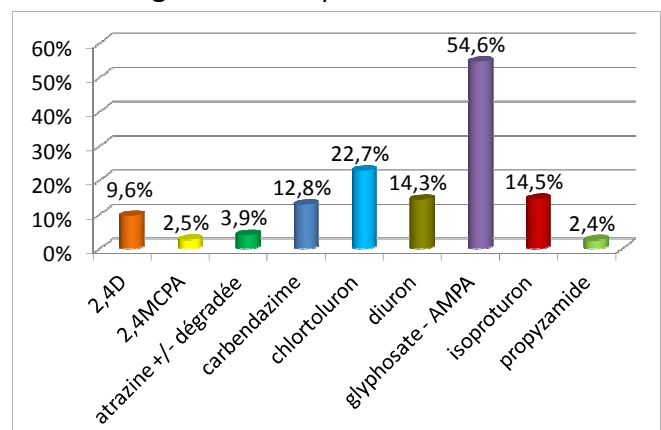


## IMPACT DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LES TRANSFERTS DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS LES EAUX

Le début des années 2000 coïncide avec le premier rapport de l'IFEN (Institut Français de l'Environnement) mettant en évidence la présence de produits phytosanitaires dans les eaux. Ce rapport porte annuellement à connaissance de la société civile l'état de présence en molécules phytosanitaires dans les cours d'eau ou les nappes profondes. En Lorraine, les principaux responsables de cette pollution sont les herbicides tel que le glyphosate ou l'atrazine.

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau impose le bon état écologique des milieux aquatiques pour 2015. Afin de répondre à cet objectif, la profession agricole se mobilise depuis plusieurs années pour réduire les dégradations du milieu. Ainsi, la compréhension des phénomènes de pollution des eaux par les pesticides est un des enjeux de recherche majeur pour concilier productivité agricole et respect de l'environnement.

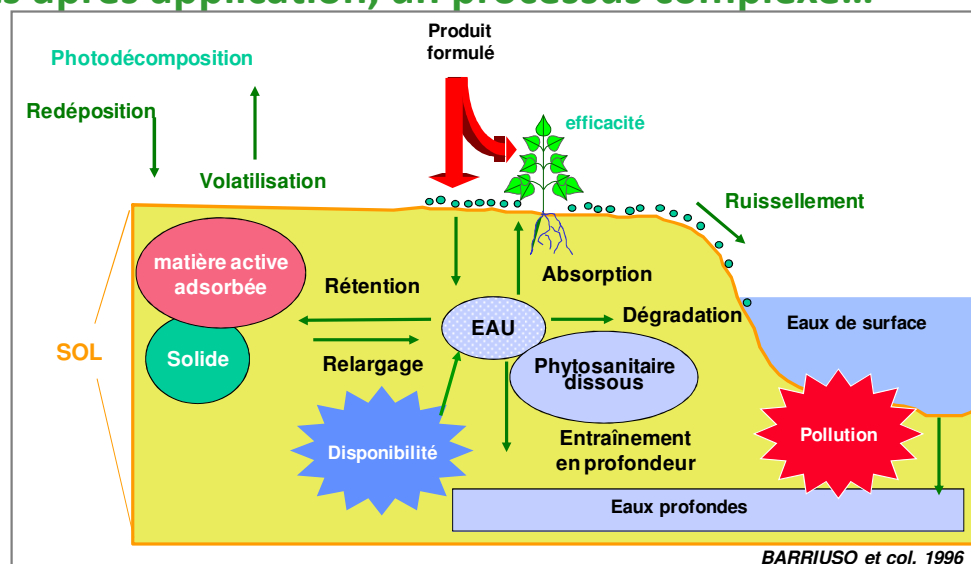
Pour répondre à cette problématique, la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine travaille depuis 2005 sur l'étude du transfert des produits phytosanitaires dans les eaux à l'aide de bougies poreuses : ces dispositifs expérimentaux permettent de suivre l'évolution de la concentration des molécules phytosanitaires dans la solution du sol sous le système racinaire et de mesurer l'impact de différentes pratiques culturales sur les transferts de produits.



