, les deux campagnes d'automne conduisent à des résultats similaires, avec une présence d'isoproturon en relation avec de fortes crues. Bien que la période d'occurrence de l'isoproturon semble plus longue à l'automne 1995 qu'en 1996, les dates coïncident bien, avec un maximum observé durant la première quinzaine de novembre (figure 5).

On peut donc émettre l'hypothèse que le transfert de l'isoproturon de la parcelle aux eaux superficielles fait appel à deux modalités différentes : par les drains, qui représenteraient la modalité principale au printemps 1996, et par ruissellement combiné au drainage, pour les autres périodes d'observation en 1995 et 1996. Dans le deuxième cas, les concentrations mesurées pourraient être nettement plus élevées, et la fraction d'isoproturon exportée est nettement plus importante que dans le cas où le transfert se produit selon la première modalité (drainage seul).

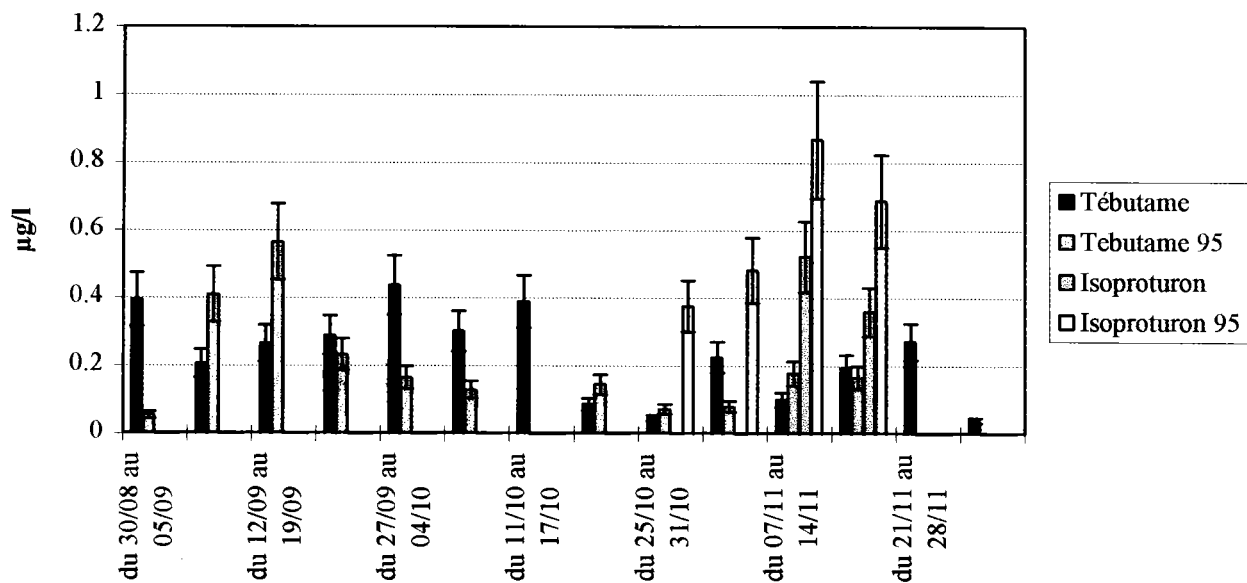
Ceci paraît compatible avec les travaux réalisés à l'ENSAIA sur les eaux de drainage de parcelles expérimentales lorraines (4), qui montrent que la quantité d'isoproturon exportée est d'autant plus importante que la pluie advient plus tôt après l'application du produit. Les pluies plus tardives entraînent encore de l'isoproturon, mais les niveaux de concentration et les quantités exportées sont beaucoup plus faibles. La concentration atteinte dans l'eau de drainage lorsque la pluie survient immédiatement après l'application culmine à 550 µg/l.

Des constats similaires ont été faits en Angleterre (5,6) et en Allemagne (7,8,9) sur des parcelles expérimentales. Tous concluent au rôle primordial de l'intervalle de temps séparant l'application de l'isoproturon de la première pluie ; les concentrations relevées tant dans les eaux de drainage que dans le ruissellement atteignent plusieurs centaines de µg/l. Les avis sont plus contrastés en ce qui concerne les parts respectives du drainage et du ruissellement dans les quantités exportées, mais ceci traduit probablement surtout les différences entre les systèmes expérimentaux et les types de sol.

