



# Contribution à la recherche sur le glyphosate dans les eaux de ruissellement de Haute-Normandie en fonction du mode de gestion de l'interculture

observations et mesures initiales sur le bassin versant de Bourville (11 km<sup>2</sup>),

enquête sur les pratiques agricoles des campagnes 2003-04 et 2004-05 sur le bassin versant de Bourville,

mesures sur placettes expérimentales sous pluie artificielle en février 2005.

Jean-Baptiste RICHET  
Jean-François OUVRY

26 décembre 2005





## TABLE DES MATIÈRES

<b>I. INTRODUCTION</b> .....	<b>3</b>
<b>II. OBSERVATIONS ET MESURES INITIALES SUR LE BASSIN VERSANT DE BOURVILLE</b> .....	<b>5</b>
<b>A. Le site de Bourville</b> .....	<b>6</b>
<b>B. Les ruissellements des hivers 2003-2004 et 2004-2005</b> .....	<b>6</b>
<b>C. Les teneurs en glyphosate de ces ruissellements</b> .....	<b>7</b>
<b>III. LES PRATIQUES : ENQUÊTE SUR LE BASSIN VERSANT DE BOURVILLE</b> .....	<b>9</b>
<b>A. Rendu cartographique</b> .....	<b>9</b>
<b>B. Analyse des questionnaires des agriculteurs</b> .....	<b>12</b>
1. Analyse qualitative .....	12
2. Analyse quantitative pour l'hiver 2003-2004 .....	15
3. Analyse quantitative pour l'hiver 2004-2005 .....	17
<b>C. Analyse des usages non agricoles du glyphosate</b> .....	<b>20</b>
1. Analyse des questionnaires envoyés aux mairies .....	20
2. Le cas des voiries départementales.....	20
<b>D. Conclusion de cette enquête</b> .....	<b>20</b>
<b>IV. LES MESURES SUR PLACETTE EXPÉRIMENTALE SOUS PLUIE ARTIFICIELLE</b> .....	<b>22</b>
<b>A. Matériel et méthode</b> .....	<b>22</b>
1. Modalités comparées et protocole expérimental .....	22
2. État lors de la simulation .....	23
<b>B. Résultats</b> .....	<b>25</b>
<b>C. Analyse et commentaires</b> .....	<b>28</b>
1. Protocole expérimental .....	28
2. Qualité des enregistrements.....	29
3. La modalité « chaume ».....	29
4. La modalité « moutarde sur déchaumage » .....	29
5. Mesures qualitatives .....	30
<b>D. Conclusion de cette expérimentation</b> .....	<b>32</b>
<b>V. SYNTHÈSE ET CONCLUSION GÉNÉRALE</b> .....	<b>35</b>
<b>A. Synthèse des investigations réalisées</b> .....	<b>35</b>
<b>B. Recommandations sur la conduite des intercultures</b> .....	<b>36</b>
<b>C. Perspectives</b> .....	<b>36</b>



# Contribution à la recherche sur le glyphosate dans les eaux de ruissellement de Haute-Normandie en fonction du mode de gestion de l'interculture

## I. Introduction

En Haute-Normandie, la DIREN a détecté du glyphosate dans certains cours d'eau durant l'hiver 2003/2004. Cette molécule a également été détectée dans des ruissellements intermittents à l'exutoire de petits bassins versants agricoles suivis par l'AREAS. Les valeurs extrêmes étaient de 3,3 µg/l dans la Scie en novembre 2003 et 6,7 µg/l en ruissellement intermittent à l'aval du bassin versant de Bourville (1100 ha) en février 2004. Le glyphosate et son métabolite arrivent dans les quatre premières substances actives les plus souvent retrouvées dans les eaux superficielles de Haute-Normandie en 2003 avec l'atrazine et le lindane. C'est un herbicide de grande consommation et son utilisation n'est pas seulement limitée aux zones agricoles. Son utilisation agricole est principalement développée sur la période d'interculture.

Par ailleurs, sur la Seine-Maritime, dans le cadre de la lutte contre l'érosion des sols et la pollution azotée, les opérations de couverture des sols en hiver se sont largement développées depuis la mise en place de *Fertil et Caux* en 1993. Aujourd'hui plus de 80 % du territoire bénéficie d'opérations de remboursement des semences et 19000 ha ont été couverts en 2003 grâce aux opérations locales et aux CTE. Au total, 23 % des sols nus en hiver ont été couverts sur l'ensemble du département, soit environ 25 % de la surface potentiellement couvrable, si on exclut les parcelles libérées trop tardivement pour implanter un couvert. Trente à 70 % de ces couverts sont détruits chimiquement et principalement au glyphosate.

**Quelle est l'influence du mode de gestion de l'interculture sur la présence du glyphosate dans les eaux superficielles ? Les parcelles en interculture et notamment les parcelles en cultures intermédiaires y contribuent-elles, et dans quelles proportions ?**

La Chambre d'agriculture de Seine-Maritime et l'AREAS ont travaillé ensemble pour apporter les premières réponses à ces questions. Ce document présente la contribution de l'AREAS dans cette étude, composée de trois volets d'investigation. Outre l'apport de notre simulateur de pluie dans l'acquisition de références à la parcelle, notre travail s'est focalisé sur le cas précis du bassin versant de Bourville, suivi depuis plus de dix ans en collaboration avec l'INRA. Nous présenterons ici :

1. le suivi quantitatif et qualitatif des eaux de ruissellement du bassin versant de Bourville,
2. l'identification des principaux modes de gestion de l'interculture et l'utilisation du glyphosate qui en résulte, via une enquête sur le bassin versant de Bourville,
3. le suivi des transferts de glyphosate à l'échelle de la parcelle agricole grâce à des dispositifs de mesure au champ en conditions de pluie contrôlées (en collaboration avec la Chambre d'agriculture de Seine-Maritime),



## II. Observations et mesures initiales sur le bassin versant de Bourville

Une série de dosages, effectués tant sur des eaux de rivière que sur des eaux de ruissellement, a montré la présence de glyphosate, notamment au cours de l'hiver. Mais le travail de l'AREAS s'est concentré sur le site de Bourville, dont le bassin versant est bien connu car suivi depuis de nombreuses années.

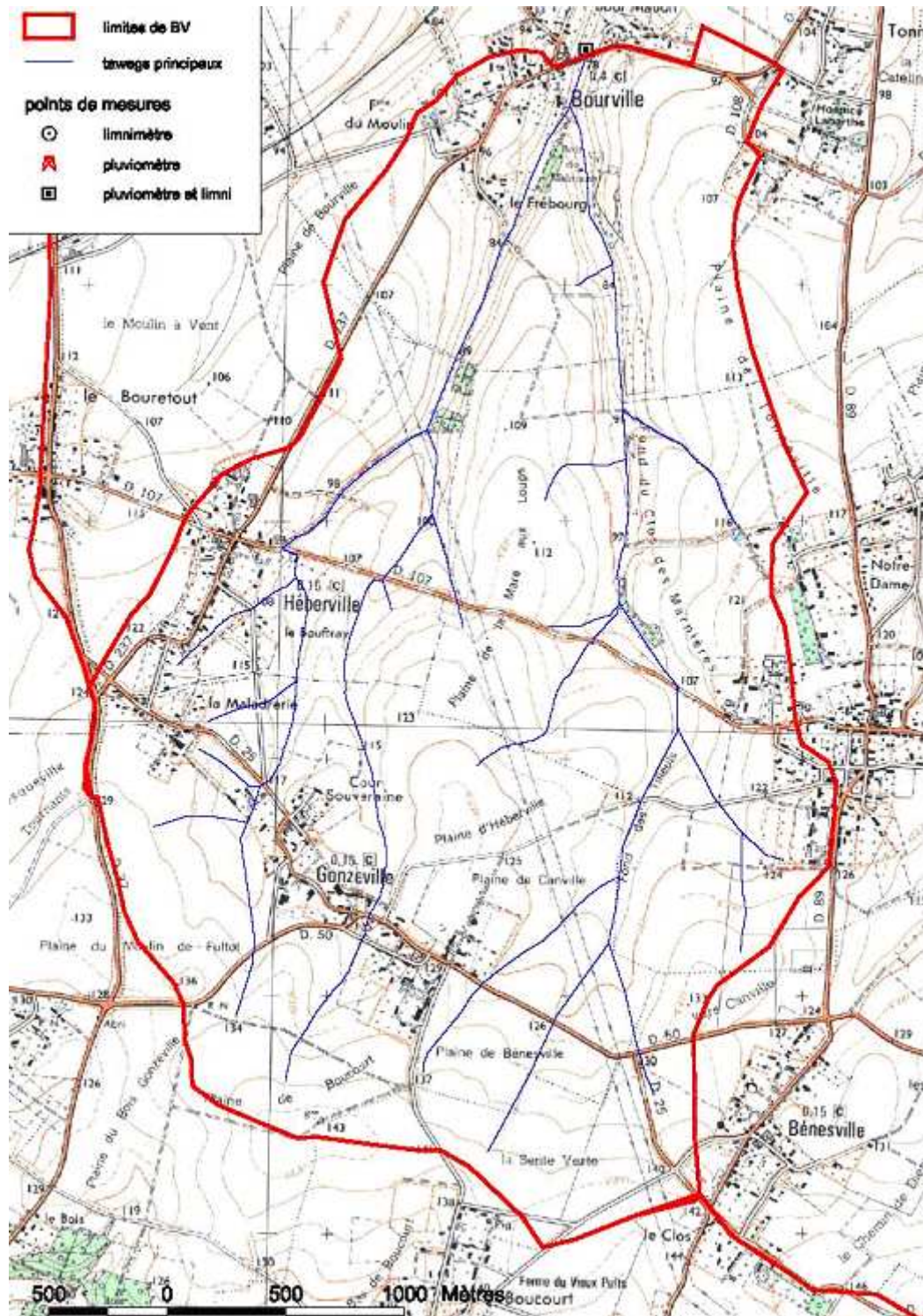


Figure 1 : bassin versant de Bourville et principaux talwegs

### **A. Le site de Bourville**

Le point de mesure du ruissellement est installé sous le tunnel traversant le remblai de la RD 237 à l'est de la mairie de Bourville. Cet exutoire définit un bassin versant de 1078 ha. On peut en voir les limites et les principaux talwegs sur la Figure 1. Il est intéressant par plusieurs aspects :

- son occupation du sol est proche de celle des grands bassins versants du département, que ce soit par la proportion des zones urbanisées ou par la proportion des différentes cultures ;
- il est situé sur le plateau, à l'amont du bassin versant du Dun, et les terres labourées sont toutes implantées sur des limons battants (lœss décarbonaté) ;
- avec plus de 120 parcelles, la part de chaque culture au sein du bassin versant varie peu d'une année à l'autre ;
- le karst y est peu présent.

Le talweg principal est long de 4,7 km avec une pente moyenne de 1,5 %. En 1998, l'occupation du sol du bassin versant était celle donnée par le Tableau 1.

La pluie et les débits sont enregistrés en continu sur ce point depuis 1995. Un préleveur automatique y est installé depuis le 31 décembre 2003.

**Tableau 1 : occupation du sol sur le bassin versant de Bourville en 1998, d'après LECOMTE V., 1999**

terres labourées	77 %
prairies	20 %
zones urbanisées	1 %
bois, friches	1 %

### **B. Les ruissellements des hivers 2003-2004 et 2004-2005**

Les hivers 2003-04 et 2004-05 ont été des hivers relativement secs, comme le montre le tableau suivant.

**Tableau 2 : ruissellements cumulés pendant les intercultures enregistrés à Bourville de 1995 à 2005**

hiver (entre le 1er septembre et le 30 avril)	lame ruisselée (mm)	nombre de ruissellements de lame ruisselée > 0,3 mm
1995-96	0,02	0
1996-97	0,64	0
1997-98	3,7	3
1998-99	22	11
1999-2000	24	8
2000-01 <sup>1</sup>	40	22
2001-02	3,5	3
2002-03	15	5
2003-04	1,9	3
2004-05	0,96	1

Au cours de ces deux hivers, l'essentiel de la lame ruisselée s'écoule sur quelques événements, détaillés dans le Tableau 3.

<sup>1</sup> sur la période, deux mois de données sont manquants

**Tableau 3 : événements ruisselants des hivers 2003-04 et 2004-05**

date	durée	débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	lame ruisselée (mm)	pluie génératrice (mm)	pluie cumulée sur 10 jours (mm)
13/01/2004	16h25	0,58	0,63	15,4	61,0
01/02/2004	11h35	0,56	0,39	16,6	44,0
29/04/2004	9h40	0,48	0,40	23,2	32,6
19/12/2004	18h	0,06	0,17	26,0	41,4
25/12/2004	26h	0,05	0,21	14,2	78,2
28/01/2005	41h	0,09	0,34	14,4 <sup>2</sup>	45,0

### **C. Les teneurs en glyphosate de ces ruissellements**

Depuis le 31/12/2004, le préleveur a permis d'échantillonner trois événements ruisselants, dont les résultats sont au Tableau 4.