Fréquence de détection des molécules rencontrées dans les eaux superficielles du bassin Rhin-Meuse en Lorraine (source AERM 2009)

### Le devenir des produits après application, un processus complexe...

Les mécanismes impliqués dans la présence de pesticides dans les eaux sont nombreux et complexes, et interagissent entre eux comme on peut le voir sur le schéma ci-contre. En effet, après application, seule une partie est absorbée par la plante cible, le reste peut subir divers processus (mise en solution, volatilisation, adsorption, dégradation...)

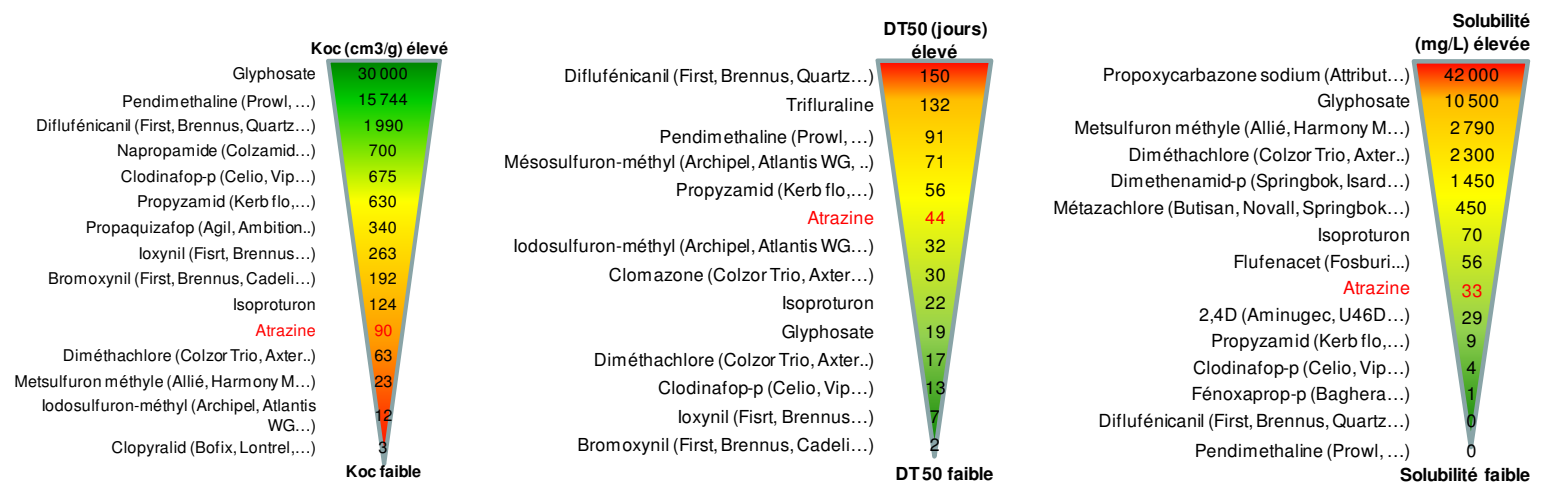


## ... fortement dépendant des caractéristiques du produit

Tous les produits ne circulent pas de la même manière dans le sol. Certaines substances sont transportées essentiellement dans la phase liquide, alors que d'autres, fortement adsorbées, sont véhiculées sur les particules de terre érodées. Les propriétés du produit influencent son transfert par l'eau. Plusieurs propriétés caractérisent principalement le comportement des substances actives dans le sol :

- la **mobilité**, dont un des indicateurs est le **coefficient de partage carbone organique / eau Koc** qui représente la capacité de la matière active à se fixer aux molécules du sol. Plus le Koc est élevé, moins la molécule est mobile ;
- la **persistance**, dont un des indicateurs est le **temps de demi-vie au champ DT50** qui correspond au temps de dégradation de la moitié du produit. Plus le DT50 est faible, plus la molécule est dégradée rapidement ;
- la **solubilité** de la matière active dans l'eau qui caractérise sa faculté à rester dans la solution du sol et à être lessivée

Comme on peut le constater avec les exemples ci-dessous, chaque substance a ses caractéristiques propres et réagit donc différemment dans le milieu, ce qui complexifie la connaissance de son comportement.



