

**Suivi lysimétrique de la lixiviation de l'azote  
nitrique et expérimentation en matière de  
fertilisation azotée et de successions culturales  
en cultures industrielles légumières**

**Visa 3523/4**

**RAPPORT INTERMEDIAIRE**

*Février 2012*



Ce document doit être mentionné comme suit :

Deneufbourg M.<sup>1</sup>, Vandenberghe C.<sup>1</sup>, Heens B.<sup>2</sup>, Marcoen J.M.<sup>1</sup> (2012) Suivi lysimétrique de la lixiviation de l'azote nitrique et expérimentation en matière de fertilisation azotée et de successions culturales en cultures industrielles légumières. Rapport intermédiaire, février 2012. Convention Service Public de Wallonie n° 3523/4. Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech. 97p.

Le Comité d'Accompagnement est composé de :

- un représentant du Ministre de la Région wallonne ayant l'agriculture dans ses compétences;
- un représentant de la Direction générale Opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement – direction du développement rural;
- deux représentants de la cellule GRENeRA (ULg – GxABT – Unité de Science du Sol) qui assurent le secrétariat du Comité de projet;
- un représentant de l'asbl CPL Végémar;
- un représentant du Service Agronomique de Hesbaye Frost s.a;
- un représentant de l'asbl Nitrawal;
- un représentant de l'asbl EPUVALEAU à titre d'expert hydrologique ;
- trois agriculteurs dont les parcelles sont équipées d'un lysimètre ;
- des spécialistes éventuellement désignés par le Ministre.

---

<sup>1</sup> Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech – Unité de Science du Sol – Groupe de Recherche Environnement et Ressources Azotées (GRENeRA)

<sup>2</sup> Services Agricoles de la province de Liège - Centre Provincial Liégeois des Productions Végétales et Maraîchères ASBL

## TABLE DES MATIÈRES

<b>TABLE DES MATIÈRES .....</b>	<b>2</b>
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>7</b>
1.1 CONTEXTE DE L'ETUDE .....	7
1.2 HISTORIQUE DU PROJET .....	8
<b>2 PROGRAMME DE TRAVAIL ET OBJECTIFS.....</b>	<b>11</b>
<b>3 MATERIEL ET METHODE.....</b>	<b>13</b>
3.1 DESCRIPTION DES SITES RETENUS.....	13
3.2 METHODOLOGIE APPLIQUEE AUX ESSAIS MENES SUR SITES LYSIMETRIQUES .....	14
3.3 METHODOLOGIE APPLIQUEE AUX ESSAIS HORS SITES LYSIMETRIQUES .....	16
3.4 METHODOLOGIE POUR LE CALCUL DE LA FUMURE AZOTEE SUR LES ESSAIS.....	18
<b>4 CONTEXTE CLIMATIQUE.....</b>	<b>20</b>
<b>5 DONNEES D'IRRIGATION .....</b>	<b>23</b>
<b>6 EXPERIMENTATIONS ET RESULTATS .....</b>	<b>24</b>
6.1 GROSSE PIERRE CHEMIN DE FER .....	24
6.1.1 2011 : pomme de terre .....	24
6.1.2 2012 : froment .....	26
6.1.3 Analyse des percolats .....	27
6.1.4 Graphique récapitulatif.....	28
6.2 GROS THIER BOVENISTIER .....	30
6.2.1 2011 : haricot.....	30
6.2.2 2012 : betterave.....	32
6.2.3 Analyse des percolats .....	33
6.2.4 Graphique récapitulatif.....	34
6.3 PL1 .....	36
6.3.1 2011 : froment + CIPAN.....	36
6.3.2 2012 : carotte .....	37
6.3.3 Analyse des percolats .....	38
6.3.4 Graphique récapitulatif.....	39
6.4 PL3 .....	41
6.4.1 2011 : froment + CIPAN.....	41
6.4.2 2012 : haricot.....	42
6.4.3 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles .....	43
6.4.4 Graphique récapitulatif.....	44
6.5 SOLE 4.....	46
6.5.1 2011 : pépinière de pommiers et de poiriers.....	46
6.5.2 2012 : pépinière de pommiers et poiriers .....	48
6.5.3 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles .....	48
6.5.4 Graphique récapitulatif.....	49
6.6 HAUTE BOVA .....	51
6.6.1 2011 : froment .....	51
6.6.2 2012 : pois.....	51
6.6.3 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles .....	52
6.6.4 Graphique récapitulatif.....	53

