



Fédération Régionale des groupements de
Défense contre les Ennemis des Cultures

229

DC5

Programme décennal d'épandage de phytocides par
voie aérienne en milieu forestier sur des terrains privés
de Smurfit-Stone inc. sur le territoire de La Tuque et de
la MRC du Domaine-du-Roy

Mauricie

6211-13-011

**ETUDE DE TRANSFERT EN MILIEU
URBAIN DU GLYPHOSATE, DE
L'AMINOTRIAZOLE ET DU
FLAZASULFURON DANS LES EAUX DE
RUISSELLEMENT.**

**Acquisition DE DONNEES SUR DEUX
SUBSTANCES ACTIVES ET
COMPARAISON AVEC LES DONNEES DE
L'ETUDE CORPEP 99/11**

**FE.RE.DEC. Bretagne
280 rue de Fougères – BP 80 118
35 701 RENNES CEDEX 7**

LISTE DES PARTICIPANTS	1
INTRODUCTION	2
<u>I – PRESENTATION DU SITE DE PACE</u>	<u>3</u>
<u>I.1 – Présentation du contexte</u>	3
<u>I.2 – Présentation du site</u>	4
<u>II – ETUDE DE TRANSFERT DU GLYPHOSATE, DE L'AMINOTRIAZOLE ET DU FLAZASULFURON</u>	<u>5</u>
<u>II.1 – Objectif</u>	5
<u>II.2 – Matériel et méthode</u>	5
II.2.1 – Dispositif expérimental	5
II.2.2 – Application du glyphosate, de l'aminotriazole et du flazasulfuron	5
II.2.3 – Les prélèvements d'eau de ruissellement	6
II.2.4 – L'analyse du glyphosate, de l'aminotriazole et du flazasulfuron	7
<u>II.3 – Résultats</u>	8
II.3.1 – Evolution des concentrations de glyphosate et d'aminotriazole : des concentrations très élevées dès la première pluie	8
II.3.2 – Evolution du glyphosate et de l'AMPA en fonction du type de sol	10
II.3.3 – Comparaison des molécules en fonction du type de sol	11
II.3.4 – Calcul de flux	13
II.3.5 – Cas du flazasulfuron	15
<u>DISCUSSION</u>	<u>17</u>
<u>CONCLUSION</u>	<u>20</u>
<u>ANNEXES</u>	

Liste des participants

Cette étude a été réalisée par la Fédération Régionale des groupements de Défense contre les Ennemis des Cultures de Bretagne en collaboration avec le Service Régional de la Protection des Végétaux de la DRAF de Bretagne.

Ont participé à cette étude :

FEREDEC Bretagne

Nathalie LE GODEC
Gérard ANGOUJARD

DRAF-SRPV Bretagne

Patrice BLANCHET

Nous remercions particulièrement la commune de Pacé qui a mis à notre disposition le site du Mail du Champ Ragel pour nous permettre l'implantation du site expérimental de mesure des transferts de substances actives et également les services techniques communaux assurant l'entretien de la partie amont du site.

INTRODUCTION

En Bretagne, la reconquête de la qualité des eaux brutes est un objectif prioritaire.

En effet, nous retrouvons beaucoup de matières actives dans les eaux superficielles, à des taux dépassant très largement et régulièrement l'objectif fixé de 0.1 µg.l⁻¹ (norme fixée pour l'eau destinée à la consommation humaine).

Ces substances actives proviennent de produits phytosanitaires utilisés dans le cadre des désherbages agricoles et non agricoles.

Il est, dans ce contexte, important de comprendre les mécanismes de cette pollution mais également de trouver des méthodes pour la réduire (techniques alternatives, produits phytosanitaires plus respectueux de l'environnement, ...).

Pour y répondre, il a été mis en place un site expérimental à Pacé (Ille et Vilaine) depuis 1998. Ce site a pour objectif de connaître et de comprendre le phénomène de transfert des différentes molécules utilisées dans le milieu urbain.

En 1999, la FEREDDEC Bretagne a étudié le transfert du diuron et du glyphosate.

Les premières conclusions sont :

- ↳ Des différences de comportement entre les deux types de surfaces : des pics de concentrations plus élevés sont observés sur la zone imperméable. Mais, au final, les quantités exportées sont équivalentes sur les deux zones.
- ↳ Des différences de comportement entre les molécules : il semblerait que le glyphosate soit moins exporté que le diuron.

Il est donc nécessaire de confirmer cette première année d'étude et de mesurer le transfert de d'autres molécules utilisées en milieu urbain. En 2000, nous étudions le transfert du glyphosate, de l'aminotriazole et du flazasulfuron. Ces deux dernières molécules sont à comparer au glyphosate.

I.1 - Présentation du contexte

Diverses études ont montré que les eaux superficielles en Bretagne sont polluées, notamment par les désherbants utilisés dans le milieu urbain.

Différentes actions ont été mises au point en Bretagne pour pallier cette contamination :

- La réglementation du diuron : Cette matière active est retrouvée très régulièrement dans les eaux et ses concentrations sont non négligeables. C'est pourquoi, une réglementation locale (arrêtés préfectoraux) a été prise pour en limiter l'usage. Il n'est possible d'utiliser les produits contenant cette matière active que du 1^{er} au 31 mars uniquement sur des surfaces perméables et à plus de 15 mètres d'un point ou d'un cours d'eau. Le reste de l'année, son emploi est formellement interdit.
- La création des plans de désherbage communaux : L'objectif de ces plans est de classer l'ensemble des surfaces d'une commune selon deux types de risque : les surfaces à risque faible et les surfaces à risque fort. Cette classification permet d'adapter le désherbage aux risques rencontrés.
- L'emploi de molécules plus respectueuses de l'environnement : l'usage du diuron étant fortement réglementé, ce sont des produits plus respectueux de l'environnement qui sont employés.
- L'emploi de techniques alternatives : Suite à la mise en place de plans cités ci-dessus, de nombreuses zones d'une commune sont classées «surface à risque fort de transfert des pesticides dans l'eau». Il est alors nécessaire de trouver d'autres méthodes que les méthodes chimiques pour désherber. L'emploi de techniques alternatives est une solution. Ces techniques permettent de ne pas utiliser de désherbants. Actuellement, certains procédés sont déjà employés (désherbeurs thermiques...) ou d'autres sont à l'état d'expérimentation (Weed cleaner, Waipuna...).

Pour sélectionner les herbicides les plus respectueux de l'environnement, il est nécessaire de connaître le niveau de transfert de chaque molécule. C'est pourquoi, un site expérimental a été mis en place pour étudier le transfert de ces molécules.

Différentes études ont conduit au bon fonctionnement de ce site expérimental :

- Etude CORPEP 1997 :
 - ↳ Identifier les mécanismes entrant en jeu dans les transferts.
 - ↳ Evaluer la faisabilité des mesures de transfert en milieu urbain et de la mise en place d'un site expérimental.