D'après Agritox

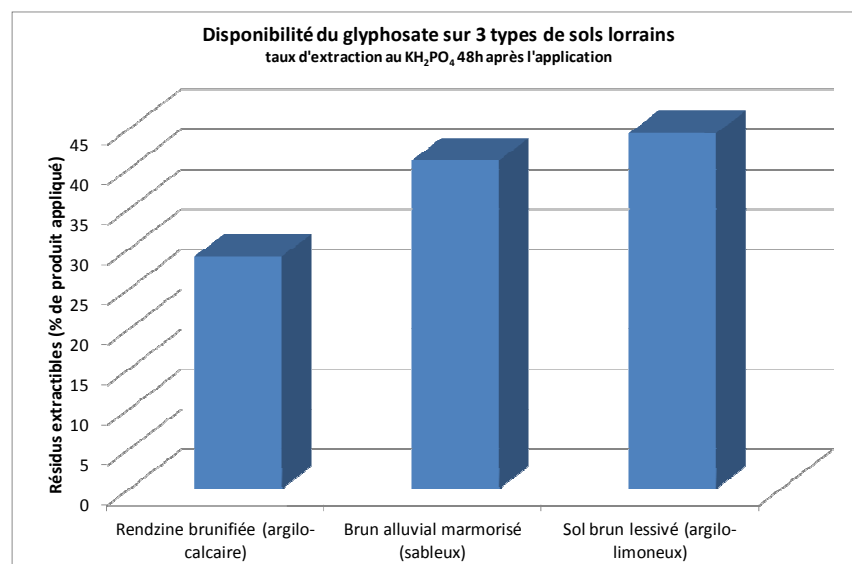
Pour l'atrazine, si ses caractéristiques intrinsèques ne sont pas les plus critiques, outre ses quantités de matières actives appliquées à l'hectare élevées, c'est son utilisation massive sur des millions d'hectares pendant plus de 35 ans qui peut expliquer que cette matière active et ses produits de dégradation aient été pendant longtemps les molécules les plus impliquées dans la pollution des eaux superficielles et souterraines.

## ... et des conditions du milieu

Le profil de la matière active n'est pas le seul facteur influençant son devenir : les conditions pédoclimatiques et les conditions d'application jouent également un rôle majeur sur le comportement des produits. C'est l'interaction entre ces différents facteurs qui conditionne le devenir des produits.

Le graphique ci-contre présente l'influence du type de sol sur le devenir du glyphosate 48h après l'application.

En sol argilo-calcaire, le glyphosate est plus adsorbé aux molécules du sol et donc moins disponible dans l'eau que dans le sol argilo-limoneux.



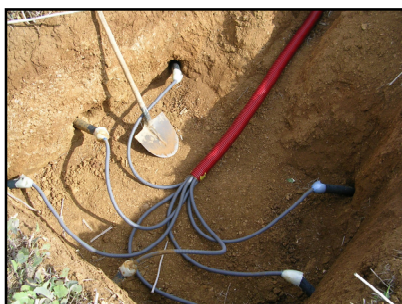
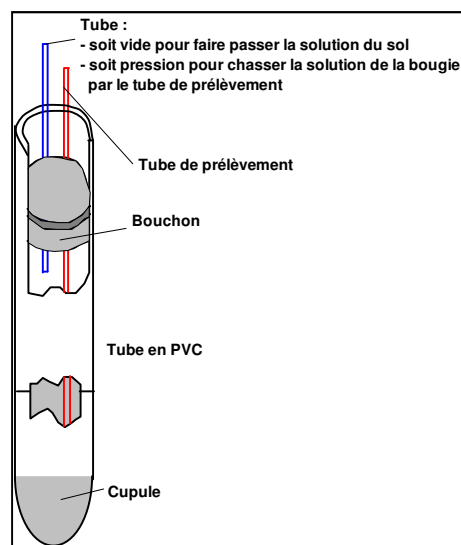
D'après Al-Rajab et al., ENSAIA 2004