---

6.7	PARCELLES NON-EQUIPEES D'UN LYSIMETRE .....	55
6.7.1	<i>Forville : carotte</i> .....	55
6.7.2	<i>Berloz : fève des marais – épinard d'automne</i> .....	57
6.7.3	<i>Jeneffe : pois</i> .....	60
<b>7</b>	<b>BILAN FINANCIER</b> .....	<b>62</b>
7.1	IMPACT DE LA REDUCTION DE FERTILISATION AZOTEE .....	62
7.2	COUT DE L'IMPLANTATION DE CIPAN .....	64
<b>8</b>	<b>CONTRIBUTION DE LA S.A. HESBAYE FROST</b> .....	<b>66</b>
8.1	ESSAI DE FERTILISATION EN EPINARD D'HIVER.....	66
8.2	SUIVI DE LA MINERALISATION DE L'AZOTE EN EPINARD DE PRINTEMPS .....	70
8.3	APL EN CULTURE DE HARICOT .....	73
<b>9</b>	<b>VULGARISATION DU RETOUR D'EXPERIENCE</b> .....	<b>75</b>
9.1	ORGANISATION D'UNE VISITE DE TERRAIN .....	75
9.2	ORGANISATION D'UNE CONFERENCE DE RESTITUTION DES ENSEIGNEMENTS DE L'ETUDE .....	76
9.3	DIFFUSION DANS LA PRESSE SPECIALISEE D'UN ARTICLE DE SYNTHESE.....	76
<b>10</b>	<b>CONTAMINATION DE L'EAU PAR LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES</b>	<b>77</b>
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>79</b>
<b>12</b>	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>81</b>
	<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>83</b>

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1. Profondeurs racinaires prises en compte pour le calcul du conseil de fumure .....	19
Tableau 2. Données météo mensuelles à la station de mesure de Geer en 2011 .....	20
Tableau 3. Irrigations sur les parcelles suivies en 2011 .....	23
Tableau 4. Reliquats azotés (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha) sur la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer (pomme de terre) -2011 .....	24
Tableau 5 : Parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate (saisons de drainage 2010-2011 et 2011-2012 partielle) .....	27
Tableau 6. Reliquats azotés (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha) sur le parcellaire expérimental de la parcelle Gros Thier Bovenistier (haricot) - 2011 .....	30
Tableau 7. Rendements et rapports grain/gousse obtenus sur l'essai de la parcelle Gros Thier Bovenistier (haricot) - 2011 .....	31
Tableau 8. APL (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha) sur le parcellaire expérimental de la parcelle Gros Thier Bovenistier (haricot) - 2011 .....	31
Tableau 9 : Parcelle Gros Thier Bovenistier, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate (saisons de drainage 2010-2011 et 2011-2012 partielle) ..	33
Tableau 10. Reliquats azotés (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha) sur le parcellaire expérimental de PL1 (froment + CIPAN) - 2011 .....	37
Tableau 11 : Parcelle PL1, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate (saisons de drainage 2010-2011 et 2011-2012 partielle).....	38
Tableau 12. Reliquats azotés (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha) sur le parcellaire expérimental de PL3 (froment + CIPAN) - 2011 .....	42
Tableau 13. Parcelle PL3, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate (saisons de drainage 2010-2011 et 2011-2012 partielle).....	43
Tableau 14. Reliquats azotés (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha) sur dans la parcelle Sole 4 (pépinière de pommiers et poiriers) - 2011.....	47
Tableau 15 : Parcelle sole 4, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate (saisons de drainage 2010-2011 et 2011-2012 partielle).....	48
Tableau 16. APL (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha) sur la parcelle Haute Bova (froment + moutarde) - 2011 .....	51
Tableau 17. Parcelle Haute Bova, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate (saisons de drainage 2010-2011 et 2011-2012 partielle).....	52
Tableau 18. Reliquats azotés (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha) mesurés dans la parcelle Forville – carotte en 2011.....	55
Tableau 19. Rendements et qualité de récolte obtenus sur la parcelle Forville – carotte en 2011 .....	56
Tableau 20. Reliquats azotés (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha) mesurés dans la parcelle Berloz – fève des marais en 2011 .....	57
Tableau 21. Rendements et qualité de récolte obtenus sur la parcelle Berloz en fève des marais en 2011 .....	57
Tableau 22. Reliquats azotés (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha) mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle Berloz en épinards d'automne en 2011.....	58
Tableau 23. Reliquats azotés (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha) mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle Berloz après épinards d'automne en 2011 .....	58
Tableau 24. Rendements et qualité de récolte obtenus sur la parcelle Berloz en épinard d'automne en 2011 .....	59