→ Etude CORPEP 1998 :

- ↳ Rechercher un site correspondant aux attentes de l'étude : le site du Mail du champ Ragel à Pacé.
- ↳ Mettre au point un site performant et capable d'analyser les transferts de différentes molécules. Pour cela, il a été nécessaire de réaliser divers travaux de génie civil afin d'adapter le site et de l'équiper (débitmètres et préleveurs automatiques).

→ Etude CORPEP 1999 :

- ↳ Vérifier la faisabilité de cette étude et son intérêt technique.
- ↳ Acquérir les premières données.
- ↳ Evaluer les transferts de deux molécules très employées pour le désherbage urbain, le diuron et le glyphosate.

L'étude menée en 2000 a pour objectif d'acquérir des données sur l'aminotriazole et le flazasulfuron (molécule à faible grammage hectare) et de les comparer aux données précédemment acquises. Mais, cette étude a également pour objectif de confirmer les informations obtenues en 1999 pour le glyphosate.

I.2 - Présentation du site

Le site expérimental de Pacé, le Mail du champ du Ragel, correspond exactement aux attentes de cette étude.

Tout d'abord, il présente deux allées contiguës d'une pente moyenne de 4%, une zone imperméable (surface bétonnée) et une surface perméable (allée sablée plantée). Ces deux allées sont représentatives des revêtements que l'on retrouve régulièrement en milieu urbain c'est à dire les trottoirs et les allées de parcs.

Divers aménagements ont été réalisés sur le site pour pouvoir réaliser les analyses sur le transfert dans les eaux de ruissellement. (Cf. schéma n°1 : Plan du site expérimental).

Tout d'abord, des caniveaux en amont du site ont été mis en place pour éviter que les eaux provenant de cette partie ne se mélangent aux eaux issues des deux surfaces étudiées.

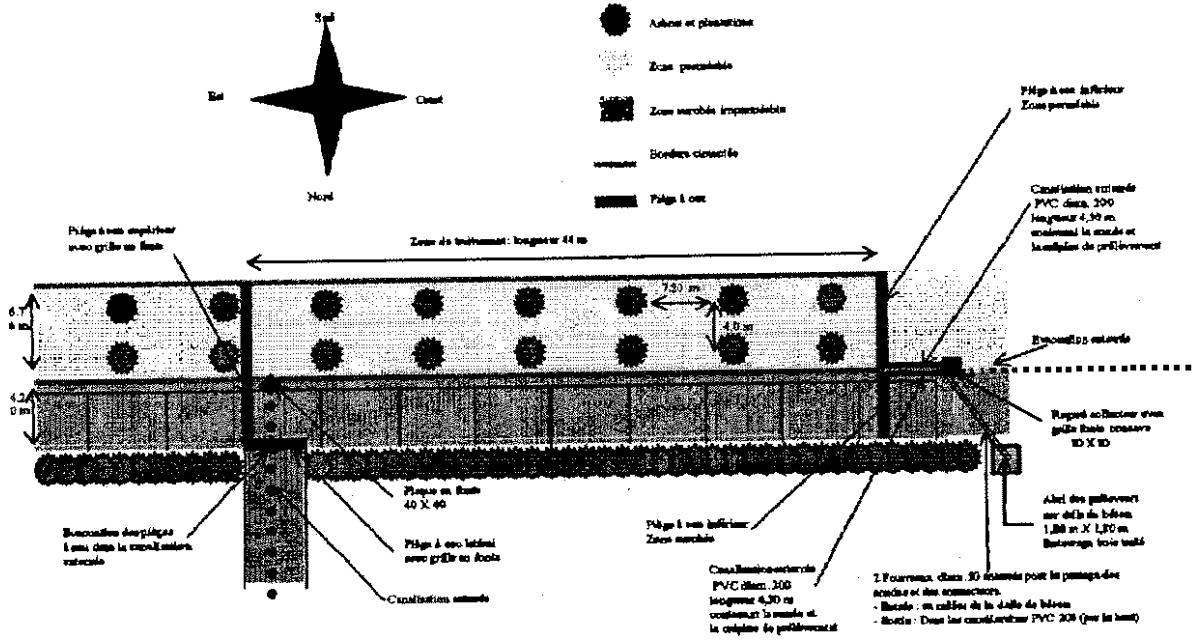
En aval du site, d'autres caniveaux ont été créés pour séparer les eaux de chaque surface.

A l'exutoire de chaque bande, un auget de prélèvement et d'échantillonnage des eaux de ruissellement a été installé ainsi qu'une sonde bulle à bulle pour évaluer la hauteur d'eau.

Tout cet équipement a été associé à un couple débitmètre - préleveur automatique. Le débitmètre permet de déceler tout ruissellement dans les tuyaux et d'automatiser ainsi le prélèvement en fonction du débit.

Pour finir, un pluviomètre a été placé sur ce site pour pouvoir corréler les pluies ruisselantes et les quantités de matières actives transférées.

Schéma n°1 : Plan du site expérimental de Pacé



II - ÉTUDE DE TRANSFERT DU GLYPHOSATE, DE L'AMINOTRIAZOLE ET DE FLAZASULFURON

II.1 - Objectif

Le but de l'étude menée en 2000 est de mesurer le transfert du glyphosate, de l'aminotriazole et du flazasulfuron dans les eaux de ruissellement sur deux types de surfaces : perméable et imperméable.

Cette étude a également pour but de confirmer les premières données obtenues en 1999 sur le transfert du glyphosate et d'acquies de nouvelles informations sur d'autres molécules, notamment sur le flazasulfuron (une molécule à faible grammage hectare).

De plus, dans le cadre de Bretagne Eau Pure, l'objectif fixé pour les eaux brutes est que pour chaque substance active détectée, sa concentration doit être inférieure à 0.1 µg.l⁻¹. Ainsi, dans cette étude, cet objectif fera fonction de référence.

II.2 - Matériel et méthode

II.2.1 - Dispositif expérimental

L'étude de transfert dans les eaux de ruissellement des trois molécules précédemment citées a été réalisée sur le site expérimental de Pacé (Ille et Vilaine).

Une seule application de glyphosate, d'aminotriazole et de flazasulfuron a été réalisée sur 50% de chaque surface. Puis, les concentrations de chaque matière active provenant des deux zones ont été mesurées.

II.2.2 - Application du glyphosate, de l'aminotriazole et du flazasulfuron

II.2.2.1 - Choix des produits

Pour cette étude, l'objectif est d'apporter 3000 g/ha de glyphosate, nous permettant ainsi de comparer les deux années d'étude, 1999 et 2000.

Pour les deux autres molécules, il s'agit d'apporter 1500 g/ha d'aminotriazole et 50 g/ha de flazasulfuron. Il s'agit des doses homologuées.

Les spécialités commerciales choisies sont le Roundup Biovert DT apportant 360 g/l de glyphosate, le Broussard VF apportant 150 g/l d'aminotriazole et l'Epsilon apportant 25% de flazasulfuron.