# LES BOUGIES POREUSES, UN DISPOSITIF EXPERIMENTAL AU CHAMP POUR ANALYSER L'EAU SOUS LE SYSTEME RACINAIRE

## Principe des bougies poreuses

Le principe de la bougie poreuse consiste à faire passer, à l'aide d'une dépression, la solution du sol à l'intérieur d'une bougie en PVC munie d'une tête en porcelaine poreuse. Cette bougie est positionnée horizontalement à 1 m de profondeur sous le système racinaire.

Des prélèvements d'eau sont réalisés tous les 40 mm de précipitations ou toutes les 2 semaines. L'eau extraite est utilisée pour le dosage des produits phytosanitaires appliqués.

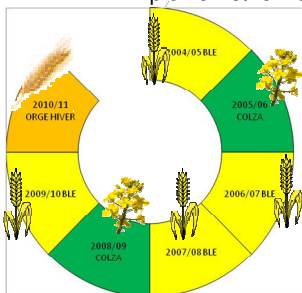


Dans une même parcelle, 5 fosses mitoyennes ont été équipées de 7 bougies disposées en étoile pour étudier les effets de 5 pratiques phytosanitaires différentes. On peut alors évaluer :

- l'effet de la dose
- l'effet de la date d'application
- l'effet du travail du sol
- l'effet du système de culture

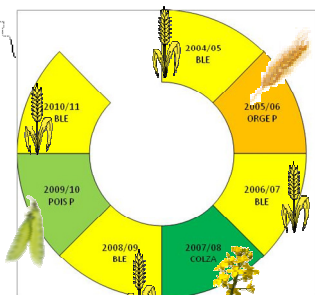
## 3 sites équipés sur la région

Afin de disposer de références dans plusieurs contextes pédoclimatiques, la CRA Lorraine possède trois sites pérennes équipés depuis respectivement 1999 pour Villey St Etienne et Rollainville, et 2005 pour Ludelage.



### Ludelage :

sol limoneux battant profond  
réserve utile = 120 mm  
pluviométrie moyenne : 960 mm/an  
rotation céréalière

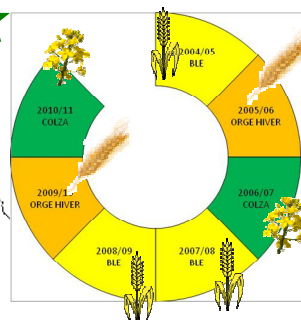


### Villey St Etienne :

sol argilo-limoneux calcaire profond  
réserve utile = 120 mm  
pluviométrie-moyenne : 800 mm/an  
rotation céréalière

### Rollainville :

sol argilo-calcaire superficiel  
réserve utile = 60 mm  
pluviométrie moyenne : 1000 mm/an  
rotation céréalière



## Effet de la nature chimique des molécules

Sur 45 molécules recherchées au cours du programme bougies poreuses, 13 d'entre elles sont retrouvées dans les eaux.

Les molécules les plus retrouvées sont principalement utilisées à des grammages à l'ha élevés (isoproturon, glyphosate...) et ont des Koc plus faibles (mésosulfuron, metsulfuron...).

Les concentrations détectées sont très variables et s'échelonnent entre 0.05µg/L (seuil de quantification de la plupart des molécules) et 2 µg/L (soit 20 fois le seuil de potabilité de 0.1µg/L, mais égal la norme « eaux brutes » de 2µg/L)

### ▲ Détection sur céréales

7 molécules sur les 25 appliquées sont quantifiées dans les bougies poreuses.