**Tableau 4 : résultats des ruissellements de Bourville analysés depuis décembre 2004**

date	lame ruisselée	débit de pointe	type de prélèvement	[glyphosate]	[AMPA]
01/02/2004	0,39 mm	0,56 m <sup>3</sup> /s	flacon unique, prélèvements non proportionnels au débit	6,7 µg/l	2,3 µg/l
29/04/2004	0,40 mm	0,48 m <sup>3</sup> /s	flacon unique, prélèvements non proportionnels au débit	0,30 µg/l	0,48 µg/l
28/01/2005	0,34 mm	0,09 m <sup>3</sup> /s	flacon 1, de 1h58 à 2h13, Q = 0,09 m <sup>3</sup> /s	0,32 µg/l	0,40 µg/l
			flacon 2, de 2h18 à 2h33, Q = 0,09 m <sup>3</sup> /s	0,14 µg/l	0,16 µg/l
			flacon 3, de 2h38 à 2h53, Q = 0,09 m <sup>3</sup> /s	0,29 µg/l	0,97 µg/l
			prélèvement manuel, 10h20, Q = 0,02 m <sup>3</sup> /s	0,12 µg/l	0,19 µg/l

Avec les deux premiers dosages, on peut faire une première estimation du flux de glyphosate au cours de l'hiver 2003/2004. Étant donné le type de prélèvement, pour connaître le flux d'herbicide au cours d'un événement ruisselant, nous ne pouvons que faire l'hypothèse d'une concentration constante au cours de l'événement. Avec l'hypothèse supplémentaire que les événements de janvier et février avaient la même concentration, on arrive à une quantité de glyphosate exportée au cours de la saison de l'ordre de 77 g, soit 70 mg/ha.

<sup>2</sup> les premières pluies font fondre la neige accumulée depuis quelques jours en plaine. La pluie génératrice est donc difficile à connaître.



### III. Les pratiques : enquête sur le bassin versant de Bourville

Pour comprendre l'origine des traces de glyphosate dans les eaux de surface du bassin versant de Bourville en hiver, les pratiques culturales qui utilisent cette molécule ont été identifiées, ainsi que les surfaces qu'elles représentent. Au cours de l'automne 2004, une enquête sur les pratiques des intercultures sur le bassin versant de Bourville a été menée, renseignant toutes les utilisations de glyphosate, parcelle par parcelle. Cette enquête a permis de :

- cartographier l'occupation du sol et l'utilisation agricole du glyphosate sur le bassin versant lors des hivers 2003/2004 et 2004/2005<sup>3</sup>, et
- recenser les différentes techniques de gestion des intercultures (semis de couverts végétaux, mode de destruction, techniques culturales pendant l'hiver, etc.).

Les parcelles enquêtées couvrent un total de 1129 ha, en partie à l'extérieur du bassin versant hydrographique : les parcelles ont rarement des limites communes avec la ligne de crête et peuvent donc s'étendre de l'autre côté de cette crête. Cet ensemble représente donc une SAU légèrement supérieure à celle du bassin versant, qui a une surface totale de 1078 ha. Pour l'analyse des résultats, il y a donc deux références possibles :

- soit la SAU enquêtée (1129 ha au total), faite de parcelles entières, et qui possède donc une cohérence agronomique,
- soit la surface du bassin versant (1078 ha, incluant les surfaces non agricoles, et tronquant les parcelles aux limites du bassin versant), qui a une cohérence hydrographique.

Nous nous sommes efforcés de bien préciser la base de référence de chaque nombre donné dans ce rapport.

#### **A. Rendu cartographique**

Les informations reportées sur ces cartes pour chaque parcelle sont :

- l'occupation du sol,
- la dose de glyphosate.

Pour la lecture de la carte et son analyse, les informations de limites de bassin versant et d'axes de talwegs sont aussi reportées. Rappelons que les données de l'hiver 2004/2005 sont basées sur les prévisions de traitement des agriculteurs à la date de l'enquête, soit courant octobre 2004.

---

<sup>3</sup> traitements effectivement réalisés pour l'hiver 2003/2004, traitements réalisés à la date de l'enquête (fin octobre 2004) et intentions pour la suite de l'hiver 2004/2005.

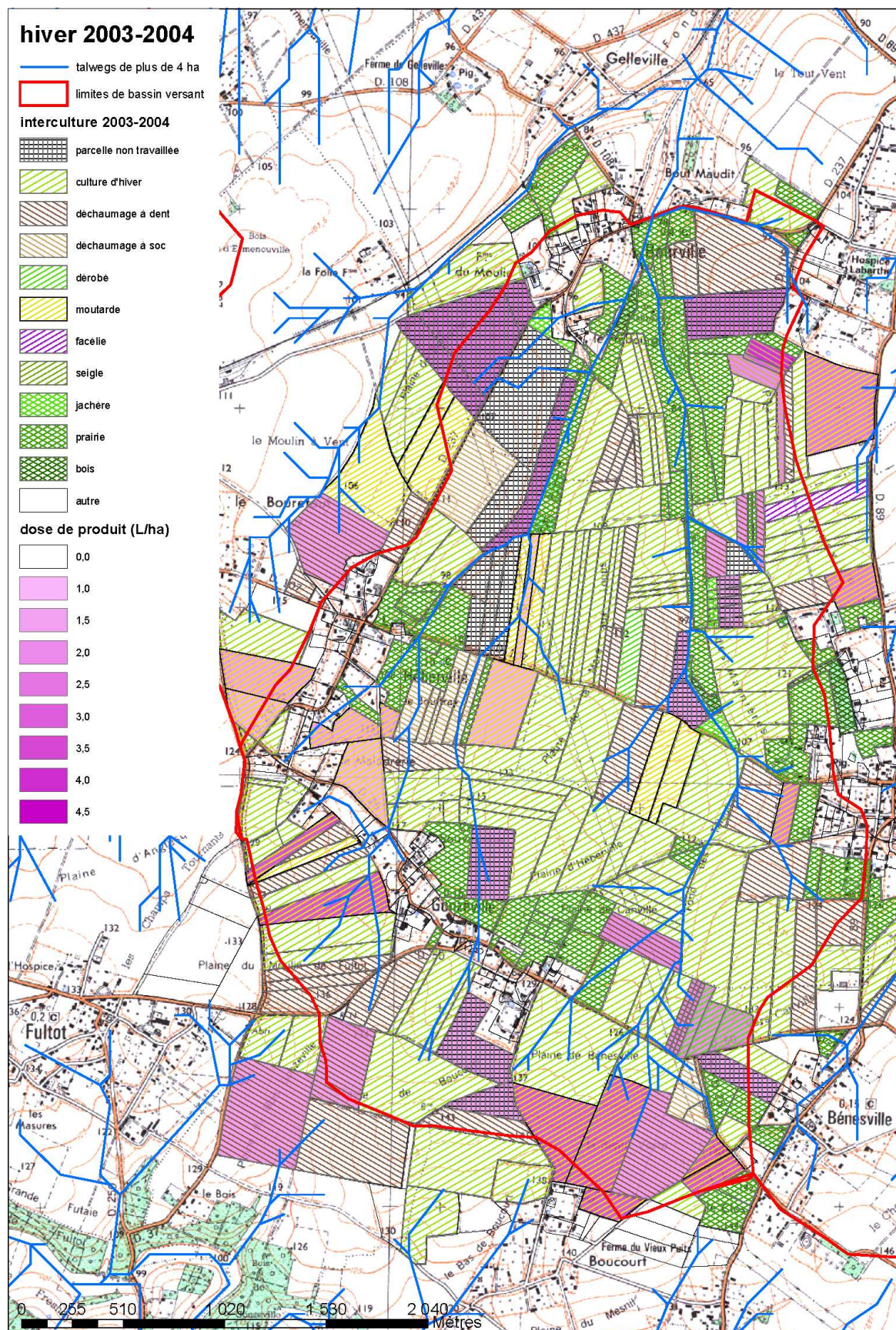
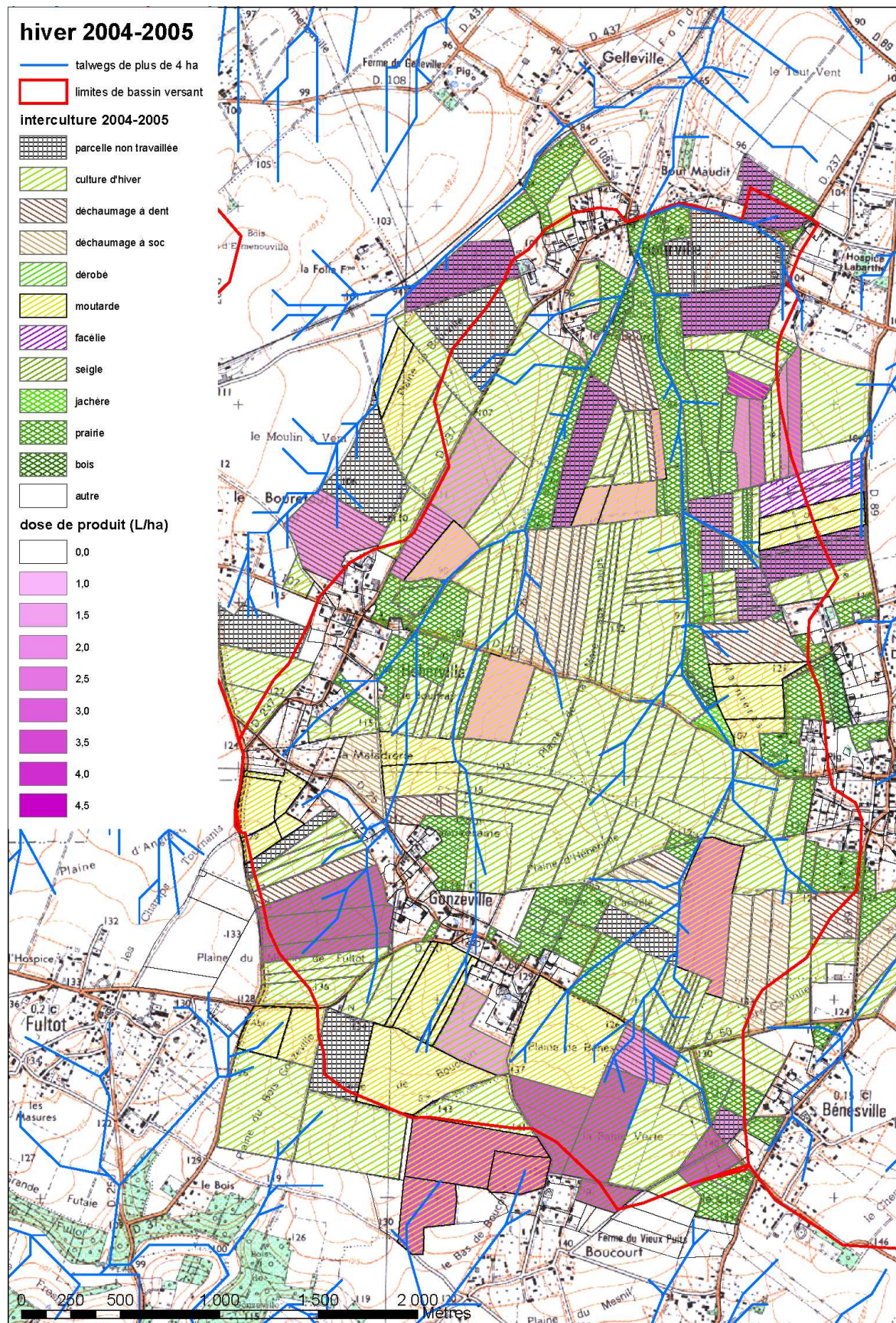


Figure 2 : occupation du sol et traitements au glyphosate réalisés au cours de l'automne-hiver 2003/2004



**Figure 3 : occupation du sol et traitements au glyphosate réalisés au cours de l'automne-hiver 2004/2005 (effectivement réalisés avant fin octobre, ou prévus pour la suite de la période)**

## **B. Analyse des questionnaires des agriculteurs**

L'enquête a porté sur plus de 95 % de la SAU du bassin versant, grâce à la participation de 26 agriculteurs.

### **1. Analyse qualitative**

Dans cette partie, les chiffres de surface sont ceux de l'interculture 2003-2004.

#### **a) Exploitants cultivant des intercultures**

Seize agriculteurs sur les 26 enquêtés sèment des cultures intermédiaires sur une partie de leurs surfaces en interculture (moutarde en majorité mais aussi seigle, radis...). Ils sèment un total de 138 ha de culture intermédiaire (125 ha de moutarde et 13 ha de culture dérobée), soit 12 % de la SAU enquêtée. Pour le bassin versant, cela représente 109,8 ha, soit 10,2 % du bassin versant, répartis en 97,4 ha de moutarde, et 12,4 ha de culture dérobée. En moyenne, cela fait 4 ans que les agriculteurs implantent des intercultures, avec des écarts de  $\pm 2$  ans. Cette pratique est donc récente.