Tableau n°1 : Caractéristiques des spécialités commerciales utilisées

Spécialité commerciale	Dose appliquée	Volume de bouillie en l/ha	Matières actives	Concentration des matières actives	Dose de la matière active à l'hectare
Roundup Power Oil	8.33 l/ha	500	Glyphosate	360 g/l	3000 g
Bronzed VF	10 l/ha	500	Aminotriazole Diuron	150 g/l 300 g/l	1500 g 3000 g
Epsilon	200 g/ha	500	Flazasulfuron	25 %	50 g

II.2.2.2 - L'application des produits

Le traitement a été réalisé avec un pulvérisateur d'expérimentation étalonné et équipé d'une rampe avec des buses à fente XR80015VS de la marque Teejet.

Des rampes de taille différente ont été utilisées pour traiter chaque zone car l'application des produits n'est faite que sur 50 % de la surface :

- ↳ La rampe de deux mètres pour la zone imperméable qui fait quatre mètres de large.
- ↳ La rampe de trois mètres pour la zone perméable qui fait six mètres de large.

L'application des produits a été réalisée le 2 mai 2000. Une seule application a été faite durant l'année. Les conditions climatiques lors de l'application étaient les suivantes : une température moyenne de 15°C, une hygrométrie moyenne de 77.5 % et absence de vent.

Tableau n°2 : Caractéristiques des traitements appliqués

	Matières actives	Volume présumé de bouillie (en ml)	Volume théorique de bouillie (en ml)	Volume réellement appliqué de bouillie (en ml)	Quantité appliquée sur la zone (en g)
Zone imperméable	Glyphosate	5500	4750	4480	26 880 000
	Aminotriazole				13 440 000
	Flazasulfuron				448 000
Zone perméable	Glyphosate	8000	7125	7140	42 840 000
	Aminotriazole				21 420 000
	Flazasulfuron				714 000

II.2.3 - Les prélèvements d'eau de ruissellement

Des améliorations ont été apportées au système de prélèvement pour affiner la détection des ruissellements et la mesure des débits.

Par contre, la programmation des préleveurs n'a pas changé. Les prélèvements sont toujours déclenchés selon un pas de temps défini par les litres d'eau passés dans les canalisations. Le

premier échantillon est effectué lorsque les premiers 20 litres sont passés puis tous les 50, 100, 150, 250, 250, 250 et 250 litres.

Le suivi du site a été assoupli car en 1999, tous les épisodes pluvieux ont été analysés. Au total, 23 événements pluvieux ont été étudiés sur l'ensemble de l'année. L'étude menée en 1999 a ainsi fourni un nombre de données suffisantes pouvant servir de base pour les années suivantes et réduire le nombre d'épisodes pluvieux à analyser.

En 2000, seuls les trois premiers épisodes pluvieux survenus juste après l'application ont été suivis, puis, un seul épisode par mois (l'épisode le plus près possible de la date de traitement). Pour veiller au bon fonctionnement des équipements, une personne contrôle au minimum une fois par semaine sur le site.

Pour chaque épisode pluvieux retenu, nous avons réalisé un échantillon moyen. Ainsi au lieu d'analyser l'ensemble des échantillons prélevés (huit au maximum), un échantillon moyen de l'épisode pluvieux est préparé.

Il s'agit de réaliser un échantillon moyen d'une contenance maximum de 4 litres. Il est alors nécessaire de diviser le nombre d'échantillons prélevés par les 4 litres demandés obtenant ainsi une quantité identique extraite de chaque flacon. Les flacons sont pris en compte seulement s'ils appartiennent au même épisode pluvieux.

Par la suite, chaque quantité prélevée est versée dans un béccher pouvant contenir 4 litres. Cette manipulation permet d'homogénéiser l'ensemble pour ensuite le partager en 4 flacons d'un litre. Puis, ces flacons sont congelés avant d'être transportés au laboratoire.

La proportion restante est également conservée et congelée en cas de besoin d'une contre analyse.

Tous les échantillons ont été envoyés pour analyse au GIRPA à Angers. Les autres échantillons (exemplaires de l'échantillon moyen et les échantillons mères) sont conservés pendant la durée des analyses en cas de résultats nécessitant une contre analyse.

II.2.4 - L'analyse du glyphosate, de l'aminotriazole et du flazasulfuron

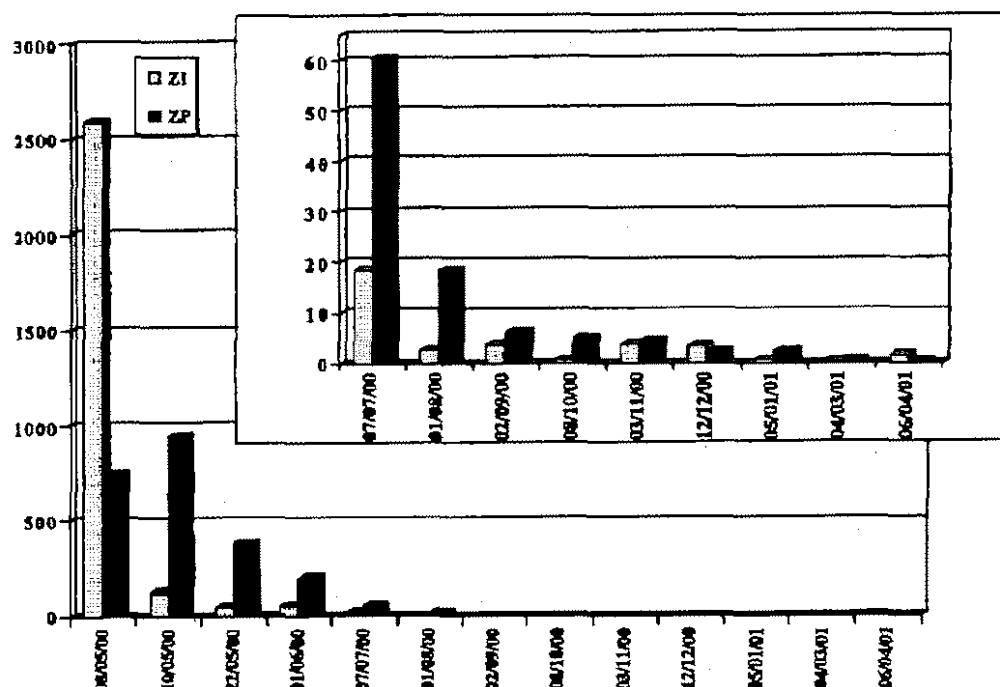
Toutes les substances actives ont été analysées par le GIRPA d'Angers excepté le flazasulfuron qui a été analysé par le laboratoire de l'ENSP de Rennes. Seules deux analyses ont été effectuées pour le flazasulfuron (suite à la première pluie et six mois après l'application des produits).

Dans le cas du glyphosate, l'analyse fournit des résultats sur les concentrations en glyphosate mais également en AMPA qui est son produit de dégradation.

II.3 - Résultats

II.3.1 - Evolution des concentrations de glyphosate (glyphosate + AMPA) et d'aminotriazole : des concentrations très élevées dès la première pluie

Graphique n°1 : Evolution des concentrations en glyphosate (glyphosate + AMPA) en $\mu\text{g.l}^{-1}$ sur les deux types de surfaces (période du 9 mai 2000 au 10 avril 2001)



Le graphique n°1 présente l'évolution des concentrations en $\mu\text{g.l}^{-1}$ du glyphosate + AMPA pour la période de mai 2000 à avril 2001.