Matière active	Produit commercial utilisé	Fréquence de quantification
Isoproturon	Quartz, Matin, Matara, Herbaflex	7 détections sur 10 applications
Diflufénicanil	First, Quartz, Fosbury	4 / 8
Ioxynil	First	1 / 4
Bromoxynil	First	2 / 4
Mésosulfuron-méthyl-sodium	Atlantis WG	3 / 5
Metsulfuron méthyle	Allié, Harmony M	2 / 5
Flufenacet	Fosbury	1 / 1

### ▲ Détection sur colza

5 molécules sur les 15 appliquées sont quantifiées.



Matière active	Produit commercial utilisé	Fréquence de quantification
Carbétamine	Légurame PM	2 / 2
Métazachlore	Novall, Springbok	2 / 3
Dimethenamid-p	Springbok	1 / 1
Napropamide	Colzor Trio	1 / 2
Propyzamid	Kerb Flo	1 / 3

Les matières actives des produits suivants ne sont pas retrouvées dans nos dispositifs au cours des 7 années de travaux :

- Anti-graminées céréales : Attribut, Baghera, Célio, Oklar, Quasar
- Anti-dicots céréales : Bofix, Kart, Optica Trio, Kart, 2.4D
- Anti-graminées colza : Agil, Fuzilade, Pilot
- Anti-dicot colza : Brassix, Chrono, Axter, Lontrel

### ▲ Cas du glyphosate

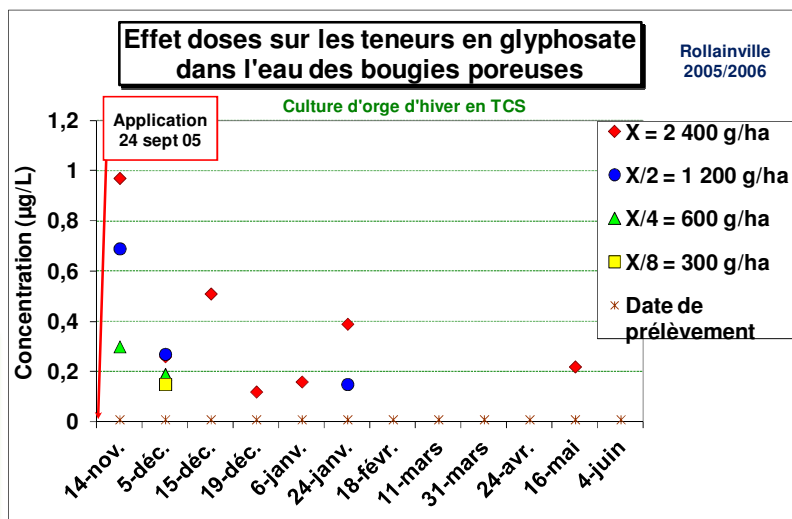
Si le glyphosate a un coefficient de partage sol-eau élevé (ce qui lui confère un fort pouvoir d'adsorption aux molécules du sol), sa solubilité est telle que c'est une des molécules les plus présentes dans l'eau.

Sur les sites bougies poreuses, il a été appliqué dans 14 situations avant implantation de la culture. Il y est quantifié dans 43% de ces situations à des concentrations variant de 0.1µg/L à 0.55µg/L, selon la dose d'application, le travail du sol. Notons cependant que les performances analytiques évoluent et permettent d'une part, une meilleure quantification des produits et d'autre part de retrouver des produits non détectés auparavant.

Aussi depuis le début des expérimentations, la quantification du glyphosate est passée de 0.1µg/L à 0.01µg/L, ce qui conduit à une sous-estimation de ces premiers résultats.