#### **(1) Évolution de ces couverts végétaux**

Pour 9 des agriculteurs qui en implantent (soit 56 % des exploitants interrogés), la surface semée est stable depuis 3 ans. Nous notons que 6 exploitants sur 16 (soit 38 %) ont augmenté leur surface de culture intermédiaire durant cette période. Cela peut principalement être la conséquence des volontés politiques des bassins versants et de la Chambre d'agriculture de ces dernières années : information, conseils, et aides financières (financement de la semence par le bassin versant, par un CTE ou encore par un CAD) qui ont incité les agriculteurs à les intégrer dans leurs pratiques. Un seul exploitant a vu baisser sa surface semée au sein de ses intercultures. Cependant, cette réduction est liée à un problème de disponibilité de terre, sa surface en culture d'hiver ayant augmenté.

Nous notons donc une tendance à l'augmentation de la couverture du sol en hiver. Les agriculteurs qui essayent ce type de culture renouvellent l'implantation les années suivantes

- soit parce que l'implantation de cultures intermédiaires entre dans le cadre des CTE ou CAD signés pour 5 ans ;
- soit parce qu'ils constatent par eux-mêmes les avantages de cette pratique.

À titre d'exemple, un exploitant ne trouvant plus de terre sur la route en aval de sa parcelle depuis qu'il plante de la moutarde a été définitivement convaincu des effets anti-érosifs de cette pratique. Une démonstration de ce type est souvent plus convaincante qu'un discours émanant d'un organisme professionnel agricole.

Mais l'extension de ces cultures reste limitée car leur implantation dépend de l'assolement et de la rotation des cultures.

#### **(2) Quels intérêts à planter une culture intermédiaire ?**

Tous les agriculteurs qui implantent ces cultures ont déclaré le faire dans le but de limiter l'érosion, mais ce n'est pas toujours la première raison évoquée. Outre l'érosion, les agriculteurs (18 % d'entre eux) évoquent en premier lieu le rôle de piège à nitrate des cultures intermédiaires, qui sont également appelées CIPAN (culture intermédiaire piège à nitrate). Les deux raisons qui ressortent ensuite sont d'une part la limitation du lessivage et d'autre part l'utilité cynégétique. Ces deux raisons sont évoquées chacune dans 12 % des cas.

D'une manière plus ponctuelle, d'autres intérêts sont évoqués :

- pour les éleveurs, la couverture du sol après un épandage du fumier ;
- pour les cultivateurs, la destruction des cultures représente un apport de matière organique qui permet de maintenir le niveau de carbone organique dans le sol en dehors des apports de fumier ;
- certains parlent également de l'effet bénéfique sur la structure du sol.

Pour les agriculteurs du bassin versant, les cultures intermédiaires ont donc un intérêt agronomique et un intérêt environnemental.

### **(3) Comment choisissent-ils les parcelles d'implantation de la culture intermédiaire ?**

75 % des agriculteurs tiennent d'abord compte de l'assolement et de la rotation culturale pour insérer leurs cultures intermédiaires. Le Tableau 5 synthétise ces successions. La pente de la parcelle est un élément important dans le choix du lieu d'implantation mais il n'intervient qu'en second lieu.

**Tableau 5 : pratique de la culture intermédiaire (CI) selon la culture suivante pour la récolte 2004 au sein du bassin versant (Source : traitements des enquêtes)**

culture	surface cultivée (ha)	surface précédée d'une CI (ha)	% de CI précédant la culture
betterave	50,9	21,2	41,7 %
lin	175,1	56,5	32,3 %
maïs	48,9	22,6	46,2 %
pomme de terre	60,0	0,0	0,0 %
pois	63,2	7,4	11,7 %

À ce jour, la mise en place d'une culture intermédiaire avant la culture de la betterave est réalisée quasi-systématiquement par ces agriculteurs. Avant la culture du lin, l'opinion est mitigée : les agriculteurs sont d'accord sur le fait qu'une interculture de type moutarde prépare le sol de manière optimale à la culture du lin, mais certains d'entre eux estiment cette pratique trop dangereuse car le lin est très sensible aux excès d'azote. Ils craignent que le relargage de l'azote piégé dans la matière organique de la culture intermédiaire fasse verser le lin. Certains exploitants pratiquent tout de même la culture de la moutarde avant le lin, et estiment que celle-ci améliore nettement la qualité de la production.

### **(4) La destruction des cultures intermédiaires**

#### **(a) Destruction mécanique**

La destruction mécanique est réalisée sur 33,3 ha du bassin versant, cela représente 30 % des cultures intermédiaires du bassin versant et 8,3 % des intercultures de cet ensemble hydrographique.

Onze agriculteurs sur 16 détruisent les cultures intermédiaires mécaniquement. L'outil employé est généralement un broyeur, mais dans certains cas il peut s'agir d'un déchaumeur, notamment après le gel de la culture intermédiaire, ou si l'appareil végétatif de celle-ci est peu développé. L'avantage du déchaumeur est un gain de temps (et de carburant), car sa largeur de travail est plus importante que celle du broyeur. Le tassement du sol est diminué par le nombre de passages moins important.

Selon ces exploitants, les deux avantages qui ressortent sont d'une part que « le broyage diminue le temps d'attente avant de pouvoir labourer », et d'autre part que « cette technique est plus adaptée pour la préservation de la faune sauvage ».

Cette méthode de destruction est surtout utilisée par les agriculteurs ayant de petites surfaces à détruire.

Il faut signaler que les agriculteurs du bassin versant sont très sensibles à certains aspects de l'environnement et connaissent parfaitement les problèmes d'érosion et de ruissellement. Ils préfèrent donc limiter le recours aux produits chimiques : ils estiment être obligés d'effectuer de nombreux traitements et ne souhaitent donc pas faire de la destruction des cultures intermédiaires une source supplémentaire d'utilisation de produits chimiques.

### **(b) Destruction chimique**

La destruction chimique des cultures intermédiaires est effectuée sur 76,6 ha du bassin versant, cela représente 70 % des cultures intermédiaires.

Cinq des 16 agriculteurs qui implantent des cultures intermédiaires utilisent une destruction chimique. Ce sont des exploitants ayant de grandes surfaces à détruire, peu de main d'œuvre disponible et un planning très chargé. À surface égale, le temps de travail pour une destruction chimique est largement inférieur à celui nécessaire à la destruction mécanique (au moins 6 fois plus rapide en fonction de l'équipement du pulvérisateur, notamment de la largeur de rampe).

Pour ces exploitants « cette méthode est plus rapide mais aussi moins coûteuse », bien que certains trouvent que la matière active est chère. Selon eux, « cette pratique est plus rentable quand on prend en compte les frais réels de temps de travail et de mécanisation, et avec l'augmentation du prix du fioul, ce calcul se vérifie de plus en plus. »

Un autre avantage évoqué concerne la structure du sol : elle serait nettement moins dégradée (moins de tassement) et garderait mieux les structures racinaires mises en place.

La destruction est réalisée au glyphosate à partir de début novembre jusqu'au 15 décembre. Le dosage est choisi selon la propreté du champ. Si la culture est propre, la dose épandue varie entre 2 et 3 litres par hectare. Si de nombreux adventices sont présents, les doses peuvent augmenter jusqu'à 4 l/ha pour bénéficier du caractère systémique du produit.

Si la destruction chimique était interdite dans le bassin versant, un des agriculteurs effectuant ce type de destruction nous a déclaré qu'il arrêterait totalement le semis de culture intermédiaire, et un autre qu'il diminuerait de moitié ses surfaces. Cette mesure modifierait la pratique de seulement deux exploitants mais entraînerait tout de même une perte d'environ 60 ha de culture intermédiaire, ce qui représente plus de deux cinquièmes des intercultures semées du bassin versant. Les conséquences seraient donc une élévation du risque de ruissellement et d'érosion, liée à l'augmentation de la surface de sol nu en hiver.

### ***b) Agriculteurs n'utilisant pas de culture intermédiaire***

Dix des agriculteurs enquêtés ne sèment pas de culture intermédiaire, mais 7 d'entre eux utilisent la méthode du faux-semis afin de conserver un sol couvert pendant l'hiver : repousses d'orge, de blé, de lin. La moitié de ce groupe opte pour une destruction mécanique de ces repousses alors que l'autre moitié les détruit chimiquement.

Les traitements chimiques sont effectués de début septembre (après un blé) à mi-janvier (avant l'implantation d'une betterave ou d'un lin) avec du glyphosate. Les doses appliquées se font également en fonction de la propreté de la parcelle, et la quantité épandue va de 2 à 4 litres par hectare.

Trois de ces agriculteurs envisagent d'implanter des cultures intermédiaires, selon le temps dont ils disposeront à cette période. Six d'entre eux évoquent un problème de temps et de main d'œuvre (notamment les éleveurs) pour expliquer leurs pratiques. Un agriculteur évoque également un problème de vers et de limaces dans le maïs lorsqu'une culture intermédiaire est implantée. Un autre ne souhaite pas en implanter car il a mis en place des dispositifs enherbés à des emplacements stratégiques dans le bassin versant et souhaiterait que ces pratiques environnementales soient mieux valorisées.

## 2. Analyse quantitative pour l'hiver 2003-2004

Sur l'ensemble du bassin versant, ce sont 488 L de produit qui ont été épandus, soit 176 kg de substance active. Cette analyse a donné lieu à un rendu cartographique (Figure 2 page 10).

### a) Occupation du sol

On considère que les surfaces nues sont des sols n'ayant pas reçu des semis de couvert végétal, c'est à dire non travaillés, ou pouvant subir un passage d'un outil à dents ou à socs. Ces surfaces ont donc un plus grand risque de ruissellement que les autres. Comme le montre la Figure 4, au sein du bassin versant, 290,6 ha sont des surfaces nues, soit 27,0 % de la surface. Ces parcelles à risque représentent donc un peu plus d'un quart de la surface du bassin versant.

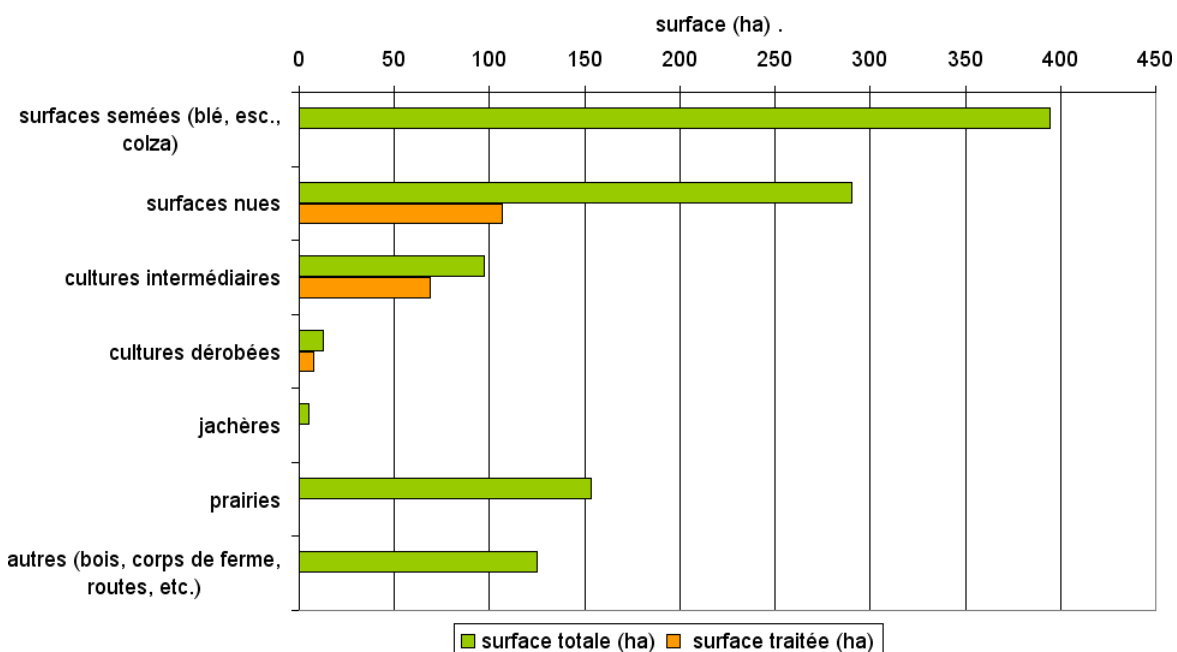


Figure 4 : Occupation du bassin versant pendant l'hiver 2003/2004

Les surfaces semées en culture intermédiaire représentent 10,2 % du bassin versant (CIPAN pour 97,5 ha et culture dérobée type ray-grass pour 12,4 ha). Les prairies et les jachères occupent 14,7 % de cette surface, soit 158,4 ha. Elles représentent 25 %, soit un quart du bassin versant. On considère que l'ensemble de ces surfaces présente une couverture végétale ayant un effet positif contre l'érosion.