Les premières concentrations trouvées sur le site sont très importantes. La concentration en glyphosate + AMPA sur la zone imperméable est de $2588.9 \mu\text{g.l}^{-1}$ et sur la zone perméable de $749.16 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Au début de l'étude, les concentrations sur la zone imperméable sont plus importantes que celles trouvées sur la zone perméable.

Par contre, au cours de l'étude, cette tendance va s'inverser. Les concentrations trouvées sur la zone perméable sont supérieures à celles observées sur la zone imperméable.

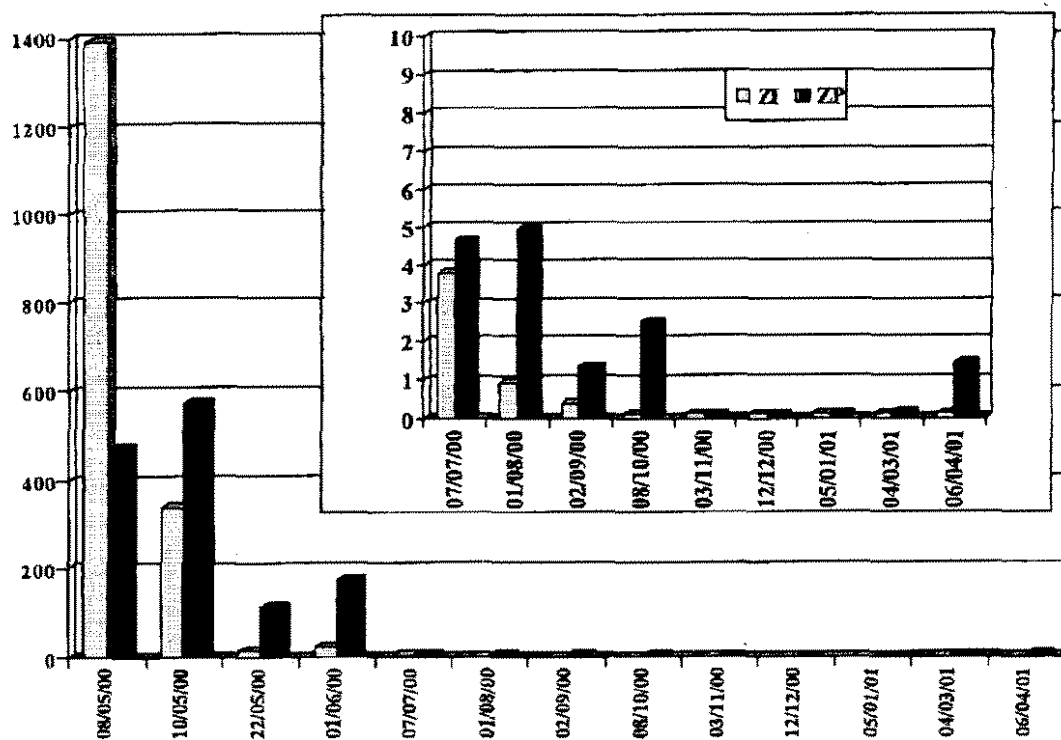
On remarque ce changement dès le deuxième épisode pluvieux. Sur la zone perméable, la concentration est de $951,36 \mu\text{g.l}^{-1}$ et sur la zone imperméable, elle est de $128,92 \mu\text{g.l}^{-1}$. De plus, trois mois après le traitement, de faibles valeurs sont observées mais avec toujours des concentrations plus importantes sur la zone perméable ($18.2 \mu\text{g.l}^{-1}$) que sur la zone imperméable ($2.69 \mu\text{g.l}^{-1}$).

Dix mois après l'application, on retrouve encore des concentrations supérieures à $0.1 \mu\text{g.l}^{-1}$, $0.15 \mu\text{g.l}^{-1}$ pour la zone imperméable et $0.24 \mu\text{g.l}^{-1}$ pour la zone perméable. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur.

Si on compare ces données avec celles obtenues en 1999 pour le glyphosate + AMPA, on remarque des différences :

- ↪ La concentration obtenue en 1999 sur la zone imperméable, était largement inférieure à celle obtenue en 2000. En effet, en 1999, la concentration en glyphosate + AMPA était de $1320 \mu\text{g.l}^{-1}$. Cette concentration a donc doublé cette année.
- ↪ La différence entre les concentrations est sans doute due à l'intervalle de temps entre l'application des produits et la pluie. En 1999, cet intervalle était de trois semaines ; en 2000, il n'est plus que de sept jours.
- ↪ Au bout de deux mois (en 1999), les concentrations sur la zone imperméable étaient inférieures à celles observées sur la surface perméable. En 2000, l'inversion a été plus rapide, dès le second épisode pluvieux (soit trois jours plus tard).
- ↪ Les concentrations diminuent plus lentement en 1999 sur les deux types de zones. En 2000, les pics de concentrations sont obtenus suite à la première pluie et les concentrations qui suivent diminuent rapidement.

Graphique n°2 : Evolution des concentrations en aminotriazole en $\mu\text{g.l}^{-1}$ sur les deux types de surfaces (de la période du 9 mai 2000 au 10 avril 2001)



Le graphique n°2 présente l'évolution des concentrations (en $\mu\text{g.l}^{-1}$) en aminotriazole sur les deux types de surface.

Les premières concentrations obtenues suite à la première pluie sont très importantes. Elles sont de $1390.62 \mu\text{g.l}^{-1}$ sur la surface imperméable et de $474.78 \mu\text{g.l}^{-1}$ sur la surface perméable. Les concentrations sont supérieures sur la surface imperméable, au début de l'étude. Par contre, dès le second événement pluvieux (seulement 3 jours après le premier), on remarque une inversion de cette tendance. Les concentrations sont plus importantes sur la surface perméable ($573.28 \mu\text{g.l}^{-1}$) que la surface imperméable ($337.85 \mu\text{g.l}^{-1}$). De plus, deux mois après l'application, les concentrations sont très faibles. Elles ne sont que de $3.79 \mu\text{g.l}^{-1}$ sur la surface imperméable et de $4.64 \mu\text{g.l}^{-1}$ sur la surface perméable. Les différences observées entre les deux zones sont alors négligeables. Enfin, dix mois après l'application, les concentrations observées sont à la limite de l'objectif fixé qui est d'être inférieur à $0.1 \mu\text{g.l}^{-1}$.

IL3.2 – Evolution du glyphosate et de l'AMPA en fonction du type de sol

Pour chaque type de surface, la part de l'AMPA a été évalué dans le total glyphosate + AMPA. Ce calcul permet de connaître la dégradation du glyphosate pour chaque zone.

En comparant le pourcentage d'AMPA au total AMPA + glyphosate dans les échantillons de chaque zone, on remarque que la zone imperméable, l'AMPA représente environ la moitié de la somme AMPA + glyphosate alors que sur la zone perméable, cette proportion est de 2/3. Ainsi, il semble qu'il y a une meilleure dégradation du glyphosate sur la zone perméable. En 1999, les proportions pour chaque molécule étaient quasiment identiques à ceux obtenus dans cette étude.