Tableau 25. Reliquats azotés (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha) mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle Jeneffe – pois en 2011 .....	60
Tableau 26. Résultats des essais sur sites lysimétriques en 2011 en termes de rendement et de bilan financier (€/ha).....	63
Tableau 27. Résultats des essais hors sites lysimétriques en 2011 en termes de rendement et de bilan financier (€/ha).....	63
Tableau 28. Impact financier estimé de l'implantation des CIPAN sur les essais 2011 ..	65
Tableau 29. Résultats de l'essai en épinard d'hiver (essai Hesbaye Frost).....	67
Tableau 30. Résultats du suivi de la minéralisation en épinard d'hiver (essai Hesbaye Frost) .....	68
Tableau 31. Synthèse des résultats de l'essai en épinard d'hiver (essai Hesbaye Frost) .	69
Tableau 32. Pluviométrie mesurée sur l'essai en épinard de printemps.....	71
Tableau 33. Résultats du suivi de la minéralisation en épinard de printemps.....	72
Tableau 34. Synthèse des résultats du suivi de la minéralisation en épinard de printemps .....	72
Tableau 35. Données utiles au suivi APL sur 10 parcelles en haricot en 2011 .....	73

Figure 1. Carte de localisation des lysimètres PL1, PL3 et Sole 4 .....	13
Figure 2. Carte de localisation des lysimètres Grosse Pierre Chemin de Fer, Gros Thier Bovenistier et Haute Bova .....	14
Figure 3. Exemple de parcellaire expérimental sur une parcelle équipée d'un lysimètre .....	16
Figure 4. Exemple de parcellaire expérimental pour un essai de fertilisation sur une parcelle sans lysimètre .....	17
Figure 5. Exemple de parcellaire expérimental pour un essai CIPAN sur une parcelle sans lysimètre (SN = sol nu ; SC = sol couvert) .....	18
Figure 6. Précipitations et températures moyennes mensuelles à la station de mesure de Geer en 2011 .....	21
Figure 7. Pluviométrie, évapotranspiration potentielle et déficit hydrique (mm/mois) en 2011 à Geer .....	22
Figure 8. Reliquats azotés mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle Chemin de Fer et APL de référence 2011 en pomme de terre.....	25
Figure 9. Synthèse des mesures et observations, parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer	29
Figure 10. Reliquats azotés mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle Gros Thier Bovenistier et APL de référence 2011 en légumes .....	32
Figure 11. Synthèse des mesures et observations, parcelle Gros Thier Bovenistier .....	35
Figure 12. Reliquats azotés mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle PL1 et APL de référence 2011 en céréales avec CIPAN .....	37
Figure 13. Synthèse des mesures et observations, parcelle PL1.....	40
Figure 14. Reliquats azotés mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle PL3 et APL de référence 2011 en céréales avec CIPAN .....	42
Figure 15. Synthèse des mesures et observations, parcelle PL3.....	45
Figure 16. Synthèse des mesures et observations, parcelle Sole 4.....	50
Figure 17. Synthèse des mesures et observations, parcelle Haute Bova.....	54
Figure 18. Reliquats azotés mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle Jeneffe et APL de référence 2011 en légumes.....	61
Figure 19. Parcellaire expérimental en épinard d'hiver (essai Hesbaye Frost) .....	67

<b>Figure 20. Pluviométrie et tensiométrie dans l'essai de fertilisation en épinard d'hiver</b> .....	<b>68</b>
<b>Figure 21. Comparaison des températures du sol dans les essais de fertilisation en épinard d'hiver</b> .....	<b>69</b>
<b>Figure 22. Parcelle expérimentale de l'essai de suivi de la minéralisation en épinard de printemps</b> .....	<b>71</b>
<b>Figure 23. Résultats du suivi APL sur 10 parcelles en haricot en 2011</b> .....	<b>74</b>
<b>Figure 24. Classement des sites de contrôle de la qualité des eaux souterraines en fonction des pesticides en Région wallonne.....</b>	<b>77</b>

---

## 1 Introduction

Ce rapport présente les résultats intermédiaires obtenus dans le cadre de l'étude intitulée « **Suivi lysimétrique de la lixiviation de l'azote nitrique et expérimentation en matière de fertilisation azotée et de successions culturales en cultures industrielles légumières** ». Cette subvention (réf. 3523/4) a été allouée par le Service Public de Wallonie (DGO3) à la cellule GRENeRA (Unité de Science du Sol – Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech) en collaboration avec l'ASBL Epuvaleur et l'ASBL Centre Provincial Liégeois des Productions Végétales et Maraîchères (CPL Végémar), pour une période de 2 ans (1<sup>er</sup> juillet 2010 – 30 juin 2012).