Enfin, un peu plus du tiers de la zone (36,6 %, soit 469,6 ha) est couvert par des cultures hivernales semées en automne (blé, colza, orge, avoine). Au mois de février, le taux de couvert végétal est inférieur à 30 %. Par conséquent, les risques de ruissellement existent, bien qu'ils soient inférieurs à ceux présents sur sol nu.

Les cultures intermédiaires couvrent 27 % de la surface en interculture durant l'hiver 2003-2004, soit 110 ha sur 400 ha.

### *b) Les surfaces recevant du glyphosate*

Comme le montre le Tableau 6 (qui précise la Figure 4), 16 % de la surface du bassin versant reçoit du glyphosate, soit 176 ha. Au sein de ces parcelles traitées, 53 % (106,9 ha) d'entre elles sont des surfaces nues ou avec des repousses. Le reste des surfaces recevant du glyphosate (47 %, soit 76,6 ha) est occupé par de la moutarde. On note aussi que les doses utilisées sont généralement supérieures sur CIPAN que sur les autres surfaces : 3 l/ha sur ces cultures intermédiaires, contre 2,4 à 2,5 l/ha sur les autres surfaces.

**Tableau 6 : surfaces du bassin versant de Bourville traitées au glyphosate au cours de l'hiver 2003-2004**

	intercultures semées			intercultures plus ou moins nues			total
	culture dérobée	culture inter-médiaire	total IC semées	interculture sans travail du sol	interculture avec travail du sol	total IC ± nus	
surface traitée (S, en ha)	7,70	68,89	<b>76,59</b>	63,28	43,64	<b>106,92</b>	183,51
S / surfaces traitées	4,20%	37,54%	<b>41,74%</b>	34,48%	23,78%	<b>58,26%</b>	100,00%
S / surface du BV	0,71%	6,39%	<b>7,10%</b>	5,87%	4,05%	<b>9,92%</b>	17,02%
masse de glyphosate pur (kg)	6,93	74,97	<b>81,90</b>	57,15	35,45	<b>92,60</b>	174,50
proportion massique	3,97%	42,96%	<b>46,93%</b>	32,75%	20,32%	<b>53,07%</b>	100,00%
dose moyenne (l/ha)	2,50	3,02	<b>2,97</b>	2,51	2,26	<b>2,41</b>	2,64

Comme le montre la Figure 5, 34,7 % des surfaces traitées au glyphosate l'ont été au cours du mois de septembre, ce qui est tôt mais les récoltes ont été faites plus tôt cet été-là. La plupart des traitements a eu lieu aux mois d'octobre et de novembre : ils concernent 54,2 % des surfaces traitées, représentant 65,6 % de la quantité totale de produit épandu. C'est le cœur de la période recommandée pour la destruction des cultures intermédiaires, qui s'étend jusqu'à la mi-décembre. La Figure 6 illustre les différences de dose moyenne par type de surface : bien que le plus grand pic de surface traitée soit mi-octobre, la plus grande quantité de glyphosate est appliquée au cours de la dernière décade de novembre, période de traitement majoritaire des cultures intermédiaires.

Les traitements intervenant à partir du mois de décembre ne concernent que 11,1 % des surfaces traitées. Ils ont lieu dans des conditions climatiques froides, peu propices à la dégradation des molécules, et ne sont donc pas à négliger. Pour les autres traitements, entre octobre et décembre, il est plus difficile d'évaluer leur influence. En effet, elle dépend d'autres paramètres (la couverture végétale, l'état du sol, la cinétique de dégradation du glyphosate). Nous ne pouvons donc pas évaluer cette influence.

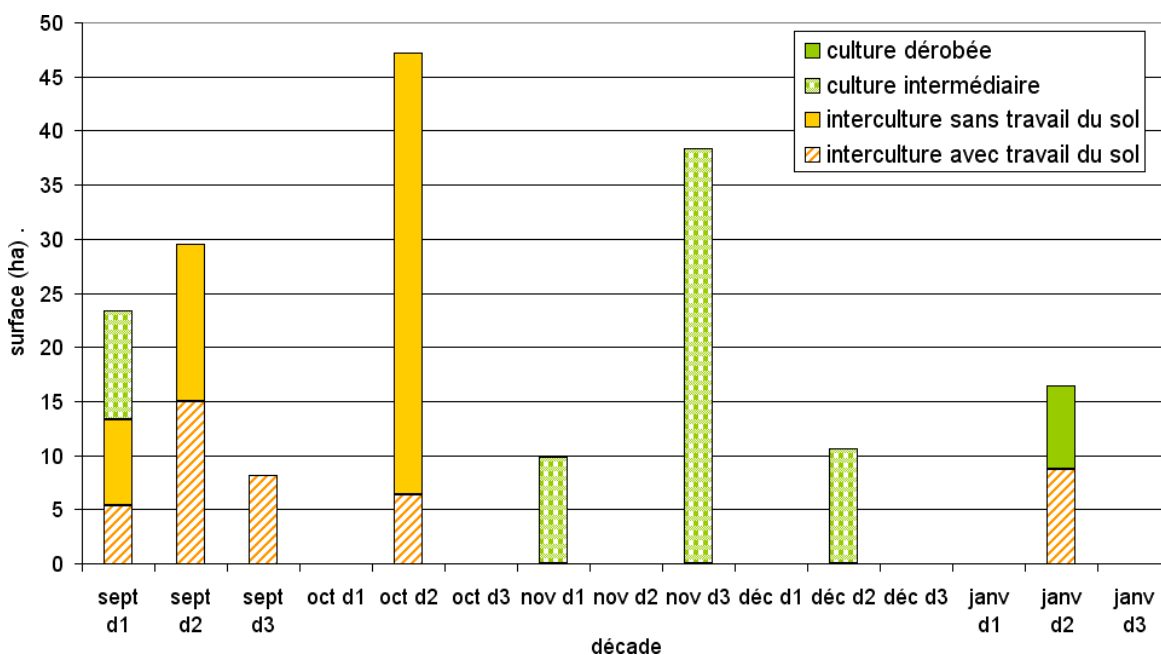


Figure 5 : surfaces du bassin versant traitées au glyphosate par type de surface et par décade au cours de l'hiver 2003-2004

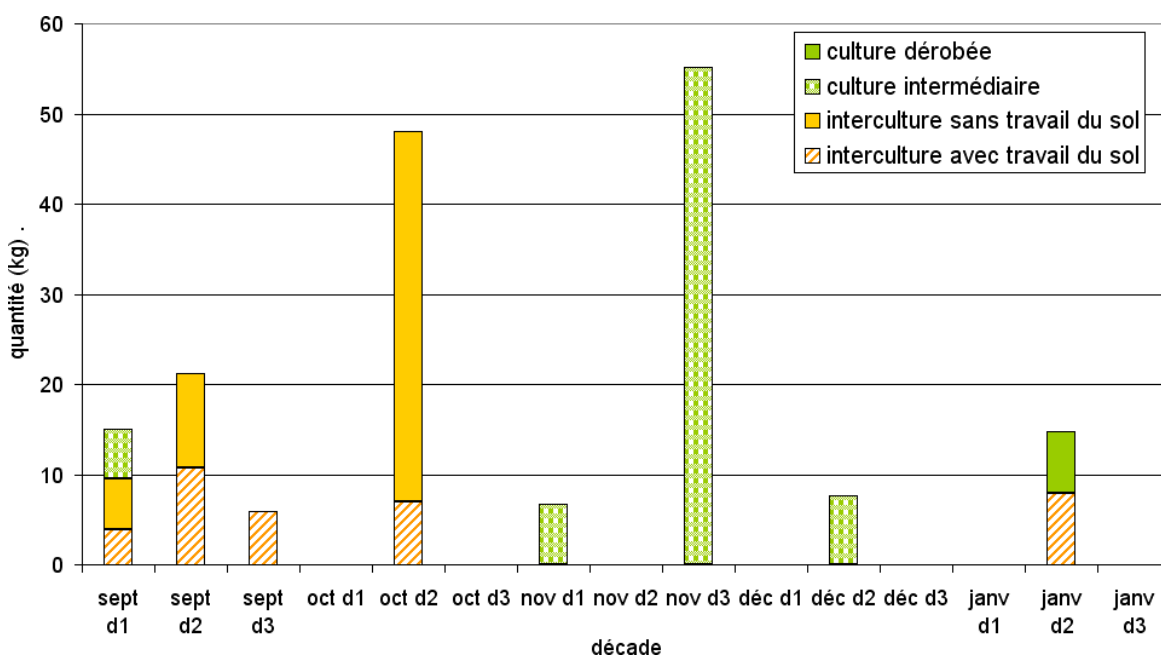


Figure 6 : quantité de glyphosate épanchée sur le bassin versant de Bourville par type de surface et par décade au cours de l'hiver 2003-2004

### 3. Analyse quantitative pour l'hiver 2004-2005

L'ensemble des résultats évoqués pour cet hiver repose bien sûr sur les prévisions des agriculteurs. Les enquêtes ont, en effet, été réalisées en octobre alors que certains traitements n'avaient pas encore été effectués. Le rendu cartographique est à la page 11.

#### a) Occupation du sol

Comme le montre la Figure 7, la surface en culture d'hiver ne varie pas. En revanche, le changement le plus marquant est une progression des surfaces couvertes par des cultures intermédiaires, au détriment des surfaces nues. Elles ont couvert en 2004-

2005 49 % des intercultures contre 27 % l'hiver précédent, soit une progression de 91,8 ha. Les surfaces nues régressent d'autant.

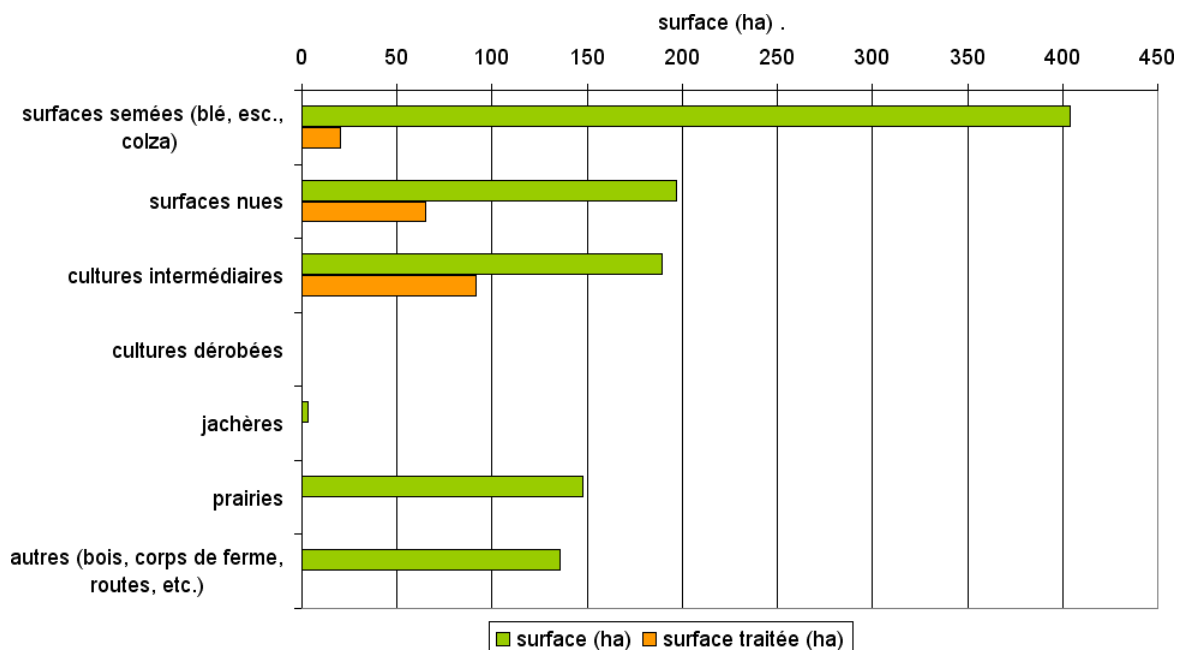


Figure 7 : occupation du sol de bassin versant pendant l'hiver 2004/2005

### b) Les surfaces recevant du glyphosate

Une proportion identique du territoire du bassin versant devait être traitée au cours de l'hiver 2004-2005, comme le montre le Tableau 7 : 16,4 % contre 17,0 % l'hiver précédent, avec une dose moyenne légèrement plus élevée (2,83 l/ha contre 2,64 l/ha en 2003-2004). Au sein de cette surface, un cas particulier occupe plus de 10 % de la surface totale traitée : deux parcelles de lin récoltées au cours de l'été 2004 qui ont été désherbées au glyphosate avant le semis du blé.