La dégradation des produits semble plus importante sur la surface perméable car sur la surface imperméable, une grande partie des produits est transférée dès le premier événement pluvieux tandis que sur la surface perméable, les produits sont transférés plus lentement ce qui permettrait une dégradation plus importante des substances actives.

II.3.3 - Comparaison des molécules en fonction du type de sol

Le tableau ci-dessous présente un récapitulatif des concentrations trouvées pour chaque molécule en fonction du type de sol. Ce sont les différentes concentrations pour la période d'un an (de la première pluie au dernier prélèvement effectué).

Tableau n°3 : Evolution des concentrations (en $\mu\text{g.l}^{-1}$) pour le glyphosate + AMPA et l'aminotriazole en fonction du type de surface

		Première pluie (04/05/06)	1er mois après l'application (05/06/06)	3 mois après l'application (07/08/06)	6 mois après l'application (01/02/07)	9 mois après l'application (04/05/07)
Glypho + AMPA	ZI	2588.9	53.71	18.14	2.69	3.8
	ZP	749.16	205.17	60.28	18.2	4.58
Amino	ZI	1390.62	21.76	3.79	0.93	0.1
	ZP	474.78	174.81	4.64	4.96	0.14
		11	55	118.5	197	445.75
						963.25

Légende :

Glypho : Glyphosate.
 Amino : Aminotriazole.
 ZI : Zone imperméable.
 ZP : Zone perméable.

Ce tableau permet de comparer les molécules en fonction du type de sol et dans le temps.

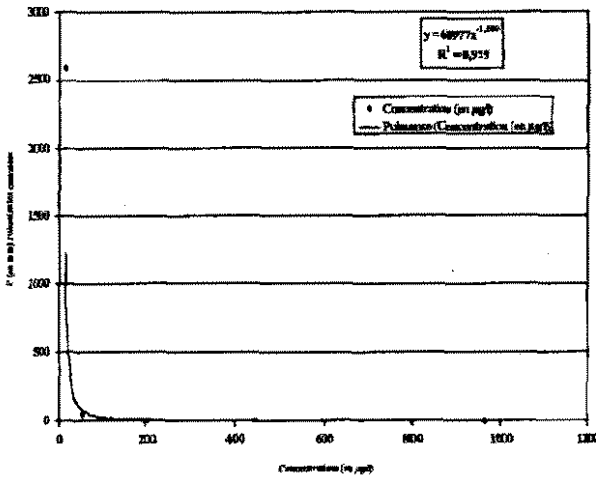
Les différentes conclusions que nous pouvons déduire de ce tableau sont les suivantes :

- Sur l'ensemble de l'étude, les concentrations observées pour le glyphosate + AMPA sont supérieures à celles trouvées pour l'aminotriazole sur les deux types de surface.
- Suite à la première pluie, les concentrations pour le glyphosate + AMPA sur la zone imperméable sont 3.5 fois supérieures à celles trouvées sur la zone perméable. Pour l'aminotriazole, l'observation est identique : concentrations sur la surface imperméable 3 fois plus importantes que sur la surface perméable.
- Au début de l'étude, les concentrations pour le glyphosate + AMPA et l'aminotriazole sont plus importantes sur la surface imperméable que sur la surface perméable. Mais, dès le premier mois après l'application, cette tendance s'inverse : les concentrations sur la surface perméable sont supérieures à celles observées sur la surface imperméable.
- Trois mois après l'application, l'aminotriazole présente des concentrations plus faibles sur la zone imperméable (0.93 $\mu\text{g/l}$) et perméable (4.96 $\mu\text{g/l}$) que le glyphosate (2.69 $\mu\text{g/l}$ sur ZI et 18.2 $\mu\text{g/l}$ sur ZP). De plus, six mois après l'application, les concentrations de l'aminotriazole sont passées en dessous de la

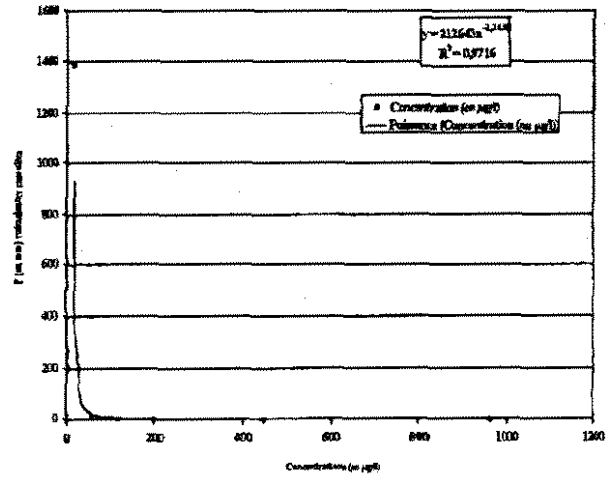
limite de quantification, 0.1 µg/l. L'aminotriazole serait une substance active plus mobile que le glyphosate.

- Les concentrations en glyphosate régressent plus lentement. Dix mois après l'application, on retrouve encore du glyphosate dans les eaux de ruissellement.
- Les concentrations trouvées pour les différentes molécules sont en corrélation avec le cumul des précipitations. (cf. les graphiques n°5, 6, 7 et 8).

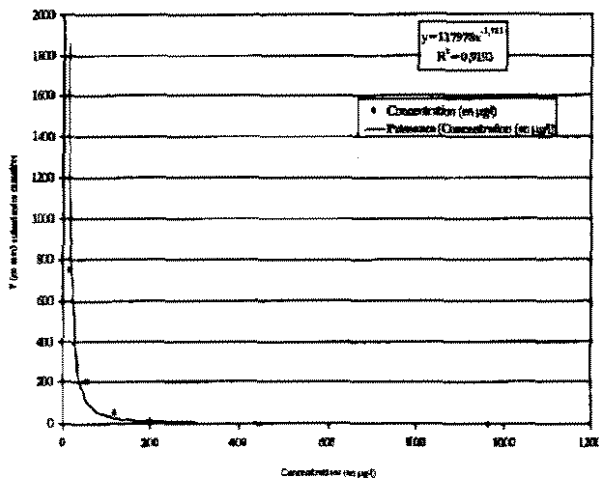
Graphique n°5 : Corrélation entre les précipitations ruisselantes cumulées et les quantités cumulées de glyphosate exportées sur la zone imperméable sur un an.