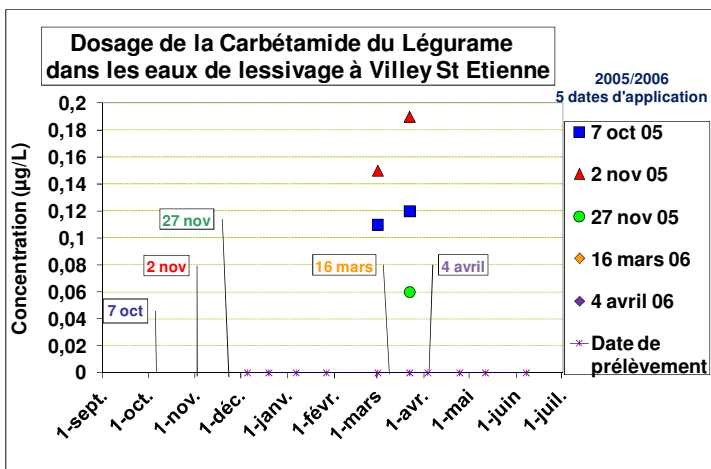
Dans la majorité des situations où il est détecté, le glyphosate est présent dès les premières périodes de drainage et on le retrouve couramment tout au long de l'hiver.

Le graph ci-contre présente l'effet dose observé à Rollainville en 2005/06 pour une application de glyphosate avant orge d'hiver le 24 septembre



## Effet de la date et de la dose d'application

Les conditions pédoclimatiques au moment de l'application jouent un rôle essentiel sur le transfert des herbicides. La pluviométrie dans les semaines suivant l'application, mais également les températures influencent le comportement du sol et donc la dégradation ou la libération des molécules dans le milieu. Sur sol sec, le facteur déterminant du transfert est avant tout la capacité du produit à être retenue par le milieu. Sur sol humide, il s'agit davantage de leur solubilité et de leur durée de demi-vie.

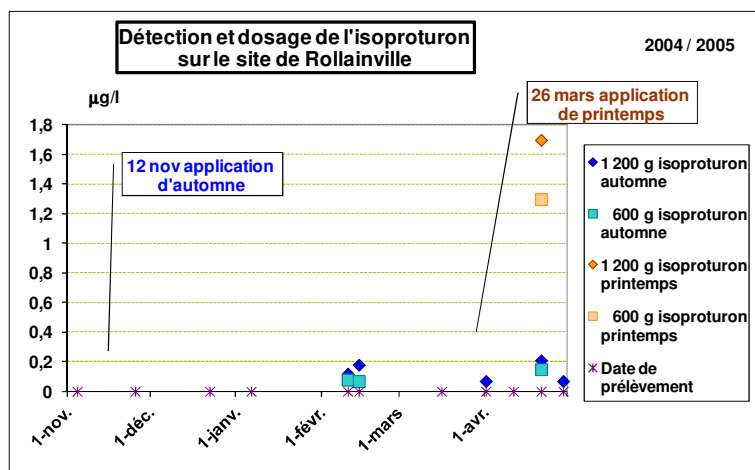


A Villey St Etienne en 2005/06 (ci-contre) seuls les dosages de carbétamide de l'automne sont quantifiés et on observe des différences de concentration en fonction de la date d'application (on dispose de 5 micro-parcelles pour 5 dates d'application différentes) : pour le dosage du 1er avril, la concentration dans l'eau pour l'application du 2 novembre est de  $0,19\mu\text{g/L}$  contre  $0,06\mu\text{g/L}$  pour l'application du 27 novembre.

A Rollainville en 2004/05 (ci-dessous), c'est l'inverse que l'on observe avec des concentrations d'isoproturon plus importantes pour l'application de printemps que pour celle d'automne.

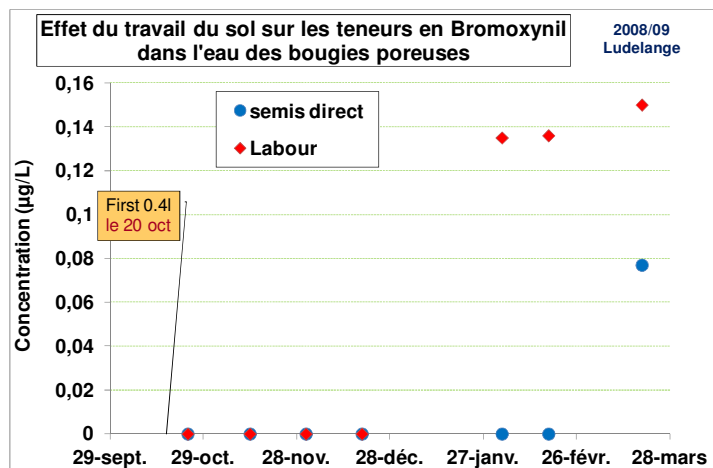
La dose d'application est un des facteurs principaux expliquant la présence des matières actives dans l'eau. La plupart des molécules retrouvées sont des molécules appliquées à fort grammage/ha. La réduction de dose, à condition de conserver l'efficacité technique recherchée, peut être un outil pour limiter les transferts.