Tableau 7 : surfaces du bassin versant de Bourville traitées au glyphosate au cours de l'hiver 2004-2005

	intercultures semées			intercultures plus ou moins nues			dés-herbage avant culture d'hiver	total
	culture dérobée	culture intermédiaire	total IC semées	interculture sans travail du sol	interculture avec travail du sol	total IC nus		
surface traitée (S, en ha)	0,00	91,23	<b>91,23</b>	43,38	21,47	<b>64,85</b>	20,43	176,51
S / surfaces traitées	0,00%	51,69%	<b>51,69%</b>	24,58%	12,16%	<b>36,74%</b>	11,57%	100,00%
S / surface du BV	0,00%	8,46%	<b>8,46%</b>	4,02%	1,99%	<b>6,02%</b>	1,90%	16,37%
masse de glyph. pur (kg)	0,00	102,70	<b>102,70</b>	42,48	19,95	<b>62,43</b>	14,71	179,84
proportion massique	0,00%	57,11%	<b>57,11%</b>	23,62%	11,09%	<b>34,71%</b>	8,18%	100,00%
dose moyenne (l/ha)	0,00	3,13	<b>3,13</b>	2,72	2,58	<b>2,67</b>	2,00	2,83

Plus de la moitié des surfaces traitées correspond à des cultures intermédiaires (moutarde ou seigle), soit une augmentation de 14 ha. Étant donné la progression des cultures intermédiaires entre les deux années, la part de CIPAN détruits chimiquement passe de 70,7 % à 49,0 % entre 2003/04 et 2004/05.

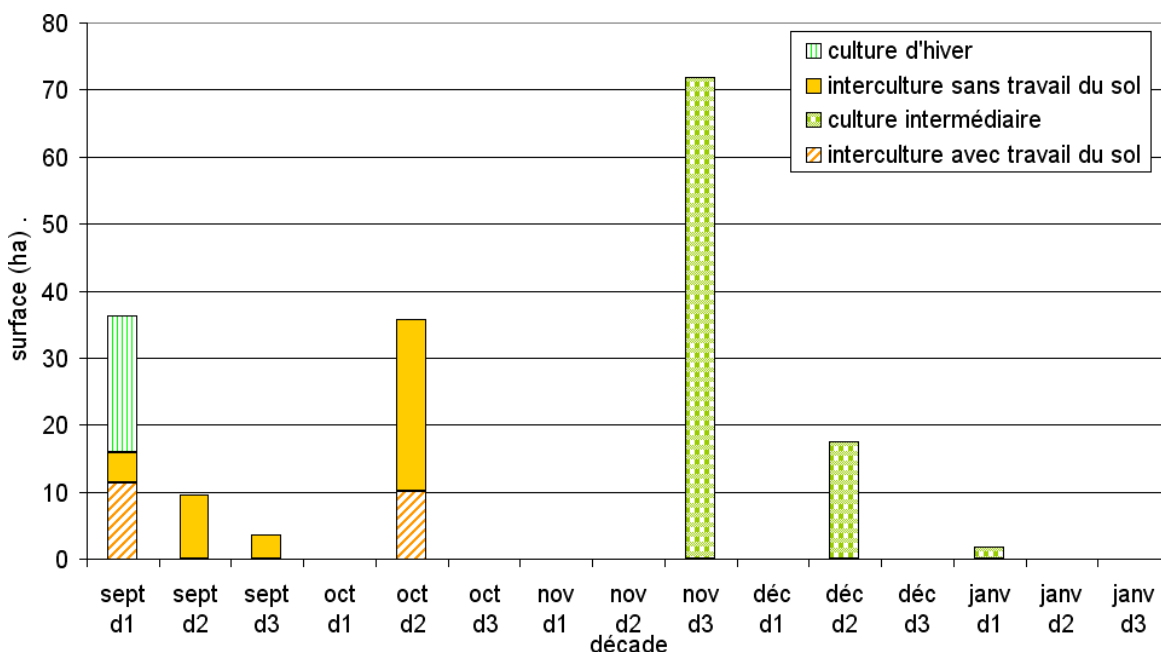


Figure 8 : surfaces du bassin versant traitées au glyphosate par type de surface et par décade au cours de l'hiver 2004-2005 (prévisions données en octobre 2004)

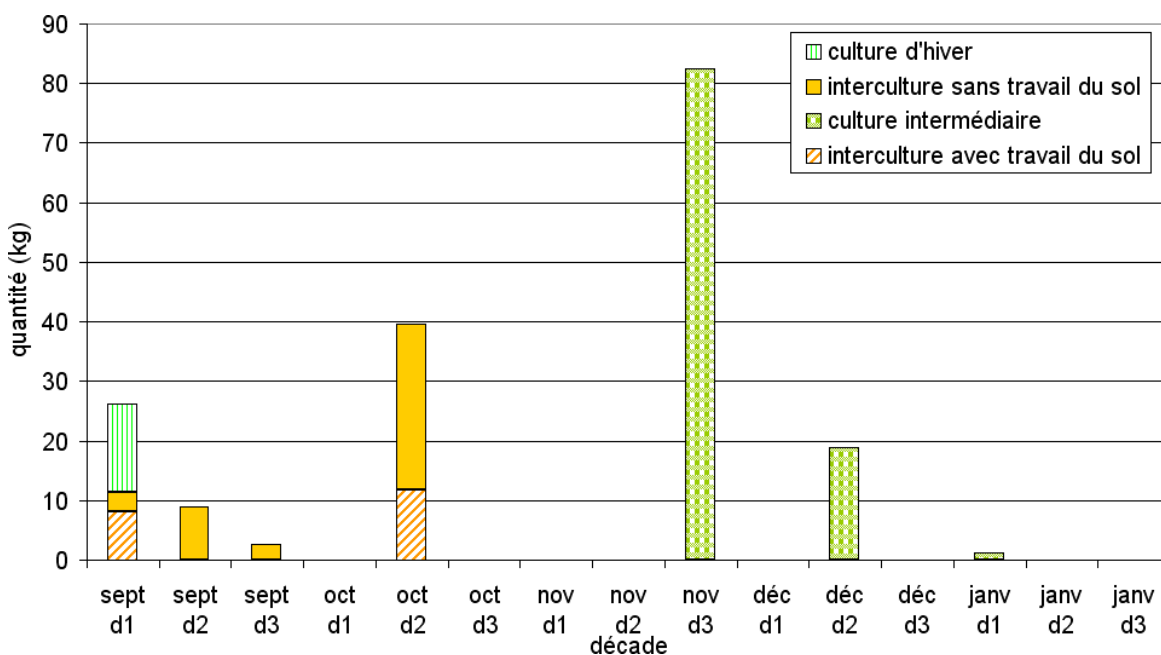


Figure 9 : quantité de glyphosate épanchée sur le bassin versant de Bourville par type de surface et par décade au cours de l'hiver 2004-2005 (prévisions données en octobre 2004)

Les informations concernant les périodes d'utilisation du glyphosate par type de culture confirment le décalage temporel entre la destruction des repousses et adventices sur les intercultures plus ou moins nues et la destruction des cultures intermédiaires. Elles reflètent aussi la modification de l'occupation du sol, et l'utilisation du désherbant qui en résulte.

## **C. Analyse des usages non agricoles du glyphosate**

### **1. Analyse des questionnaires envoyés aux mairies**

Toutes les communes utilisent à la fois la méthode mécanique et la destruction chimique pour entretenir leurs bordures de routes et de chemins communaux. De manière générale, un désherbant chimique est appliqué le long des routes à la fin du printemps, et une fauche est effectuée en automne. La destruction chimique est privilégiée pour l'entretien des panneaux de signalisation, et des cimetières (bords de tombe). Le produit chimique utilisé est le glyphosate, associé dans 50 % des cas avec du diuron (2/3 glyphosate, 1/3 diuron). Ces traitements ayant lieu au printemps ou à l'été, on peut négliger leur influence sur les ruissellements d'hiver.

La majorité des maires pense que de nombreux particuliers utilisent du glyphosate et des désherbants pendant l'hiver. Mais l'un d'entre eux nous a souligné que les produits de destruction chimique disponibles dans le commerce sont nettement moins actifs que les produits mis à leur disposition, et même si les particuliers avaient tendance à doubler les doses conseillées, cela n'aurait pas de conséquence sur l'environnement.

### **2. Le cas des voiries départementales**

Le nettoyage de la voirie départementale du bassin versant est sous la responsabilité de la subdivision de la DDI<sup>4</sup> de Doudeville. Il ne nous a pas été possible d'obtenir les informations nécessaires à l'étude, celles-ci étant considérées comme confidentielles. Bien que cet entretien puisse avoir une influence sur la pollution au glyphosate des eaux de ruissellement, nous avons été contraints de ne pas en tenir compte.

## **D. Conclusion de cette enquête**

Au cours de l'hiver 2003-2004, 10,2 % du bassin versant fut couvert par des cultures intermédiaires (109,8 ha), dont plus des deux tiers reçurent du glyphosate (76,6 ha). La proportion de sols nus a représenté plus du tiers du bassin versant, et près de trois cinquièmes des surfaces traitées au glyphosate (106,9 ha). Par conséquent, la destruction des cultures intermédiaires n'est pas seule à l'origine de la pollution au glyphosate. Au contraire, les surfaces nues ont certainement une responsabilité significative dans les départs de molécules actives, puisqu'elles sont plus ruisselantes que les surfaces couvertes. Le chapitre suivant, consacré à l'expérimentation au champ, permet d'éclairer ce point.

L'évolution entre les deux périodes d'interculture successives a montré une nette progression des cultures intermédiaires au sein des surfaces en interculture (de 27 à 49 %) au détriment des surfaces nues, mais une stabilité de la quantité de glyphosate utilisée sur le bassin versant. Par ailleurs, le développement de la pratique des CIPAN est dépendant de la possibilité de détruire ces couverts chimiquement : 60 ha de la SAU pourraient être laissés nus si l'utilisation du glyphosate sur les cultures intermédiaires était interdite, soit un quart à deux cinquièmes des surfaces semées selon les années.

Toutefois, de nombreux agriculteurs ont fait part de leur dilemme à implanter de grandes surfaces en moutarde anti-érosive qui nécessite plus souvent l'utilisation de produits phytosanitaires, relevant l'apparente contradiction avec les discours sur le respect de l'environnement. Préconiser une destruction mécanique comporte également des

---

<sup>4</sup> Direction départementale des infrastructures

inconvenients : dépense en carburant, temps de travail, compactage du sol au niveau des nombreux passages de roues entraînant une infiltration diminuée sur ces surfaces.

## IV. Les mesures sur placette expérimentale sous pluie artificielle

L'objectif est de quantifier, au champ et à l'échelle de quelques mètres carrés, les transferts de glyphosate par ruissellement suite à une application à l'automne, en fonction de la présence ou non d'un couvert végétal.

### A. Matériel et méthode

#### 1. Modalités comparées et protocole expérimental

L'installation du dispositif expérimental et le suivi des placettes sous pluie naturelle ont été assurés par la Chambre d'agriculture de Seine-Maritime. L'AREAS a réalisé la simulation de pluie en fin de campagne. La dégradation des états de surface était donc au maximum de ce qui a pu être observé au cours de cet hiver peu pluvieux.

Le site de mesure a été implanté à Fresquiennes, sur une parcelle de limons (Tableau 8) avec un précédent blé, pailles enlevées (Tableau 9), présentant une pente homogène d'environ 3 %. Sur cette parcelle, une application de glyphosate est généralement réalisée en interculture. La dernière application date de l'automne 2003. Le travail du sol a toujours été effectué dans le sens de la pente.

Tableau 8 : caractéristiques du site

<b>Région naturelle:</b>	Pays de Caux	<b>Sol</b>	limon moyen
<b>Commune :</b>	Fresquiennes	<b>Sable grossier</b>	2,0 %
<b>Coordonnées</b>	X = 504600	<b>Sable fin</b>	15,8 %
<b>(Lambert II) :</b>	Y = 2508400	<b>Limon grossier</b>	44,1 %
	Z = 145	<b>Limon fin</b>	25,1 %
		<b>Argile</b>	11,0 %
		<b>MO</b>	1,9 %
		<b>pH</b>	6,3
		<b>Pente</b>	2,8 à 3,2 %

Tableau 9 : succession culturale de la parcelle

année	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
récolte	escourg.	colza	blé	pois	blé	escourg.	lin	blé

Pour l'essai, les deux conduites rencontrées le plus fréquemment dans le département ont été comparées :

- **conduite 1** : déchaumage superficiel avec implantation de moutarde à la volée (10 à 12 kg/ha) le 6 septembre 2004
- **conduite 2** : chaumes non travaillés

Des dispositifs de mesure de ruissellement sous pluie naturelle ont été installés le 16 novembre par la Chambre d'agriculture, à raison de deux répétitions par conduite. Les placettes sur lesquelles le ruissellement dû aux pluies naturelles était recueilli mesuraient 1,5 m par 10 m. Un dispositif adapté pour le prélèvement d'échantillons destinés à l'analyse de produits phytosanitaires a également été mis en place. Il s'agit d'un bac accumulateur en inox recueillant approximativement la moitié du volume ruisselé par la placette. Ont été dosés :

- le glyphosate et son métabolite l'AMPA sur eau brute (échantillon entier),
- la quantité de matière en suspension (MES).