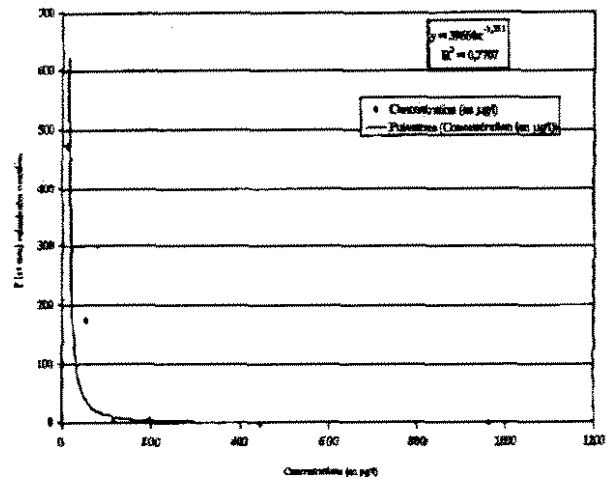
Graphique n°7 : Corrélation entre les précipitations ruisselantes cumulées et les quantités cumulées de l'aminotriazole exportées sur la zone imperméable sur un an.



Graphique n°6 : Corrélation entre les précipitations ruisselantes cumulées et les quantités cumulées de glyphosate exportées sur la zone perméable sur un an.



Graphique n°8 : Corrélation entre les précipitations ruisselantes cumulées et les quantités cumulées de l'aminotriazole exportées sur la zone perméable sur un an.



II.3.4 - Calcul des flux

II.3.4.1 - Mode de calcul des flux

Les flux permettent de connaître la quantité de matière active exportée lors de chaque événement pluvieux, ceci par rapport à la quantité de matière active appliquée.

Le mode de calcul est le suivant :

$$\text{Flux (en \%)} = 100 \times \frac{\text{Somme (concentration de l'échantillon X quantité d'eau ruisselante de l'épisode)}}{\text{Quantité de matière active apportée sur la zone étudiée}}$$

avec :

Quantité d'eau ruisselante

$$= (\text{Précipitation de l'épisode (en mm)} - \text{Pluie d'imbibition}) \times \text{Surface de la zone}$$

Pluie d'imbibition : quantité d'eau nécessaire pour saturer le sol et déclencher le ruissellement.

II.3.4.2 - Comparaison des flux pour chaque matière active

Tableau n°4 : Flux (en %) obtenus pour le glyphosate et l'aminotriazole sur les deux types de surface

	Glyphosate	Aminotriazole
Zone imperméable	19.48 %	27.99 %
Zone perméable	25.69 %	27.16 %

L'observation des flux nous montre que (cf. tableau n°4) :

- Les flux calculés sont très élevés. Pour le glyphosate, ils sont de 19.48% sur la zone imperméable (soit 5236.003 mg) et de 25.69% sur la surface perméable (soit 11003.8 mg). Pour l'aminotriazole, ils sont de 27.99% sur la zone imperméable (soit 3761.95 mg) et de 27.16% sur la surface perméable (soit 5816.68 mg).
- Les flux sont différents entre les deux molécules. Les flux en aminotriazole sont plus importants que ceux observés pour le glyphosate.
- Le flux observé pour le glyphosate, sur la zone perméable est supérieur à celui observé sur la zone imperméable. Il est de l'ordre de 20%, sur la zone imperméable et de 26%, sur la zone perméable.
- Les flux observés sur les deux zones pour l'aminotriazole sont pratiquement identiques.

Contrairement à l'année dernière, on constate qu'il suffit de la première pluie pour que 75% de la matière active exportée soit transférée dans les eaux de ruissellement pour le glyphosate et 50% de la matière active exportée et transférée pour l'aminotriazole.

Voici en détail le calcul des flux (cf. tableau n°5) :

Pour le glyphosate :

- Sur zone imperméable :
 - ⌘ 50% du flux global (c'est à dire la quantité de matière active qui sera exportée au cours de l'année) part dès les premiers mm de pluie ruisselante (1^{ière} pluie juste après l'application).
 - ⌘ 75% du flux global part dès que 7.25 mm de pluie ruisselante sont atteints (1^{ière} pluie juste après l'application).
 - ⌘ 99% du flux global part dès que 609 mm de pluie ruisselante sont atteints.

- Sur zone perméable :
 - ⌘ 50% du flux global part dès que 24.25 mm de pluie ruisselante (1^{ière} pluie juste après l'application) sont atteints.
 - ⌘ 75% du flux global part dès que 33.75 mm de pluie ruisselante (2^{ième} pluie juste après l'application) sont atteints.
 - ⌘ 99% du flux global part dès que 571.5 mm de pluie ruisselante sont atteints.

Pour l'aminotriazole :

- Sur zone imperméable :
 - ⌘ 50% du flux global part dès que 7.25 mm de pluie ruisselante (1^{ière} pluie juste après l'application) sont atteints.
 - ⌘ 75% du flux global dès que 22.25 mm de pluie ruisselante (1^{ière} pluie juste après l'application) sont atteints.
 - ⌘ 99% du flux global dès que 110 mm de pluie ruisselante sont atteints.

- Sur zone perméable :
 - ⌘ 50% du flux global dès que 20.75 mm de pluie ruisselante (1^{ière} pluie juste après l'application) sont atteints.
 - ⌘ 75% du flux global dès que 28 mm de pluie ruisselante (2^{ième} pluie juste après l'application) sont atteints.
 - ⌘ 99% du flux global dès que 571.5 mm de pluie ruisselante sont atteints.

Tableau n°5 : Précipitations ruisselantes (en mm) pour obtenir 75 et 99 % du flux global de matières actives pour le glyphosate et l'aminotriazole

		50 % du flux global	75 % du flux global	99 % du flux global
Glyphosate	ZI	1 ^{ers} mm	7.25 mm	609 mm
	ZP	24.25 mm	33.75 mm	571.5 mm
Aminotriazole	ZI	7.25 mm	22.25 mm	110 mm
	ZP	20.75 mm	28 mm	571.5 mm

Une très grande partie de la matière active appliquée a transféré dès la première pluie, sachant que la première pluie (quantité d'eau tombée pendant cet épisode pluvieux : 7.25 mm) est survenue seulement 7 jours après l'application des produits.

Une différence observée, suite au tableau ci-dessus, est le comportement des molécules sur chaque zone. Sur la zone imperméable, les deux molécules se comportent de manière distincte. En effet, au début de l'étude, le glyphosate transfère plus rapidement que l'aminotriazole puisqu'il suffit de quelques millimètres de pluie pour que 50 % du flux global soit transféré dans les eaux de ruissellement et 75 % du flux global dès la première pluie. Par contre, pour l'aminotriazole, le transfert de 75 % du flux global dans les eaux nécessite une succession d'épisodes pluvieux. Mais, au cours de l'étude, ce phénomène s'inverse puisqu'il suffit de 110 mm de pluie pour que 99 % du flux global de l'aminotriazole transfère contre 609 mm de pluie pour le glyphosate.

L'aminotriazole serait une molécule plus mobile que le glyphosate.

Par contre, sur la surface perméable, les deux molécules présentent un comportement identique. Les exportations se seraient faites au même moment pour les deux.

Une autre différence observée est le comportement des deux zones étudiées.

En effet, l'observation du tableau ci-dessus montre que sur la surface imperméable, le transfert de 50 % du flux global se fait dès les premiers millimètres de pluie tandis que sur la surface perméable, une succession de petites pluies est nécessaire pour assurer ce transfert dans les eaux de ruissellement.