Cette subvention poursuit les travaux réalisés dans le cadre de trois précédentes conventions ; celles-ci concernaient :

- pour la période du 1<sup>er</sup> mars 2003 au 28 février 2005 : la « **Mise en place d'un suivi lysimétrique afin de vérifier la pertinence des normes d'épandage et Azote Potentiellement Lessivable (APL) de référence du Programme de Gestion Durable de l'Azote (PGDA) en région wallonne** » (réf. 3523/1) allouée par la Région wallonne à l'ASBL Epuvaleur, en partenariat avec GRENeRA et l'ASBL Centre Maraîcher de Hesbaye;
- pour la période du 1<sup>er</sup> mars 2005 au 31 mai 2007 : le « **Suivi lysimétrique de l'azote nitrique dans le cadre du Programme de Gestion Durable de l'Azote (PGDA) en agriculture** » (réf. 3523/2) allouée par la Région wallonne à l'ASBL Epuvaleur, en partenariat avec GRENeRA et l'ASBL Centre Maraîcher de Hesbaye ;
- pour la période du 1<sup>er</sup> janvier 2008 au 30 juin 2010 : l' « **Adaptation des pratiques agricoles en fonction des exigences de la Directive Nitrates et la validation des résultats via le suivi lysimétrique de la lixiviation de l'azote nitrique** » (réf. 3523/3) allouée par le Service Public de Wallonie à GRENeRA, en partenariat avec l'ASBL Epuvaleur et l'ASBL CPL Végémar.

### 1.1 Contexte de l'étude

Comme dans de nombreuses régions d'Europe, depuis plusieurs décennies, les teneurs en nitrate ne cessent d'augmenter dans les nappes phréatiques wallonnes. Sur la période 2005 – 2008, 18% des sites de surveillance situés en zones vulnérables présentaient une concentration moyenne en nitrate dans l'eau brute supérieure à 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l, valeur définie comme limite de potabilité par l'OMS (Cellule Etat de l'Environnement Wallon, 2010). Les niveaux de concentration semblent cependant s'être stabilisés depuis 2 ou 3 ans.

Le rapport final de la convention « Programme Action Hesbaye » (Dautrebande et al, 1996) a clairement montré qu'à côté de l'agriculture, les secteurs industriel et domestique avaient également un impact sur la qualité des eaux souterraines. Des améliorations sont également en cours dans la gestion des eaux résiduaires issues de ces deux secteurs (traitement tertiaire).

La surveillance de la qualité des eaux est organisée au travers du « Survey Nitrate » qui est constitué de plusieurs centaines de points d'observations répartis dans les eaux de surface (rivières) et souterraines en région wallonne. Le « Survey Nitrate », tel qu'il est réalisé, présente une vue d'ensemble de l'état (en terme de concentration en nitrate) des eaux souterraines mais ne permet pas de distinguer l'impact d'une politique environnementale mise en place dans l'un ou l'autre secteur d'activité. De plus, le contexte géo-pédologique de certaines régions (en particulier la Hesbaye) est tel que les résultats sur la qualité de l'eau

souterraine du Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture ne seront mesurables que dans une dizaine d'années ou plus. Le transit des ions lixiviés dans la zone vadose (entre sol superficiel et aquifère saturé) constitue donc la véritable « inconnue » du système.

Pour lever partiellement cette inconnue, six lysimètres ont été mis en place en 2003 et sont exploités depuis sur des parcelles agricoles en Hesbaye, région à vocation principalement légumière. Ces lysimètres constituent un outil qui permet un suivi quantitatif de la lixiviation du nitrate au-delà de la zone racinaire. Cette quantification de la lixiviation de l'azote nitrique a le double but de fournir rapidement et de manière ciblée au secteur agricole une assurance quant à la pertinence des normes et des valeurs d'APL de référence et de permettre de vérifier l'adéquation entre ces valeurs de référence, les conseils de fumure et l'objectif de préservation de la qualité des eaux.

Parallèlement au suivi quantitatif de la lixiviation du nitrate, une série d'essais menés depuis 2008 à l'aplomb des lysimètres vise à tester l'impact d'une réduction du conseil de fertilisation azotée sur les rendements, les APL et les concentrations en nitrate dans l'eau qui percole sous la zone racinaire.

## *1.2 Historique du projet*

*Nous renvoyons aux rapports d'activités finaux (Fonder et al., 2005 ; Fonder et al., 2007 ; Deneufbourg et al., 2010b) des trois études précédentes pour l'ensemble des résultats, interprétations et conclusions.*

Depuis 2003, la lixiviation du nitrate sous la zone racinaire est suivie dans six parcelles situées dans la région limoneuse de Hesbaye. Ces parcelles font partie du Survey Surfaces Agricoles, réseau de 34 fermes représentatives pour leur gestion raisonnée de l'azote et dans lesquelles les valeurs d'APL de référence sont établies. Cinq lysimètres sont implantés dans un périmètre d'irrigation de cultures légumières industrielles en rotation avec les grandes cultures classiques (froment, betterave, pomme de terre) et un sixième lysimètre est implanté hors périmètre d'irrigation.