4.2.2. Tébutame

En 1996, le tébutame n'est observé que pendant la campagne d'automne ; en 1995, cette substance n'avait pas été analysée au printemps, et avait également été observée à l'automne. En fait, les spécialités dans lesquelles cette substance s'emploient essentiellement en post-semis/pré-levée, et secondairement en post-levée au stade « 1 feuille » ; il n'y a donc pas d'application de tébutame au printemps. Le fait que le tébutame ne soit détecté dans l'eau de rivière qu'en automne signifie donc qu'il n'y a plus de résidu mobilisable après l'hiver.

Figure 5 - Comparaison des séries hebdomadaires 95-96



Les niveaux de concentrations sont comparables pour les deux années, quoique plus élevés en 1995. Ceci s'explique probablement, comme pour l'isoproturon, par les différences de régime de débit entre les deux années. La présence de tébutame aussi bien pendant la période de faible débit (du 30 août au 6 novembre) que pendant la série de crues de novembre, et le fait que ces crues ne diminuent pas beaucoup les concentrations observées (0.2 à 0.3 µg/l dans les mélanges hebdomadaires avant les crues ; 0.1 à 0.2 µg/l pendant les crues), donnent à penser que le tébutame est exporté par les réseaux de drainage, et que cette modalité est prépondérante. Il ne semble pas à l'heure actuelle y avoir eu d'étude au niveau de la parcelle comparable à celle citée précédemment sur l'isoproturon, ce qui ne permet pas d'étayer cette hypothèse du transfert par drainage. On notera cependant que le tébutame est observé pendant une période beaucoup plus longue que l'isoproturon, ce qui plaide pour un comportement différent au niveau du sol, et notamment une adsorption plus faible ou plus facilement réversible, ainsi qu'une certaine persistance.

4.3. Quantités exportées

Les quantités exportées sont calculées en multipliant la somme des débits moyens journaliers pour chaque série hebdomadaire par la concentration moyenne de la substance sur cette même période.

$$E = \left(\sum_{i=1}^j Q_i \right) \times C_m$$

E : quantité exportée, en g

Q_i : débit moyen journalier du jour i en m³/s

j : dernier jour de la période considérée

C_m : concentration moyenne pendant la période considérée en µg/l

Les quantités exportées par semaine sont ensuite sommées par campagne pour obtenir la quantité exportée totale sur cette période (Tableau 2). Cette manière d'agrèger paraît plus adaptée que le calcul d'un total à l'année, puisque tant pour l'isoproturon que pour le tébutame, les observations faites durant chaque campagne se rapportent manifestement aux applications les plus récentes.

Tableau 2 - Quantités exportées par campagne en 1995 et 1996 (en g)

	printemps		automne	
	1995	1996	1995	1996
isoproturon	2308	58	992	1976
tébutame			1200	2103

Ces quantités sont à considérer comme des ordres de grandeur ; en effet, les dates de prélèvement n'ont permis (ni en 1995, ni en 1996) d'échantillonner la totalité de l'isoproturon, en raison d'un démarrage trop tardif au printemps. De même, le tébutame a été mis en évidence dès les premiers prélèvements de 1995, ce qui donne à penser qu'une partie du flux a échappé à l'échantillonnage.

5. Conclusion

Les campagnes de mesures réalisées en 1995 et 1996 ont confirmé la contamination de l'eau de la Moselle par l'isoproturon et le tébutame de manière régulière dans les périodes qui suivent l'application de ces produits sur les cultures : printemps et automne pour l'isoproturon, automne pour le tébutame.

Les niveaux de concentrations atteints par l'isoproturon varient d'une année à l'autre ; ils ne semblent pas de nature à entraîner une dégradation significative de la qualité de l'eau, si l'on se réfère aux seuils du « Système d'évaluation de la qualité de l'eau ». Ils peuvent toutefois entraîner temporairement une dégradation de l'aptitude de l'eau de la Moselle à fournir de l'eau potable. Cependant, cette appréciation doit être nuancée, en raison de la situation aval du point de mesures : il est très probable que les niveaux de concentration dans les affluents sont plus élevés.

Il n'est actuellement pas possible d'évaluer l'impact de la présence de tébutame sur la qualité de l'eau, du moins en ce qui concerne l'écosystème. L'écotoxicité de cette molécule n'est actuellement pas suffisamment connue pour qu'on puisse déterminer des seuils de qualité fiables. Il paraît par contre probable que l'aptitude à fournir de l'eau potable soit dégradée pendant la période de contamination par le tébutame.