II.3.5 – Cas du flazasulfuron

Pour le flazasulfuron, seules deux analyses ont été réalisées sur chaque zone. La première analyse a été faite juste après la première pluie et la deuxième, six mois après.

Les résultats des analyses sont les suivants :

↳ Première analyse (juste après la première pluie) :

- Sur zone imperméable : 26 µg.l⁻¹.
- Sur zone perméable : 57 µg.l⁻¹.

↳ Deuxième analyse (six mois après) :

- Sur zone imperméable : 0.08 µg.l⁻¹.
- Sur zone perméable : 0.08 µg.l⁻¹.

On s'aperçoit que les concentrations sont très faibles par rapport à celles observées pour les deux autres matières actives (glyphosate et aminotriazole). Par exemple, par rapport au glyphosate, la concentration trouvée sur la surface imperméable, suite à la première pluie, est 99 fois inférieure pour le flazasulfuron.

De plus, les concentrations diminuent très rapidement car seulement six mois plus tard, nous sommes déjà au-dessous de $0.1 \mu\text{g.l}^{-1}$, comme pour l'aminotriazole. Par contre, la concentration observée six mois après le traitement pour le glyphosate était encore au-dessus, $4.58 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Le flazasulfuron serait une matière active qui provoquerait des pics de concentrations moins importants que ceux du glyphosate, de l'aminotriazole ou du diuron et qui se dégraderait plus rapidement que les autres substances actives qui ont été étudiées.

Néanmoins, il convient de faire une étude complète sur cette matière active afin d'affirmer ces résultats.

III. DISCUSSION

L'étude de 1999 a montré que les transferts de produits phytosanitaires sur surfaces urbaines sont très importants. En effet, les premières concentrations trouvées sur le site étaient très élevées et largement supérieures à l'objectif fixé ($< 0.1 \mu\text{g.l}^{-1}$).

Lors de la première analyse effectuée, les concentrations en diuron sur la surface imperméable et perméable étaient réciproquement de $8000 \mu\text{g.l}^{-1}$ et $2500 \mu\text{g.l}^{-1}$ et pour le glyphosate, de $1320 \mu\text{g.l}^{-1}$ et $880 \mu\text{g.l}^{-1}$. Ces concentrations sont évidemment considérables. Mais, elles sont à relativiser car dans le cadre d'un bassin versant ; ces teneurs seraient diluées.

Cette deuxième année d'étude nous permet de conforter les résultats obtenus en 1999 et de découvrir et comparer le comportement des deux molécules étudiées : le flazasulfuron et l'aminotriazole.

La première conclusion confortée : Milieu urbain = Milieu très sensible.

Les deux types de surface rencontrés sur le site de Pacé peuvent être considérés comme des surfaces à risque élevé.

Ces deux zones sont très favorables au ruissellement et donc au transfert des produits phytosanitaires vers les eaux.

Le mode de désherbage des zones urbaines doit être choisi en fonction du substrat car tous ne sont pas aussi ruisselants.

La deuxième conclusion confortée : Fortes concentrations trouvées à l'exutoire du site de Pacé.

En effet, en 1999, les premières concentrations obtenues étaient de l'ordre de :

- ↳ Pour le diuron :
 - Sur surface imperméable : $8000 \mu\text{g.l}^{-1}$
 - Sur surface perméable : $2500 \mu\text{g.l}^{-1}$
- ↳ Pour le glyphosate :
 - Sur surface imperméable : $1320 \mu\text{g.l}^{-1}$
 - Sur surface perméable : $880 \mu\text{g.l}^{-1}$

En 2000, les premières concentrations obtenues sont également très importantes.

- ↳ Pour le glyphosate :
 - Sur surface imperméable : $2588.9 \mu\text{g.l}^{-1}$
 - Sur surface perméable : $749.16 \mu\text{g.l}^{-1}$
- ↳ Pour l'aminotriazole :
 - Sur surface imperméable : $1390.62 \mu\text{g.l}^{-1}$
 - Sur surface perméable : $474.78 \mu\text{g.l}^{-1}$
- ↳ Pour le flazasulfuron :
 - Sur surface imperméable : $26 \mu\text{g.l}^{-1}$
 - Sur surface perméable : $57 \mu\text{g.l}^{-1}$

Les concentrations trouvées en 2000 sont plus importantes (deux fois plus) qu'en 1999 pour le glyphosate.

Mais, cette différence peut s'expliquer par l'intervalle de temps entre l'application des produits et la première pluie qui n'est survenue que 7 jours plus tard en 2000, contre 3 semaines en 1999.

De plus, les pics de concentrations de l'aminotriazole sont deux fois moins importants que ceux du glyphosate. Mais, il faut rappeler que la quantité de matière appliquée en l'aminotriazole est deux fois moins élevée que celle du glyphosate. Les doses appliquées sont celles employées (3000 g/ha de glyphosate et 1500 g/ha d'aminotriazole).

Par contre, les concentrations trouvées pour le flazasulfuron sont très faibles sans doute du fait que la quantité de matière active employée en pratique est très faible (50 g/ha).

La troisième conclusion confortée : Flux de matières actives considérables.

Les flux de matières actives trouvés en 2000 sont considérables.

Les flux pour le glyphosate sont deux fois supérieurs à ceux observés en 1999 sur les deux types de zone. Ils se situent entre 19.7 à 25.7 %.

Par contre, on s'aperçoit que pour l'aminotriazole, les flux sont encore plus importants. Ils sont de l'ordre de 27.2 à 28 %. Pour cette substance active, les flux observés sur les deux zones peuvent être considérés comme identiques.

Par comparaison, les flux observés sur des parcelles agricoles sont de l'ordre de 0.01 à 0.1 %.

On peut donc constater que les flux en zone urbaine sont plus importants qu'en zone agricole.

La quatrième conclusion confortée : Comportement différent de ces deux molécules.

Nous observons des différences entre le glyphosate et l'aminotriazole.

Tout d'abord, les concentrations en aminotriazole diminuent plus rapidement que le glyphosate. On s'aperçoit que trois mois après, les concentrations en aminotriazole sont faibles ($3.79 \mu\text{g.l}^{-1}$ sur zone imperméable et $4.64 \mu\text{g.l}^{-1}$ sur zone perméable) et six mois après, les concentrations ont atteint la limite fixée de $0.1 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Par contre, les concentrations en glyphosate régressent plus lentement et approchent la limite fixée de $0.1 \mu\text{g.l}^{-1}$, seulement dix mois après l'application ($0.15 \mu\text{g.l}^{-1}$ sur zone imperméable et $0.24 \mu\text{g.l}^{-1}$ sur zone perméable).

On peut noter que l'aminotriazole est une substance active plus mobile que le glyphosate (elle se fixe probablement moins aux particules sur ce type de surface).

L'observation des flux montre que l'aminotriazole a des flux plus importants que ceux du glyphosate.

Enfin l'aminotriazole se comporte de manière identique sur les deux zones. Il transfère autant sur les deux surfaces.

La cinquième conclusion confortée : Rôle important de la pluie dans la dégradation des matières actives.