**Le premier volet de l'étude (mars 2003 - février 2005)** a permis de mettre en place les lysimètres, suite à une recherche bibliographique et des visites de systèmes lysimétriques déjà installés. Ces recherches ont permis de faire le point sur les différents systèmes lysimétriques, leurs nécessités en matière de conception et de fonctionnement, ainsi que leurs avantages et inconvénients inhérents. De par les impositions de la subvention, les objectifs de recherche, les limites techniques et financières, deux systèmes lysimétriques ont été retenus, un système en sol remanié et un système en sol non remanié. Il a été décidé que trois lysimètres seraient installés en système sol remanié, et les trois autres en système sol non remanié. Tous sont installés en plein champ, dits *in situ*, sous conditions agricoles réelles et sans gêne pour les opérations culturales. La méthodologie d'échantillonnage a été mise en place au cours de ce volet de l'étude et un test sur la conservation des échantillons a été mené.

Tous les lysimètres sont entrés en phase de percolation au cours de la seconde période hivernale (2004 – 2005), moyennant une mise à saturation par remontée capillaire pour deux d'entre eux. Les premières observations obtenues par ce suivi lysimétrique en conditions réelles d'exploitation ont permis de dégager quelques grands points. Les rotations classiques betterave – céréale donnent des eaux de percolation faiblement concentrées en nitrate (< 50 mg/l). L'introduction d'une culture légumière dans cette rotation induit une augmentation des teneurs en nitrate migrant en profondeur (de 50 à 100 mg/l). Une bonne gestion de la fertilisation et l'implantation de CIPAN permettent d'atténuer le phénomène. Par contre,

malgré l'implantation de CIPAN et une gestion fractionnée de l'azote, les rotations légumières successives de cultures fortement exigeantes en azote alternées avec d'autres fixatrices d'azote atmosphérique donnent des concentrations en nitrate dans l'eau de percolation particulièrement élevées (> 100 mg/l), préjudiciables dans les zones qualifiées de vulnérables en matière de protection des eaux souterraines.

Au cours du **deuxième volet de l'étude (mars 2005 – mai 2007)**, les mesures, observations, prélèvements et récolte de données se sont poursuivis. Il est ressorti que deux lysimètres, installés partiellement dans la nappe, captent celle-ci lors de fortes remontées hivernales; lors de ces remontées, l'écoulement de ces deux lysimètres est stoppé à l'aide de vannes pour éviter le drainage de la nappe. Les sites lysimétriques non influencés par une remontée de nappe en surface percolent de quelques pourcents à 30% de la pluviométrie totale enregistrée lors de toutes les saisons. Cette gamme correspond au pourcentage de la pluviométrie totale qui s'infiltré (Dautrebande et al., 1996). Cela témoigne du bon fonctionnement des lysimètres, étant de moins en moins sensibles aux perturbations dues à l'installation.

On a pu observer durant cette période que, outre les bonnes pratiques de gestion telles le fractionnement azoté, l'implantation de CIPAN en interculture et la couverture hivernale du sol, les rotations et successions culturales semblent avoir un impact prépondérant sur la qualité des eaux observée dans les lysimètres.

Au terme de ces quatre années, il apparaît en première approximation qu'il existe une correspondance entre le reliquat azoté mesuré dans le sol (exprimé en kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha) en novembre et la concentration moyenne en nitrate (exprimée en mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l) de l'eau récoltée à l'exutoire des lysimètres. Le temps de réponse (reliquat – concentration) est de l'ordre de 6 à 18 mois en fonction des conditions de la parcelle (conditions culturales et climatiques). Ainsi, en plus de sa qualité d'indicateur de la (bonne) gestion de l'azote, il apparaît, grâce aux observations réalisées dans les lysimètres au cours de cette période, que l'APL est également un bon indicateur de la qualité de l'eau de percolation.

Au cours du **troisième volet de l'étude (janvier 2008 – juin 2010)**, des essais mis en place à l'aplomb des lysimètres ont permis de tester l'impact d'une réduction des conseils de fertilisation sur les rendements, les reliquats azotés et les teneurs en nitrate dans l'eau de percolation récoltée à 2m de profondeur. Les mesures, observations, prélèvements et récoltes de données dans les eaux de percolation se sont poursuivis durant cette période. Un lysimètre a également été déplacé en raison de son mauvais fonctionnement dû à un emplacement qui, à l'usage, s'est révélé inapproprié. Ce lysimètre a été réimplanté sur une parcelle recevant des apports de matière organique plus fréquents que sur les autres parcelles suivies. Les résultats dans ce lysimètre permettront de mieux cerner le devenir de l'azote dans un contexte d'apports organiques réguliers.

Les résultats des essais menés au cours de cette période ont été comparés à ceux de deux autres expérimentations menées sur des cultures légumières en région wallonne (Fonder et al., 2010a ; Renard et al., 2007) et ont permis de proposer des modifications de pratiques en matière de fertilisation azotée pour plusieurs cultures légumières ; ces essais ont également permis de proposer des recommandations en termes de rotations et de successions culturales.