Ces observations soulignent certaines lacunes du système de surveillance mis en place ; en effet, le tébutame ne figure ni sur la liste régionale, ni sur la liste nationale des matières actives à surveiller, ce qui s'explique simplement par le fait que les données permettant ce classement ne sont pas répertoriées. La présence de cet herbicide dans la Moselle montre donc que le système de sélection des substances à surveiller peut facilement être pris en défaut, et ne doit donc pas être considéré de manière trop rigide et absolue. D'autre part, les modalités d'échantillonnage adoptées pour le « Réseau National de Bassin » conviennent mal pour l'isoproturon, et probablement pour toutes les phényl-urées, et conduisent à sous-estimer l'impact de ces pesticides sur la qualité de l'eau.

Une première estimation des quantités exportées a pu être faite ; celles-ci oscillent entre 50 g et 2 kg par saison (printemps, automne) selon l'année et l'herbicide considéré. Ces estimations sont cependant entachées d'erreurs, dues en particulier aux insuffisances de l'échantillonnage, qui n'a pas permis de suivre la totalité de la période où ces substances ont transité dans la Moselle. Ces quantités exportées doivent donc être considérées comme des ordres de grandeur.

En ce qui concerne les modalités de transfert de la parcelle aux eaux superficielles, les deux substances étudiées semblent dotées de comportements différents : l'isoproturon est transféré par les réseaux de drainage *et* par le ruissellement superficiel, sans qu'il soit actuellement possible de déterminer si l'une des modalités l'emporte sur l'autre, et quelles conditions (état des sols, intensité des pluies) expliquent à un moment donné la prépondérance de l'une ou de l'autre. Le tébutame semble plus exporté par les drains.

Cette question apparaît primordiale dans la perspective d'interventions futures visant à réduire les transferts vers les eaux superficielles ; jusqu'à présent, l'effort de recherche en la matière a surtout été orienté vers la mise en place de bandes enherbées, qui ne peuvent constituer une réponse appropriée que si les drains ne jouent qu'un rôle mineur dans l'exportation des pesticides. Il convient donc maintenant d'étudier d'un point de vue quantitatif ou semi-quantitatif le rôle des drains dans les transferts. Ce type d'étude devrait être mené sur des systèmes expérimentaux intégrant parcelle(s) drainée(s) et tronçon de cours d'eau, dans un secteur où la dilution est moindre qu'au point de prélèvement étudié jusqu'à présent, de façon à pouvoir observer des variations de concentrations plus importantes.

Bibliographie

- 1- Babut M. (1996) « Recherche de pesticides dans l'eau de la Moselle à différentes périodes de l'année » - *Agence de l'Eau Rhin-Meuse*
- 2- AERM, 1996 « Incendie de la S.A.N.E. à Heillecourt - Interprétation des résultats des analyses de l'eau de la Moselle - Essai d'évaluation des conséquences » (Note remise au Préfet de Meurthe & Moselle)
- 3- Babut M. (1997) Système d'évaluation de la qualité de l'eau - Seuils de qualité pour les micropolluants organiques & minéraux dans les eaux superficielles - *Etude interagences n° 53*
- 4- Babut M., Schiavon M., Portal J.M. (1997, à paraître) « La parcelle drainée : un outil pour l'évaluation du risque de pollution des eaux par les produits phytosanitaires » - Communication au colloque GIP/GFP (1996)
- 5 - Johnson A.C. & al. (1995) Isoproturon and anion transport by preferential flow through a drained clay soil - « *Pesticide movement* », *Proceedings of a symposium* - Warwick Univ. (3-5 Avr. 1995) - *British Crop Protection Council Monograph n°62*.
- 6 - Johnson A.C. & al. (1995) Processes influencing pesticide transport in a drained clay catchment - in *Effects of scale on interpretation and management of sediment and water quality*, 39 - 46, ed. Osterkamp, IAHS Press, Wallingford (UK)
- 7 - Traub-Eberhard U. & al. (1994) Pesticide movement into subsurface drains on a loamy silt soil - *Chemosphere*, 28: 2, 273 - 284
- 8 - Kloppel H. & al. (1994) Herbicides in surface runoff: a rainfall simulation study on small plots in the field - *Chemosphere*, 28:4, 649 - 662
- 9 - Kordel W. & al. (1993) Contamination of aquatic ecosystems by runoff events - comparison of small and large plot experiments - Brighton crop protection conference, *Proceedings of an international conference vol 2.*, 835 - 842 - Brighton (22-25 Nov 1993) *British Crop Protection Council*