Comme pour le glyphosate, les résultats de Rollainville, notamment sur l'application de printemps montrent l'effet de la réduction de dose sur les concentrations d'isoproturon.



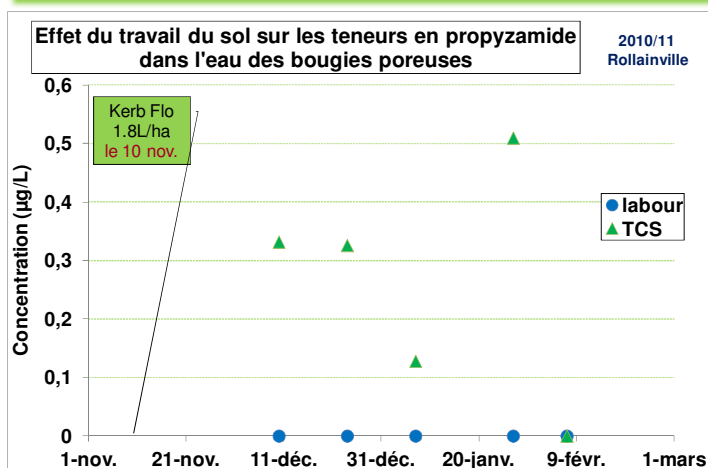
## Effet du travail du sol

L'impact du travail du sol est variable selon le type de molécule et le type de sol. En effet, les résultats mettent en évidence un effet parfois positif, parfois négatif, parfois nul de la réduction du travail du sol sur les transferts d'herbicides.



En 2008/09 à Ludelage, le bromoxynil provenant d'une application de First 0.4L/ha le 20 octobre se retrouve dans les eaux à partir du 6 février sous labour et seulement à partir du 28 mars sous semis-direct et à une concentration deux fois inférieure au labour.

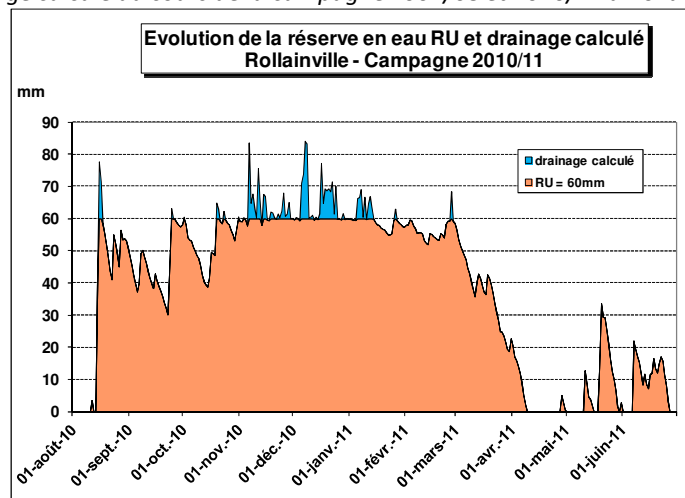
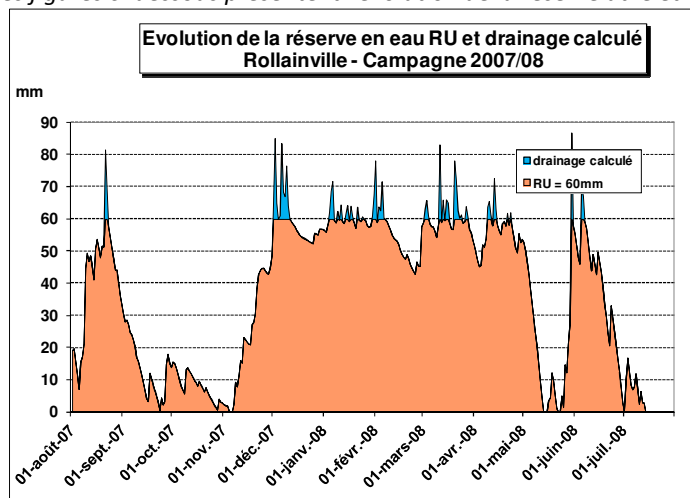
A Rollainville en 2010/11, les concentrations de propyzamide liées à l'application de Kerb Flo 1.8L/ha le 10 novembre sont relativement élevées en techniques simplifiées (TCS) et nulles sous labour.