Un autre enseignement de ces essais en Hesbaye est l'importance de la date du prélèvement de sol effectué en vue d'établir le conseil de fumure. Durant ces essais, les conseils de fumure ont été établis sur base de prélèvements effectués après le semis, afin de tenir compte d'une reprise de minéralisation parfois importante dans le cas d'un affinage important du sol (cas des carottes par exemple), de températures importantes et/ou d'apport préalable de matière organique. Il a ainsi été possible d'apporter la fumure minérale au moment où la plante en

avait réellement besoin. Par contre, comme cela a été observé sur deux parcelles au cours de l'essai, un conseil calculé sur base d'un profil établi trop tôt dans la saison augmentera le risque de surestimation du conseil par sous-estimation de la minéralisation.

**En conclusion**, les lysimètres installés depuis 2003 en Hesbaye remplissent leur fonction d'outil de suivi de la lixiviation de l'azote nitrique. Ils récoltent la fraction de la pluviométrie qui migre vers les horizons profonds et permettent d'en faire un suivi qualitatif et quantitatif. Les lysimètres ont également montré que l'indicateur environnemental APL donne une tendance correcte sur la quantité de nitrate qui sera présente l'année suivante dans les eaux de percolation à une profondeur où il ne sera pas récupérable par la culture suivante. Les valeurs mesurées en termes de lixiviation d'azote nitrique montrent la nécessité et la pertinence des normes d'épandage et du code de bonnes pratiques agricoles. Par ailleurs, l'outil lysimétrique a clairement mis en évidence que le respect de la qualité des eaux de percolation sous les terres agricoles doit être approché par une gestion intégrée et globale des rotations et successions culturales complètes, en ce compris les fertilisations raisonnées et CIPAN adaptées à chaque culture présente dans la rotation.

## 2 Programme de travail et objectifs

La poursuite des expérimentations à l'aplomb des lysimètres permettra de mesurer l'impact sur la qualité de l'eau de percolation de la mise en œuvre des modifications de pratiques en matière de fertilisation azotée proposées dans les conclusions de la convention précédente (réf. 3523/3). Les mesures individuelles de rendement et de qualité de la récolte permettront de mesurer l'impact financier des modifications de pratiques proposées.

Le déplacement récent d'un lysimètre vers un contexte d'apports réguliers de matière organique permettra de mieux appréhender les relations entre fertilisation azotée, APL et qualité de l'eau de percolation dans ce contexte particulier.

Par ailleurs, selon les conclusions de la convention précédente (3523/3), il est intéressant de poursuivre l'expérimentation en culture de fève des marais et de carotte pour voir jusqu'où les conseils de fumure peuvent être réduits sans avoir d'incidence négative sur le rendement et/ou la qualité de la récolte. Ces expérimentations sont mises en place en dehors des sites lysimétriques sur des parcelles où les conseils de fumure sont les plus élevés ; c'est-à-dire avec les reliquats azotés en sortie d'hiver les plus faibles. Ces mêmes conclusions relèvent également le problème de la gestion de l'interculture après un haricot surtout si l'implantation d'une céréale d'hiver est prévue à l'automne. L'expérimentation de CIPAN entre un haricot (ou un pois ou une fève) et une céréale d'hiver ainsi que la mesure de l'impact de cette CIPAN sur la céréale d'hiver est également intéressante. Une expérimentation sera donc menée sur ces trois sujets en dehors des parcelles lysimétriques.

Concrètement, le projet est articulé autour de 3 axes.

1. Axe « expérimentation » : l'objectif de l'axe « expérimentation » est de tester l'impact d'une réduction de la fertilisation sur les rendements, les APL et la qualité de l'eau de percolation dans les parcelles équipées d'un lysimètre. L'expérimentation portera sur deux niveaux de fumure : un niveau de fumure qualifié de 'fumure conseil' et un niveau de fumure qualifié de 'fumure conseil réduite' (cf. §3.2). Quatre répétitions par niveau de fertilisation seront mises en place. Les sous-parcelles seront récoltées séparément en vue de la quantification individuelle de leur rendement. Un suivi APL<sup>3</sup> permettra de rendre compte chaque année du risque de lixiviation de l'azote lié à chacun des scénarios testés sur les différentes parcelles.

Par ailleurs, comme dit plus haut, des expérimentations seront menées hors sites lysimétriques sur la fertilisation azotée en culture de fève des marais, de carotte et sur la gestion de l'interculture après haricot (ou fève ou pois).