CAMPAGNE 1 - du 15/04/96 au 24/04/96												
Réf. Laboratoire	Période de prélèvement	COD	Tébutame	Isoproturon	Linuron	Diuron	Chlortoluron	Alachlor	Metazachlor	Flusilazole	Trifluralin	Lindane
	du ... au ...	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	nm	nm
4046	du 15/04 au 21/04	4.70	< 0,020	0.094	< 0,050	< 0,030	< 0,030	< 0,040	< 0,060	< 0,060	nm	nm
4295	du 23/04 au 29/04	4.1	< 0,020	0.08	< 0,050	< 0,030	< 0,030	< 0,040	< 0,060	< 0,060	nm	nm
4528	du 30/04 au 06/05	3.76	< 0,020	0.044	< 0,050	< 0,030	< 0,030	< 0,040	< 0,060	< 0,060	nm	nm
4791	du 06/05 au 13/05	3.86	< 0,020	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,030	< 0,040	< 0,060	< 0,060	nm	nm
4959	du 15/05 au 20/05	3.63	< 0,020	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,030	< 0,040	< 0,060	< 0,060	nm	nm
5189	du 21/05 au 27/05	3.81	< 0,020	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,030	< 0,040	< 0,060	< 0,060	nm	nm
5529	du 28/05 au 03/06	4.17	< 0,020	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,030	< 0,040	< 0,060	< 0,060	nm	nm
5815	du 04/06 au 11/06	4.26	< 0,020	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,030	< 0,040	< 0,060	< 0,060	nm	nm
6283	du 11/06 au 17/06	3.7	< 0,020	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,030	< 0,040	< 0,060	< 0,060	nm	nm
6384	du 18/06 au 24/06	3.69	< 0,020	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,030	< 0,040	< 0,060	< 0,060	nm	nm
CAMPAGNE 2 - DU 30 AOUT AU 05 DECEMBRE 1996												
10682	du 30/08 au 05/09	3.7	0.394	< 0,010	< 0,060	< 0,040	< 0,030	< 0,050	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010
11074	du 07/09 au 13/09	4.04	0.206	< 0,010	< 0,060	< 0,040	< 0,030	< 0,050	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010
11574	du 12/09 au 19/09	4.22	0.265	< 0,010	< 0,060	< 0,040	< 0,030	0.062	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010
11923	du 19/09 au 26/09	4.03	0.289	< 0,010	< 0,060	< 0,040	< 0,030	< 0,050	0.12	< 0,060	< 0,010	< 0,010
12229	du 27/09 au 04/10	4.2	0.437	< 0,010	< 0,060	< 0,040	< 0,030	< 0,050	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010
12384	du 03/10 au 10/10	3.88	0.301	< 0,010	< 0,060	< 0,040	< 0,030	< 0,050	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010
12604	du 11/10 au 17/10	3.91	0.388	< 0,010	< 0,060	< 0,040	< 0,030	< 0,050	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010
13070	du 18/10 au 24/10	3.55	0.086	< 0,010	< 0,060	< 0,040	< 0,030	< 0,050	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010
13366	du 25/10 au 31/10	3.53	0.046	< 0,010	< 0,060	< 0,040	< 0,030	< 0,050	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010
13545	du 01/11 au 07/11	4.04	0.225	< 0,010	< 0,060	< 0,040	< 0,030	< 0,050	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010
13761	du 07/11 au 14/11	3.84	0.1	0.522	< 0,060	< 0,040	0.148	< 0,050	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010
14416	du 15/11 au 20/11	4.94	0.194	0.358	< 0,060	< 0,040	0.1	< 0,050	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010
14415	du 21/11 au 28/11	5.27	0.271	< 0,010	< 0,060	< 0,040	< 0,030	< 0,050	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010
14995	du 28/11 au 05/12	4.42	0.039	< 0,010	< 0,060	< 0,040	< 0,030	< 0,050	< 0,080	< 0,060	< 0,010	< 0,010