Une application de glyphosate (de concentration 360 g/L) à la dose de 3 L/ha a été effectuée le 24 novembre 2004 sur chacune des 2 conduites de façon à détruire le couvert ou les repousses. Un adjuvant a été ajouté pour améliorer l'efficacité du produit (2 L d'actirob pour 200 L d'eau). Le volume d'eau représentait 200 L/ha. Le traitement a été fait dans de bonnes conditions (température de 11°C, 65 % d'hygrométrie), et le pulvérisateur utilisé a fait l'objet d'un étalonnage avant le traitement. Lors du traitement, la moutarde mesurait 40 à 50 cm de hauteur. Malgré ce traitement, le 7 février, les moutardes étaient encore vertes et mesuraient environ 50 cm.

Les placettes, ramenées à une longueur de 5,5 m, ont été soumises à une pluie de 33 mm/h pendant une durée de 42 à 59 minutes. Parallèlement à l'enregistrement du ruissellement, deux échantillons ont été prélevés. Un premier échantillon provient du bac accumulateur rempli avec les eaux ruisselées au cours des 15 premières minutes de la pluie artificielle. Le second échantillon est un prélèvement ponctuel : il s'agit de l'eau de ruissellement qui coulait à la 52<sup>ème</sup> minute de la pluie artificielle<sup>5</sup>.

L'expérimentation a lieu sur les placettes installées au mois de septembre par la Chambre d'agriculture de la Seine-Maritime pour les mesures sous pluie naturelle. Ainsi, les perturbations du milieu liées à la pose des bordures de la placette et à l'installation du système de recueil du ruissellement ont été stabilisées par les pluies naturelles, et n'ont pas ajouté de MES d'origine artificielle aux eaux de ruissellement.

Dans ce qui suit, les essais C1 et C2 sont respectivement les essais 1 et 2 de la modalité *chaume*, et les essais M1 et M2 désignent respectivement les essais 1 et 2 de la modalité *moutarde*.

## 2. État lors de la simulation

Les pluies artificielles ont eu lieu par temps beau, sec, sans vent. La parcelle avait reçu 198 mm de pluie naturelle depuis l'installation du site de mesure mi-novembre. Les photos et le tableau suivants décrivent les états de surface avant la pluie artificielle.



Figure 10 : modalité *chaume*, vue de détail, photo du 7 février 2005



Figure 11 : modalité *moutarde*, vue de détail, photo du 8 février 2005

<sup>5</sup> sauf pour le second essai de la modalité moutarde (M2) dont la pluie n'a duré que 42 minutes, le prélèvement s'est donc fait à la 42<sup>ème</sup> minute.

	C1	C2	M1	M2
Surface de la placette (m <sup>2</sup> )	7,5	8,1	8,1	8,2
Développement de la croûte de battance	F2	F2	F1 sur $\frac{3}{4}$ de la surface, F12 sur les zones basses (traces de roues)	F1 sur $\frac{3}{4}$ de la surface, F12 sur les zones basses (traces de roues)
Macroporosité	peu de macroporosité en dehors des chaumes en place, pas de fissures	peu de macroporosité en dehors des chaumes en place, pas de fissures	Forte sur le F1, nulle sur le F12	Forte sur le F1, nulle sur le F12
Rugosité	R0	R0	R1-R2	R1-R2
Couvert végétal	chaumes et adventices : 30 % mousse : 20 à 30 % CV total : 50 à 60 %	chaumes et adventices : 30 % mousse : 20 à 30 % CV total : 50 à 60 %	Moutarde : 20 %  Moutarde + chaumes + mousse : 40 %	Moutarde : 30 %  Moutarde + chaumes + mousse : 40 %

## B. Résultats

Le Tableau 10 ainsi que la Figure 12 et la Figure 13 présentent l'aspect quantitatif des quatre essais réalisés : quantités d'eau écoulée, vitesses d'infiltration, etc. Les tableaux et figures suivants présentent les résultats des analyses de qualité : le Tableau 11 et la Figure 14 concernent le premier prélèvement, le Tableau 12 précise le second prélèvement.

**Tableau 10 : synthèse des résultats quantitatifs**

	C1	C2	M1	M2
Intensité de la pluie (mm/h) <sup>6</sup>	33	33	33	33
Durée de la pluie (minutes)	57,0	59,0	57,5	42,0
Quantité totale de pluie (mm)	31	32	32	23
Pluie d'imbibition (mm)	2,7	3,1	7,6	5,9
Régime stationnaire atteint ?	Oui	Oui	Oui	Non
Pluie avant le régime stationnaire (mm)	12	14	26	(> 23)
Intensité du ruissellement en régime stationnaire (mm/h)	24	15	25	(> 26)
Infiltration en régime stationnaire (mm/h)	9	18	8	(≤ 7)
Ruissellement cumulé après 23 mm de pluie en 42 minutes (mm)	12,0	6,5	4,3	4,8
Ruissellement total (mm)	19,1	11,5	12,3	6,7

définitions :

- *Pluie d'imbibition* : pluie nécessaire depuis le début de la simulation pour observer le début du ruissellement ;
- *Pluie avant le régime stationnaire* : pluie nécessaire depuis le début de la simulation pour observer un régime stationnaire ;
- *Ruissellement cumulé après 23 mm de pluie en 42 minutes* : volume ruisselé cumulé après 42 minutes de fonctionnement du simulateur de pluie.

<sup>6</sup> voir le paragraphe IV.C.2.b) *pluie artificielle*, page 29

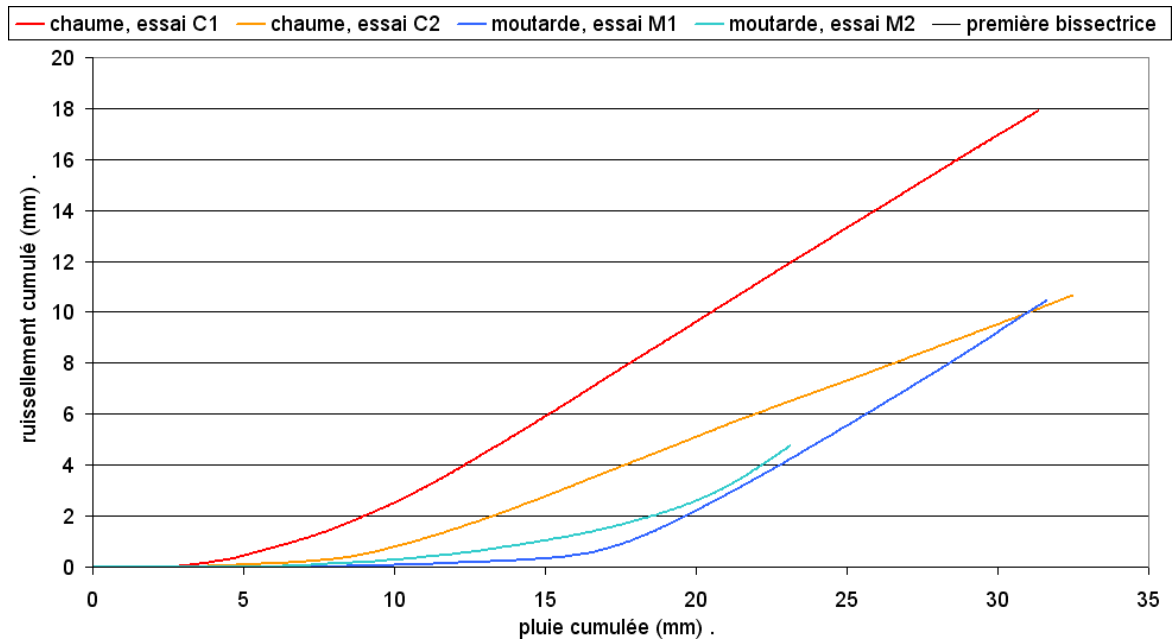


Figure 12 : ruissellement cumulé des différents essais en fonction de la pluie cumulée, sous une pluie artificielle de 33 mm/h.

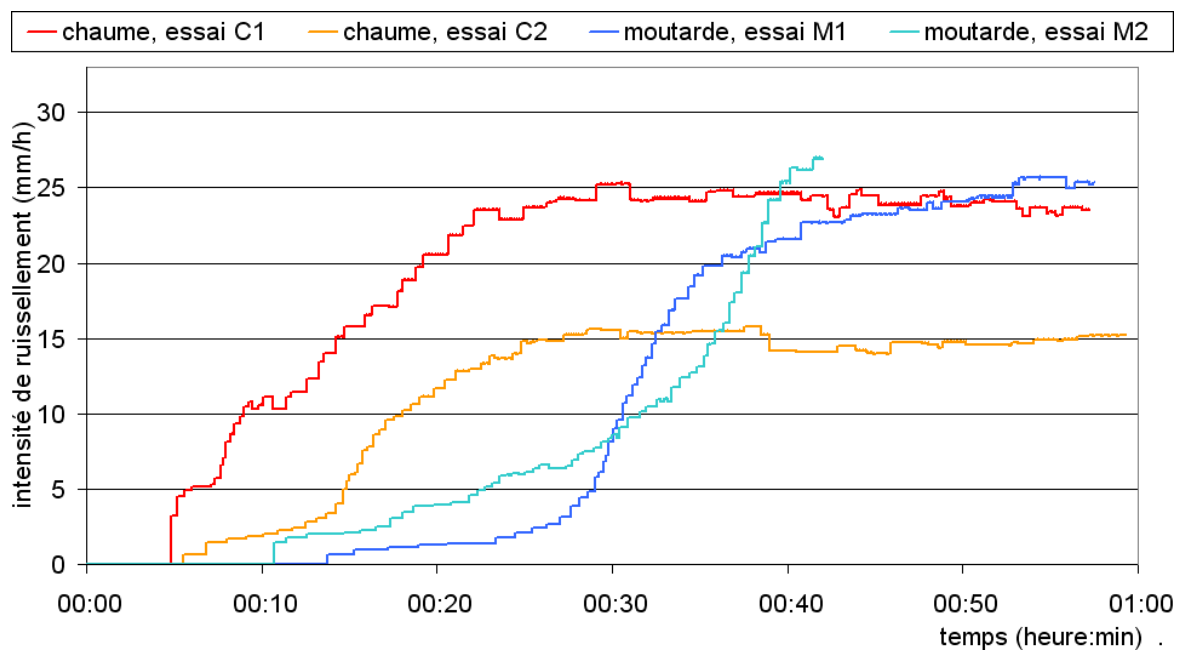


Figure 13 : intensité du ruissellement des différents essais en fonction du temps, sous une pluie artificielle de 33 mm/h.

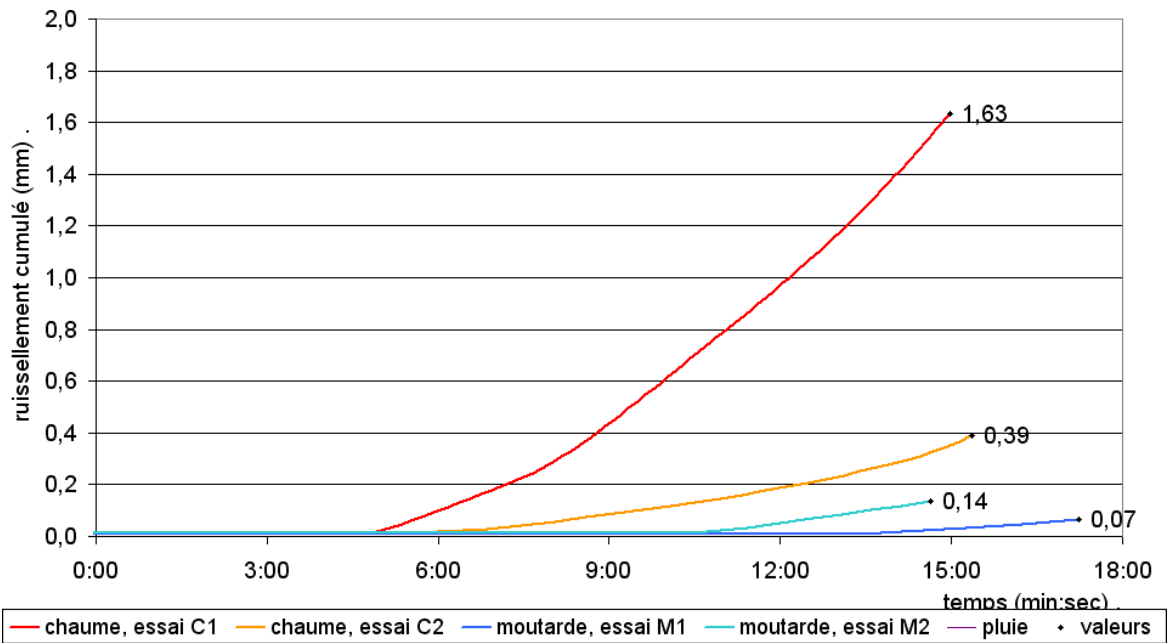


Figure 14 : ruissellement cumulé au cours du premier prélèvement

Tableau 11 : synthèse des résultats qualitatifs du premier prélèvement, échantillon du ruissellement cumulé sur un quart d'heure de pluie (analyses sur eau brute)