2. Axe « analyse technico-économique » : l'objectif de cet axe est de chiffrer l'impact économique des modifications apportées aux pratiques culturales de l'agriculteur. Ceci permettra, sur tous les sites d'essais, de mettre en balance les bénéfices environnementaux des scénarios testés avec l'impact économique de ces scénarios. L'axe « analyse technico-économique » implique la récolte séparée des différentes sous-parcelles, en vue de la quantification individuelle de leur rendement.

---

<sup>3</sup> Azote Potentiellement Lessivable : mesure du reliquat en azote nitrique dans le sol (0-90 cm) en début de période de lixiviation du nitrate

3. Axe « vulgarisation » : l'objectif principal de cet axe est la sensibilisation des producteurs de légumes wallons, et surtout du milieu de l'industrie légumière, aux enjeux de la problématique nitrate.

Un objectif sous-jacent est la poursuite et le renforcement de l'information de l'existence en Wallonie d'une plate-forme d'essais permettant l'utilisation d'outils lysimétriques et la diffusion des résultats et enseignements des expérimentations menées sur la fertilisation et les itinéraires culturaux en cultures légumières.

### 3 Matériel et méthode

#### 3.1 Description des sites retenus

Afin d'éviter tout malentendu lors de prises d'informations et de renseignements par les différents intervenants, il a été convenu de nommer les sites selon les noms des parcelles utilisés par les agriculteurs et le CPL Végémar, soit Grosse Pierre Chemin de Fer, Gros Thier Bovenistier, Haute Bova, PL1, PL3 et Sole 4 (Figure 1 et Figure 2).

Les lysimètres sont installés en Hesbaye (Wallonie), au sein de trois fermes faisant partie du « Survey Surfaces Agricoles », réseau de 34 exploitations situées sur le territoire wallon et dans lesquelles près de 240 parcelles sont suivies en matière de gestion de l'azote, dans le but d'établir annuellement les valeurs d'APL de référence (Vandenberghe et al., 2010). Ces parcelles sont également suivies par le CPL Végémar qui contribue notamment à la gestion du périmètre irrigué utilisant les eaux usées de l'usine de surgélation et de conditionnement de légumes Hesbaye Frost s.a. Cinq lysimètres sont implantés dans des parcelles irrigables intégrant des cultures légumières industrielles en rotation avec les grandes cultures classiques et un lysimètre est implanté dans une parcelle non irrigable (Haute Bova) cultivée uniquement de grandes cultures classiques (céréales, betterave, chicorée) avec apport régulier de matière organique.

Les sols caractéristiques de la région sont des limons profonds. Chaque site a été caractérisé d'un point de vue pédologique par un sondage à la tarière, jusqu'à la profondeur de 2m (Fonder et al., 2005).