## Des résultats à relier à la lame drainante

Les transferts de produits et leur concentration dans l'eau sont liés aux types de précipitations et aux quantités d'eau drainées par le sol. En fonction de la réserve utile, des conditions climatiques (précipitations et évapotranspiration) et de la culture présente, cette quantité varie au cours de la campagne et varie chaque campagne.

Les figures ci-dessous présentent l'évolution de la réserve utile et le drainage calculé au cours de la campagne 2007/08 et 2010/11 à Rollainville.



En 2010 comme en 2007, on note un pic de drainage fin août, qui suit des périodes orageuses. Le drainage hivernal commence réellement début novembre et se termine très tôt fin janvier avec les faibles précipitations de la fin d'hiver 2011. En 2007, le drainage commence plus tardivement fin novembre, mais se poursuit jusque fin avril et même en juin. Au total, la campagne 2007/08 a vu une lame drainante d'août 07 à juillet 08 de 478 mm contre 329 mm lors de la campagne 2010/11.

Selon les années et les sites, les périodes et quantités d'eau de drainage varient comme on peut l'observer ci-après :

### Rollainville – RU = 60mm

	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11
Culture	BLE	ORGE HIVER	COLZA	BLE	BLE	ORGE HIVER	COLZA
date de début de drainage	27-oct	24-nov	02-oct	01-déc	21-oct	09-nov	06-nov
date de fin de drainage	27-févr	30-mars	29-mars	14-avr	27-mars	27-févr	26-janv
Quantité drainée (mm)	en fin été (1er août - 30 sept.)	0	20	30	17	0	32
	durant automne-hiver (1er oct. - 31 mars)	224	270	448	278	292	326
	au printemps-début d'été (1er av. - 31 juil.)	7	2	0	75	15	0
<b>Drainage annuel (août - juillet)</b>	<b>231</b>	<b>272</b>	<b>468</b>	<b>383</b>	<b>271</b>	<b>292</b>	<b>358</b>

### Villey St Etienne – RU = 120mm

	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11
Culture	BLE	COLZA	BLE	BLE	COLZA	BLE	ORGE HIVER
date de début de drainage	01-nov	24-nov	01-oct	21-nov	26-oct	23-nov	01-oct
date de fin de drainage	20-févr	30-mars	30-mars	21-avr	10-mars	27-févr	26-févr
Quantité drainée (mm)	en fin été (1er août - 30 sept.)	0	30	32	1	0	13
	durant automne-hiver (1er oct. - 31 mars)	167	207	356	214	216	302
	au printemps-début d'été (1er av. - 31 juil.)	10	0	0	33	0	0
<b>Drainage annuel (août - juillet)</b>	<b>177</b>	<b>207</b>	<b>386</b>	<b>279</b>	<b>217</b>	<b>236</b>	<b>315</b>

Ces résultats d'expérimentation seront complétés par les expérimentations du programme eau/bjectif 2015. Ce programme est réalisé sous la maîtrise d'ouvrage de la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine avec la collaboration de l'INRA de Mirecourt et des Chambres Départementales d'Agriculture. Il a pu être mené grâce aux agriculteurs chez qui sont mis en place les essais et avec le concours financier de :



TERRES d'AVENIR