	C1	C2	M1	M2
Durée du premier prélèvement (min:sec)	15:00	15:28	17:30	15:00
Pluie cumulée (mm)	8,2	8,5	9,7	8,2
Ruissellement cumulé (mm)	1,63	0,39	0,07	0,14
Coefficient de ruissellement	19,9 %	3,3 %	0,7 %	1,7 %
concentration en MES (mg/l) <sup>7</sup>	843	354	--	391
MES exportée (g/m <sup>2</sup> )	1,37	0,138	--	0,0547
concentration en glyphosate (µg/l)	3,5	1,7	0,45	0,64
glyphosate exporté (µg/m <sup>2</sup> )	5,7	0,66	0,032	0,090
concentration en AMPA (µg/l)	6,2	4,3	1,4	1,6
AMPA exporté (µg/m <sup>2</sup> )	10	1,7	0,098	0,22

<sup>7</sup> le volume ruisselé sur l'essai M1 fut trop faible pour permettre une mesure de MES

**Tableau 12 : synthèse des résultats qualitatifs du second prélèvement, échantillon instantané en fin de pluie (sur eau brute)**

	C1	C2	M1	M2
Date du second prélèvement (min:sec)	52:00	52:00	52:00	42:00
Pluie cumulée (mm)	28,6	28,6	28,6	23,1
Intensité de la pluie (mm/h)	33	33	33	33
Intensité instantanée du ruissellement (mm/h)	23,8	14,8	23,7	26,9
concentration en MES (mg/l)	184	108	218	229
flux spécifique de MES (mg/m <sup>2</sup> /s)	1,22	0,444	1,44	1,71
concentration en glyphosate (µg/l)	0,81	0,68	0,44	0,53
flux spécifique de glyphosate (pg/m <sup>2</sup> /s)	5,36	2,80	2,90	3,96
concentration en AMPA (µg/l)	2,4	2,5	1,7	1,6
flux spécifique d'AMPA (pg/m <sup>2</sup> /s)	15,7	10,3	11,2	12,0

## C. Analyse et commentaires

### 1. Protocole expérimental

Rappelons que cette expérimentation se déroule début février 2005, soit en fin de campagne puisque le labour a eu lieu dans les deux semaines qui ont suivi.

#### a) choix des modalités comparées

L'enquête sur les pratiques agricoles du bassin versant de Bourville, dont les conclusions sont présentées au chapitre I, page 9 et suivantes, ont montré que les deux pratiques d'interculture les plus souvent rencontrées sont bien les deux pratiques que nous avons retenues pour cette étude (Tableau 6 page 16). L'enquête réalisée sous la responsabilité de la Chambre d'agriculture de Seine-Maritime, mais sur le territoire du département cette fois, arrive aux mêmes conclusions sur ce point. Le choix des pratiques agricoles d'interculture effectué pour cette expérimentation est donc représentatif.

Lorsque l'on compare les modalités de traitement chimique de la parcelle expérimentale avec les résultats de l'enquête, on se rend compte que le traitement à 3 L/ha à la fin du mois de novembre correspond bien à la pratique la plus courante sur moutarde, mais il représente néanmoins une pratique rare sur sol nu non travaillé. En effet, la Figure 6 page 17 montre que les traitements sur les intercultures non travaillées ont lieu avant la dernière décade du mois d'octobre. Dans ces conditions, le risque de fuite de glyphosate par ruissellement entre novembre et février sur la modalité *chaume non travaillé* est augmenté par rapport à une situation moyenne : si le traitement a lieu un mois plus tôt, à traitement égal, il reste moins de glyphosate sur les surfaces nues lorsque les cultures intermédiaires sont traitées à leur tour<sup>8</sup>. De plus, la dose moyenne sur ces surfaces est de

<sup>8</sup> Rappelons néanmoins qu'en Seine-Maritime, les orages générateurs de ruissellement sont encore fréquents au mois d'octobre, et que les intercultures non travaillées sont dans ces conditions parmi les plus grandes contributrices au ruissellement d'un bassin versant.

2,5 à 2,7 l/ha selon les années, soit un peu moins que la dose utilisée ici. Ce choix était néanmoins nécessaire à une interprétation simple des résultats expérimentaux.

### **b) pluie artificielle et échantillonnage**

Les choix concernant les modalités d'échantillonnage ont amené quelques difficultés :

- la durée de la pluie pour le premier prélèvement aurait dû être calée sur la placette connue pour être la moins ruisselante, de façon à être sûr d'avoir un volume ruisselé suffisant pour les échantillons dans chacune des quatre placettes ;
- pour que le premier prélèvement soit tout à fait comparable à une analyse de ruissellement issu de pluies naturelles, il aurait fallu arrêter la pluie artificielle, et attendre la fin du ruissellement avant de réaliser le prélèvement ;

De plus, pour des raisons matérielles, on se trouva à manquer d'eau pour atteindre la saturation sur la modalité M2.

## **2. Qualité des enregistrements**

### **a) mesure du ruissellement**

Cet essai ayant profité des placettes mises en place par la Chambre d'agriculture au mois de novembre, aucun problème de métrologie n'est à déplorer. La seule intervention sur les placettes a été de réduire leur longueur de 10 à 5,5 m, garantissant ainsi un minimum de perturbation de la surface des placettes, et donc la fiabilité des mesures de qualité de l'eau de ruissellement.

### **b) pluie artificielle**

L'étude du simulateur en conditions contrôlées au cours de l'été 2005 a permis de montrer la grande influence du vent sur la répartition spatiale des intensités. Les mesures faites à Fresquiennes étant antérieures, l'intensité globale dans les conditions de vent de l'expérimentation n'a pas été mesurée. L'intensité moyenne théorique délivrée par le simulateur est de 33 mm/h, mais il est difficile d'évaluer *a posteriori* l'incertitude de cette valeur pour les conditions expérimentales des 7 et 8 février 2005. Elle est probablement de quelques millimètres par heure.

## **3. La modalité « chaume »**

Les deux placettes ont des réponses tout à fait similaires : pluies d'imbibition et de saturation proches. Cependant, les infiltrations à saturation sont sensiblement différentes : 9 mm/h dans un cas, et 18 mm/h dans l'autre, bien que rien ne distingue les états de surface, et que les pentes ne soient différentes que de 0,4 %.

Néanmoins, la hiérarchie des lames ruisselées est conforme aux observations sous pluie naturelle.

## **4. La modalité « moutarde sur déchaumage »**

Les deux placettes ont des réponses tout à fait similaires.

On note que après une demi-heure de pluie, soit 17 mm d'une pluie très intense (33 mm/h), surtout pour une période hivernale, le ruissellement est plus faible sur la modalité moutarde (Figure 12, page 26) : au plus 1,5 mm sur la modalité moutarde contre au moins 3,7 mm sur la modalité chaume. La première partie de ce graphique est

parfaitement cohérente avec les mesures effectuées sur ces mêmes placettes sous pluie naturelle entre novembre et février.

Cependant, après 42 minutes de pluie à 33 mm/h, lorsque les placettes ont atteint un régime stationnaire ou s'en approchent, la hiérarchie des intensités de ruissellement est différente. Bien que les lames ruisselées restent plus fortes sur la modalité chaume (Figure 15), les essais C1, M1 et M2 ont des infiltrations proches et toutes inférieures à 10 mm/h (Figure 16). Seule la répétition C2 ruisselle un peu moins, avec une infiltration de 18 mm/h.

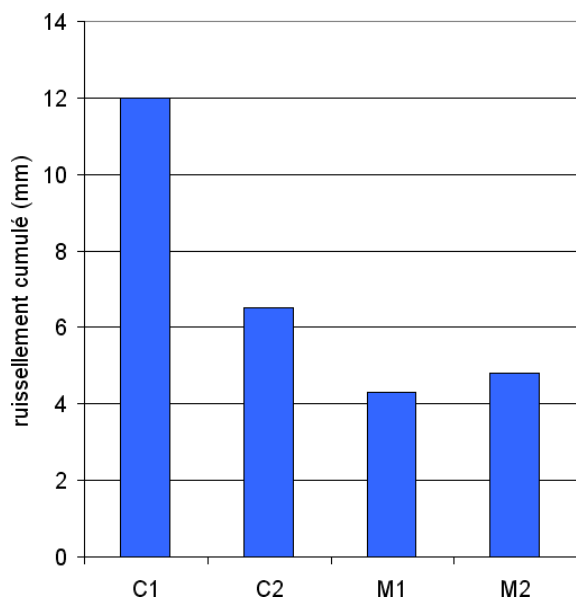


Figure 15 : lames ruisselées par chaque placette après 23 mm de pluie en 42 minutes

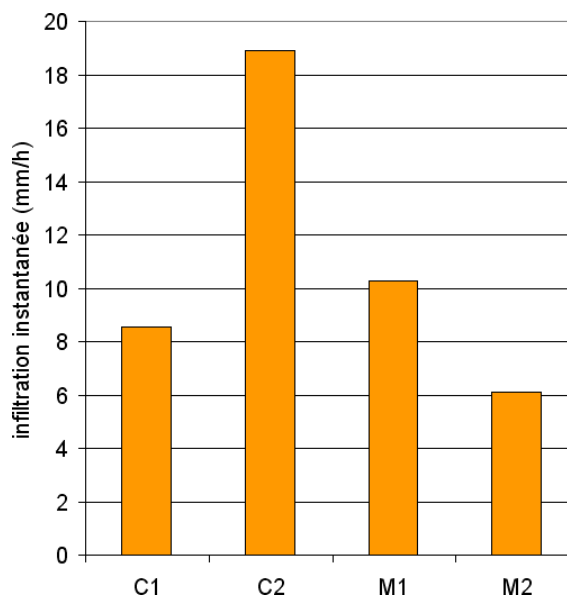


Figure 16 : infiltration instantanée de chaque placette au cours de la 42<sup>ème</sup> minute de pluie artificielle à 33 mm/h

## 5. Mesures qualitatives

### a) analyse de l'eau de la cuve

Un échantillon de l'eau provenant du système d'arrosage a été prélevé et analysé. Il montre une concentration en glyphosate de 0,21 µg/l et une concentration en AMPA inférieure au seuil de détection de 0,1 µg/l. Ce rapport de concentrations plaide pour une pollution récente, rendue possible par la présence sur site du bidon qui avait servi au traitement du champ. Or, pour contaminer ainsi les 3 m<sup>3</sup> de la cuve, 1,75 mL de produit à 360 g/L auraient été nécessaires, soit plusieurs grosses gouttes du bidon versées dans la cuve. Cette hypothèse est peu vraisemblable. La contamination est donc due aux traces de produit présentes sur les mains de l'expérimentateur qui a effectué le prélèvement.

### b) premier prélèvement, semblable aux pluies courantes régionales

Les résultats de ce prélèvement sont page 27 et suivantes. Rappelons qu'il provient du bac accumulateur rempli avec les eaux ruisselées au cours des 15 premières minutes de la pluie artificielle. Son mode de prélèvement et sa pluie génératrice le rendent comparable aux prélèvements sous pluie naturelle réalisés par la Chambre d'agriculture de Seine-Maritime sur ces mêmes placettes.

1. *matières en suspension*. Nous ne disposons que de trois valeurs. Étant donné la grande variabilité au sein de la modalité *chaume*, les valeurs sont trop peu nombreuses pour établir l'existence d'un effet modalité. Le premier facteur explicatif des flux de MES est la lame ruisselée, avec une corrélation positive (Figure 17).
2. *glyphosate et AMPA*. Pour ces deux molécules, les concentrations sont plus fortes sur *chaume*. En croisant cela avec les lames ruisselées également plus fortes sur *chaume*, on obtient des flux sensiblement plus importants sur la modalité *chaume* que sur la modalité *moutarde* à l'issue d'une pluie identique pour les quatre placettes. Pour le glyphosate, les placettes de la modalité moutarde ont exporté 0,03 à 0,09  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ , contre 0,66 à 5,7  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  pour la modalité *chaume*. La Figure 18 illustre ces valeurs de flux.