Dans l'étude de 1999, plusieurs facteurs influençant la dégradation des substances actives avaient été mis en évidence. Ces facteurs étaient les propriétés physico-chimiques des matières actives, la nature des substrats, la pente et la pluviométrie.

Suite à l'étude de cette année, on constate que la pluviométrie joue un rôle très important dans le transport des substances actives. La quantité de glyphosate transférée en 1999 est deux fois moins importante qu'en 2000.

Lors d'un traitement, le risque de pluie doit être pris en compte car un délai trop court entre l'application et la première pluie conduira à de fortes concentrations dans les eaux.

CONCLUSION

Cette deuxième année d'étude sur le site expérimental de Pacé nous a permis de vérifier les conclusions obtenues en 1999 et de connaître le transfert de deux molécules (aminotriazole et flazasulfuron).

Les concentrations obtenues sont très importantes et notamment juste après la première pluie.

- Pour le glyphosate :
 - Sur zone imperméable : 2588.9µg/l.
 - Surf zone perméable : 749.16µg/l.
- Pour l'aminotriazole :
 - Sur zone imperméable : 1390.62µg/l.
 - Surf zone perméable : 474.78µg/l.
- Pour le flazasulfuron (des concentrations faibles) :
 - Sur zone imperméable : 26µg/l.
 - Surf zone perméable : 57µg/l.

On constate toujours une différence entre les deux zones. Au début de l'étude, les concentrations sur la zone imperméable sont plus élevées que sur la zone perméable puis au fur et à mesure, la tendance s'inverse.

La zone perméable transfère donc plus lentement les substances actives.

Une autre similitude avec l'étude précédente : l'importance des flux enregistrés.

- Pour le glyphosate :
 - Sur zone imperméable : 19.5%.
 - Sur zone perméable : 25.7%.
- Pour l'aminotriazole :
 - Sur zone imperméable : 28%.
 - Sur zone perméable : 27.2%.

Les concentrations et les flux obtenus cette année sont très élevés. En effet, les concentrations et les flux pour le glyphosate sont deux fois supérieurs par rapport à l'étude de 1999.

La principale différence entre les deux études est l'intervalle de temps entre l'application des produits et la première pluie tombée. En 2000, seuls sept jours séparaient les deux événements ce qui n'a pas permis aux substances actives de se dégrader. Les pertes de produits phytosanitaires vers les eaux sont donc plus importantes. De plus, contrairement à l'année précédente, 75% des flux sont obtenus dès cette première pluie.

Avant de réaliser une application de produits phytosanitaires dans le cadre d'un désherbage, il est très important de connaître les conditions météorologiques. Pour appliquer le désherbant, il est important de prendre en compte le risque de pluie car les surfaces urbaines sont pratiquement toutes des zones sensibles au ruissellement.

Sur ce site, on s'aperçoit que les deux zones (perméables et imperméables) se comportent de la même façon. La zone perméable réagit comme une zone imperméable c'est à dire que le ruissellement est très rapide et aussi important.

Ces deux zones ont donc un fort potentiel de transfert et contribuent de manière non négligeable à la pollution des eaux.

Par contre, l'utilisation de produits tels que le flazasulfuron semble une piste à approfondir car les concentrations obtenues sont beaucoup plus faibles. Des études de transfert plus approfondies sur cette molécule seront conduites en 2001 afin de connaître le comportement réel de celle-ci en milieu urbain.

ANNEXES

ANNEXE N°1 :
Caractéristiques écotoxicologiques
des trois molécules étudiées

Caractéristiques écotoxicologiques du glyphosate

Cette matière active est utilisée en milieu agricole et milieu non agricole.

1) Présentation

☞ Famille : Amino-phosphonates.

☞ Mode d'action : Herbicide non sélectif systémique.

Absorbé par les feuilles, il est véhiculé par la sève jusqu'à l'extrémité des racines et des rhizomes. Il agit par blocage de la biosynthèse de certains acides aminés.

Il est efficace sur pratiquement toutes les mauvaises herbes annuelles ou vivaces.

☞ Utilisation : Allées, parcs, jardins et trottoirs.

☞ Spécialités commerciales : Roundup Biovert DT – Kid Allées....

2) Toxicité

☞ DL 50 = 4 900 mg/kg.

☞ Classement toxicologique : exempté.

3) Comportement dans l'environnement

☞ Solubilité : 10 g/l.

☞ Dans le sol :

KOC = 1000 cm³/g

DT50 = 32 jours.

Dégradation : il est inactivé au contact du sol par une forte adsorption suivie d'une dégradation par les micro-organismes.

☞ Dans l'eau : temps de ½ vie >30 jours à 25°C et pH 5

Caractéristiques écotoxicologiques de l'aminotriazole

Cette matière active est utilisée en milieu agricole et milieu non agricole.

1) Présentation

☒ Famille : Triazoles.

☒ Mode d'action : Herbicide non sélectif systémique.

Absorbé par le feuillage.

Il agit en bloquant la levée de germination des plantes à germination superficielle.

Il est efficace sur beaucoup de dicotylédones et graminées annuelles.

☒ Utilisation : Allées, parcs, jardins et trottoirs et Désherbage total.

☒ Spécialités commerciales : toujours en association.

2) Toxicité

☒ DL 50 = 5 000 mg/kg.

☒ Classement toxicologique : Xn.

☒ Spécificité : Nocif

Possibilités d'effets irréversibles.

Risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par ingestion.

Toxique pour les organismes aquatiques.

Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

3) Comportement dans l'environnement

☒ Solubilité : 280 g/l.

☒ Dans le sol :

KOC = 91 cm³/g.

DT50 = 2 à 20 jours.

Dégradation : il est peu persistant dans le sol.

☒ Dans l'eau : temps de ½ vie >30 jours à 25°C et pH 4 à 9

Caractéristiques écotoxicologiques du flazasulfuron

Cette matière active est utilisée en milieu agricole et milieu non agricole.

1) Présentation

☒ Famille : Sulfonylurées.

☒ Mode d'action : Herbicide non sélectif systémique.

Il pénètre par voies foliaire et racinaire. Il agit sur les méristèmes des adventices en inhibant l'ALS (Acétolactate synthase).

Il est efficace sur dicotylédones annuelle et bisannuelles et graminées annuelles..

☒ Utilisation : Allées, parcs, jardins et trottoirs et désherbage total des voies ferrées.

☒ Spécialités commerciales : Alkido - Epsilon.

2) Toxicité

☒ DL 50 = 5 000 mg/kg.

☒ Classement toxicologique : N.

☒ Spécificité :

Aqua.

Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

Toxique pour les organismes aquatiques.

3) Comportement dans l'environnement

☒ Solubilité : 27 mg/l (à 25°C et pH 5) et 2,1 g/l (à 25°C et pH 7).

☒ Dans le sol :

KOC = 30 à 100 cm³/g.

DT50 = 2 à 18 jours.

Dégradation : biodégradabilité facile.

☒ Dans l'eau : Temps ½ vie = 0.48 jours à 25 °C et pH 4.

Temps ½ vie = 11.3 jours à 25 °C et pH 7.