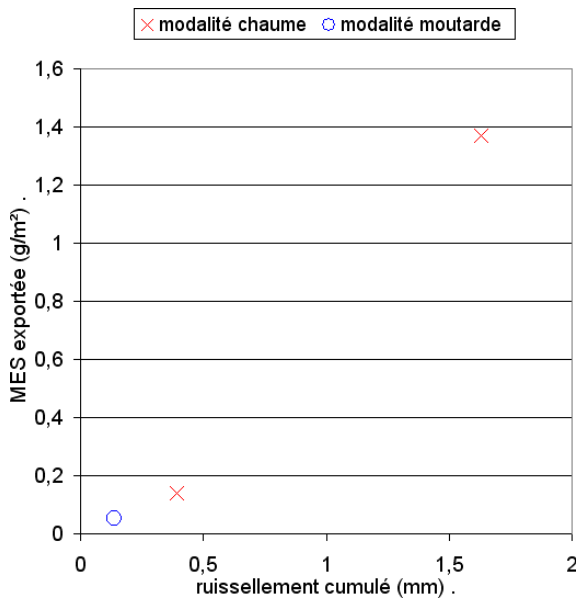


Figure 17 : premier prélèvement, corrélation positive entre MES exportée et ruissellement cumulé

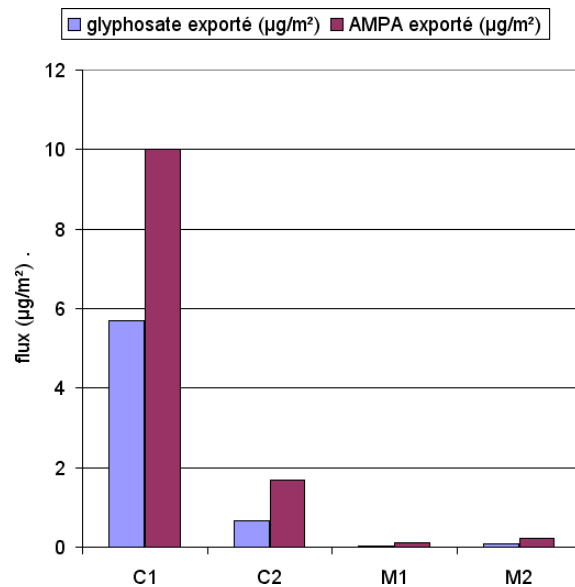


Figure 18 : premier prélèvement, flux de glyphosate et d'AMPA après une pluie d'environ 9 mm

### c) second prélèvement

Ces résultats sont sur le Tableau 12 page 28. Contrairement au premier prélèvement, qui était un échantillon moyen du ruissellement cumulé après un quart d'heure de pluie artificielle, celui-ci est un prélèvement ponctuel, donc représentatif de l'instant du prélèvement uniquement.

1. *matières en suspension*. Comme pour le premier prélèvement, le premier facteur explicatif des différences de flux de MES est le débit de ruissellement (Figure 19). De plus, il semble qu'à débit équivalent, le flux de MES soit supérieur pour la modalité moutarde, qui présente une croûte de battance moins développée. Ce résultat va dans le même sens que ceux trouvés dans la littérature<sup>9</sup>.
2. *glyphosate et AMPA*. Les valeurs moyennes de flux spécifique sont légèrement plus fortes pour la modalité *chaume* : 4,08  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$  de glyphosate contre 3,43  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$  en moyenne pour la modalité *moutarde* (Figure 20). Néanmoins, en comparaison avec le premier essai, les différences sont faibles.

<sup>9</sup> notamment chez Philippe Martin, sur ce même thème des intercultures en Pays de Caux dans sa thèse.

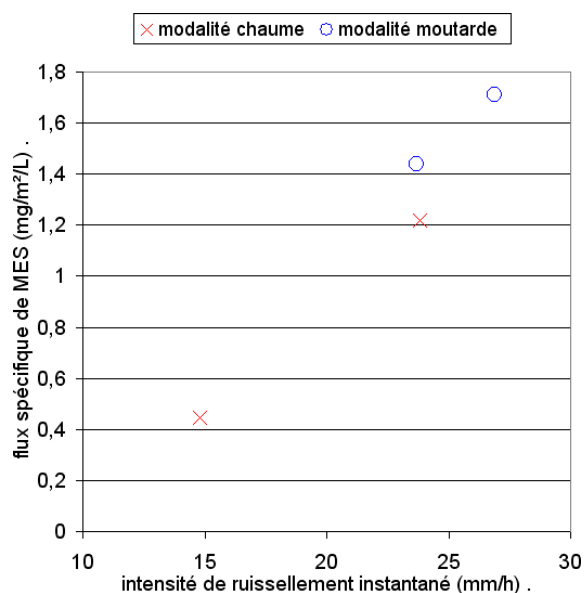


Figure 19 : second prélèvement, corrélation positive entre flux spécifique instantané de MES et ruissellement instantané

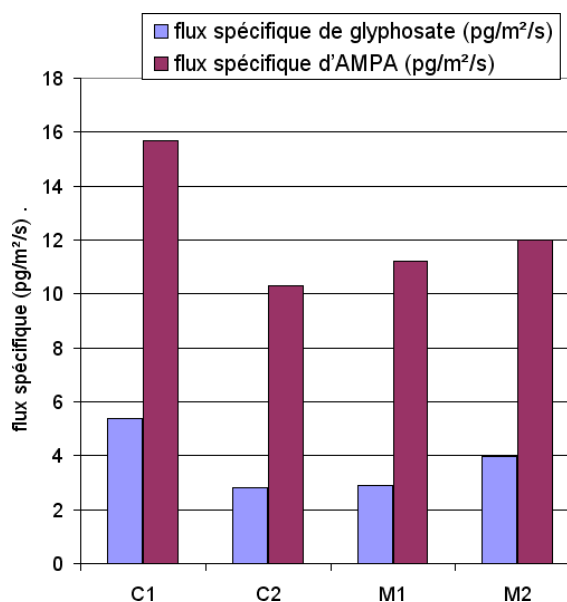


Figure 20 : second prélèvement, flux spécifique de glyphosate et d'AMPA après 52 minutes d'une pluie à 33 mm/h (sauf M2 : 42 minutes)

Ainsi, au bout de 52 minutes<sup>10</sup> d'une pluie artificielle d'une intensité et d'une durée exceptionnelle pour un mois de février, les réponses instantanées de nos deux modalités sont très proches, en terme de ruissellement comme en terme de flux de pesticide.

#### d) bilan sur l'ensemble de la pluie

Les deux prélèvements effectués ne permettent pas d'établir un bilan précis de l'exportation des MES et des pesticides au cours de l'ensemble de l'événement pluvieux. Néanmoins, les volumes d'eau ruisselés sur l'ensemble de l'événement sont supérieurs sur la modalité *chaume* (Figure 15 page 30), et les concentrations en glyphosate et AMPA des deux prélèvements sont également supérieures sur la modalité *chaume*. Le bilan est donc favorable à la modalité *moutarde* sur déchaumage, même dans ces conditions de pluie exceptionnelles.

### D. Conclusion de cette expérimentation

La pluie artificielle de 33 mm/h pendant près d'une heure au mois de février est un événement très rare en conditions naturelles. Selon les calculs de Météo France pour la station de Rouen-Boos, pour une pluie de 60 minutes, la hauteur d'eau cinquantennale est de 33,9 mm. Dans ces conditions particulièrement agressives, les mesures quantitatives et qualitatives de cet essai ont montré deux choses :

1. Autour du premier prélèvement, réalisé dans des conditions proches de celles d'une pluie hivernale de 9 mm en 15 minutes, les résultats obtenus en terme de lame ruisselée, de flux de MES et de pesticides, sont comparables aux mesures faites sous pluie naturelle au cours de cet hiver 2004/2005 peu pluvieux. La modalité *chaume non travaillé* ruisselle plus que la modalité *moutarde sur déchaumage* (coefficient de ruissellement moyen de 11,6 % contre 1,2 %). Elle émet plus de glyphosate et d'AMPA (export moyen de glyphosate de 3,2  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  contre 0,06  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ), bien que les deux modalités aient subi le même traitement. Ces conclusions sont les mêmes que

<sup>10</sup> sauf pour la modalité M2 : 23 mm en 42 minutes

celles de l'étude de ces placettes sous pluie naturelle réalisées par la Chambre d'agriculture de Seine-Maritime entre novembre 2004 et février 2005. Elles se confortent donc mutuellement.

2. Autour du second prélèvement, représentatif du ruissellement instantané des placettes à la fin d'un événement extrêmes (pluie proche de la cinquantennale de 60 minutes), les différences entre les deux modalités sont largement gommées, et les réponses des quatre essais deviennent très proches, aussi bien en terme de ruissellement que de matière exportée.

Le bilan global sur cet événement pluvieux exceptionnel reste favorable à la modalité moutarde sur déchaumage, à la fois pour le volume ruisselé et pour les matières exportées, même si nos mesures ne permettent pas de chiffrer le flux global de ces dernières.



## V. Synthèse et conclusion générale

### A. Synthèse des investigations réalisées

Dans la partie I, nous avons montré que l'apport de glyphosate sur le bassin versant de Bourville avait été de 176 kg au cours de l'hiver 2003-2004. Dans la partie I (page 7), à partir des mesures réalisées à l'exutoire de ce bassin versant, l'export de glyphosate au cours de ce même hiver<sup>11</sup> a été estimé à 77 g. Sur la base de cette estimation, ce serait donc 0,4 ‰ de la quantité apportée qui serait sorti du bassin versant.

L'essai sous pluie artificielle a confirmé les résultats sous pluie naturelle obtenus par la Chambre d'agriculture de Seine-Maritime entre novembre et février : au cours d'un ruissellement hivernal commun, la quantité de glyphosate et d'AMPA qui sort d'une parcelle déchaumée et semée de moutarde est sensiblement inférieure à celle qui sort d'une parcelle non travaillée (environ 50 fois moins de glyphosate et 36 fois moins d'AMPA après un quart d'heure de pluie artificielle à 33 mm/h en fin de campagne).

Il a aussi montré que dans les conditions d'un événement ruisselant majeur, les quantités de glyphosate et d'AMPA instantanées exportées en fin d'événement deviennent équivalentes quelque soit le type de surface traitée.

Actuellement, la pratique des CIPAN implique dans de nombreux cas l'utilisation de glyphosate, avec les inconvénients environnementaux connus : risque de pollution des eaux de surfaces, mais aussi des aquifères puisque nous sommes dans une région karstique. Toutefois, l'enquête auprès des agriculteurs du bassin versant de Bourville a montré que entre les intercultures 2003-2004 et 2004-2005, la même quantité de glyphosate a été apportée sur la zone d'enquête, mais la part des surfaces d'intercultures nues, qui sont potentiellement les plus ruisselantes, a diminué de 27 à 18 % du bassin versant, au profit des cultures intermédiaires. Le développement des cultures intermédiaires sur un territoire donné ne s'accompagne donc pas nécessairement d'une augmentation de l'utilisation de glyphosate.

De plus, notons cet autre résultat de cette enquête : si l'utilisation du glyphosate venait à être interdite pour la destruction des cultures intermédiaires, les surfaces couvertes de CIPAN diminueraient d'au moins un quart sur le bassin versant de Bourville. Or ces couverts végétaux présentent d'autres avantages environnementaux et agronomiques qui justifient les politiques actives des collectivités locales et des Agences de l'eau pour leur développement.

La technique de destruction mécanique est toujours possible mais possède aussi des inconvénients, puisque elle augmente le risque de ruissellement suite aux nombreux passages de tracteur nécessités par l'opération de broyage.

Cette première approche, complémentaire des travaux réalisés par le Chambre d'agriculture de Seine-Maritime a permis de « défricher » le sujet, et de dégager les lignes directrices à suivre pour des expérimentations futures. Cet objectif semble être atteint. En outre, les résultats sont suffisamment nets pour autoriser deux premières recommandations sur l'usage agricole du glyphosate sur les intercultures.

---

<sup>11</sup> hiver 2003-2004 qui fut peu ruisselant, comme montré en II.B page 6.

## **B. Recommandations sur la conduite des intercultures**

- 1) La pratique *chaume non travaillé et désherbé* avait déjà été identifiée comme fortement génératrice de ruissellement<sup>12</sup>. On peut désormais ajouter qu'elle présente aussi des risques importants de fuite de pesticides par ruissellement. On peut donc recommander de ne pas désherber chimiquement les *chantiers de récolte non travaillés*.
- 2) Lorsque la levée d'interculture est médiocre (couvert végétal inférieur à 40 %), le comportement hydraulique de la parcelle en sortie d'hiver sera comparable à celui d'un chantier de récolte non travaillé. Dans ces conditions, il y a lieu de privilégier une destruction mécanique.

## **C. Perspectives**

Les premiers résultats obtenus dans le cadre de cette étude sont suffisants pour établir ces deux premiers conseils aux agriculteurs sur l'utilisation du glyphosate pendant l'interculture. Néanmoins des répétitions sur plusieurs années sont nécessaires pour préciser les résultats, et d'autres modalités sont à tester. Des études complémentaires sont donc souhaitables.

À la parcelle :

- la modalité *sol nu déchaumé traité au glyphosate* mériterait d'être ajoutée au protocole expérimental ;
- une expérimentation future pourra faire d'autres choix quant aux dates de traitement ;
- pour approcher le rôle du ruissellement concentré à travers une surface traitée sur les flux de glyphosate, on peut faire des mesures à l'aide du simulateur de ruissellement du Cemagref ;

Au bassin versant, il est important :

- de continuer les mesures quantitatives et qualitatives à l'exutoire du bassin versant de Bourville ;
- de continuer les enquêtes sur les pratiques pour disposer d'une carte des états de surface et des traitements.

---

<sup>12</sup> voir notamment la thèse de Philippe Martin.