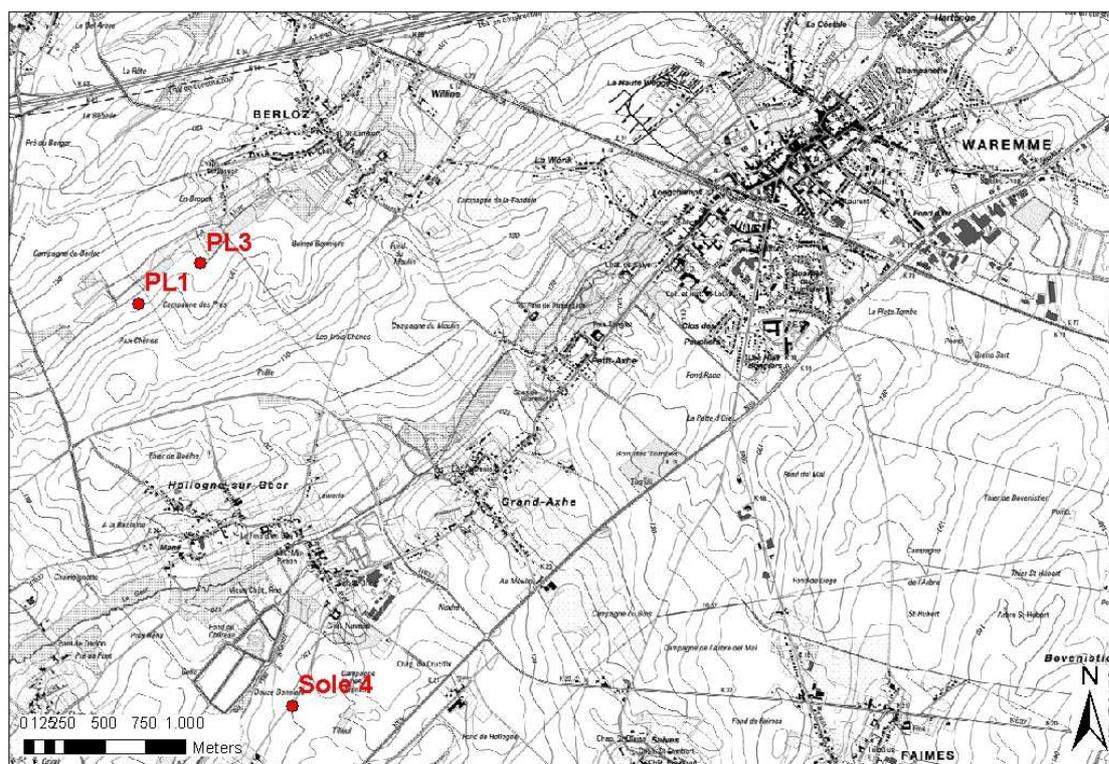


Figure 1. Carte de localisation des lysimètres PL1, PL3 et Sole 4

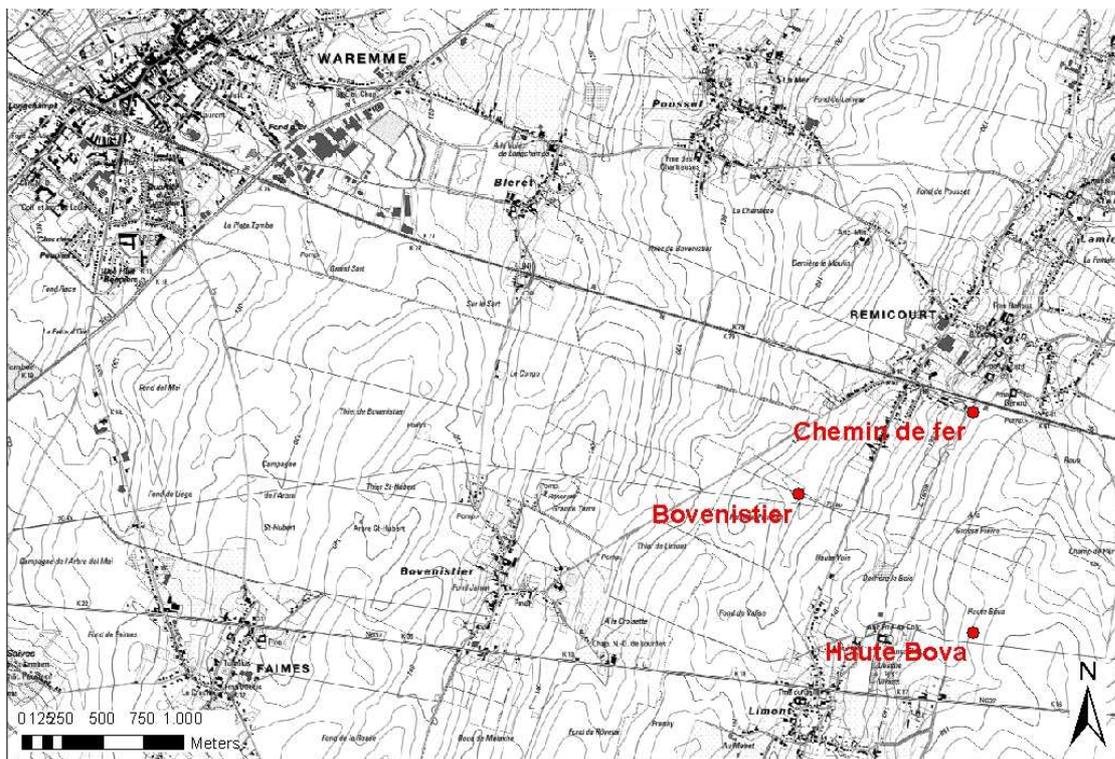


Figure 2. Carte de localisation des lysimètres Grosse Pierre Chemin de Fer, Gros Thier Bovenistier et Haute Bova

### 3.2 Méthodologie appliquée aux essais menés sur sites lysimétriques

Au cours de l'année 2011, quatre des six parcelles équipées d'un lysimètre ont fait l'objet d'un essai portant sur le niveau de fertilisation azotée et/ou la gestion de l'interculture. Les essais mis en place en 2011 sur les parcelles équipées d'un lysimètre sont détaillés ci-dessous.

- Grosse Pierre Chemin de Fer (pomme de terre en 2011 suivie d'un froment) : l'essai a porté sur la gestion de l'interculture. Une moutarde a été semée entre la pomme de terre et le froment sur une partie du parcellaire expérimental.
- Gros Thier Bovenistier (haricot en 2011) : l'essai a porté sur le niveau de fertilisation azotée et la gestion de l'interculture. Le conseil de fumure a été réduit sur une partie du parcellaire expérimental et une moutarde a été semée sur la même partie du parcellaire après récolte du haricot.
- PL1 (froment en 2011) : la méthode de calcul du conseil de fertilisation en froment étant relativement bien maîtrisée (cf. Livre Blanc), l'essai sur cette parcelle a porté sur la gestion de l'interculture, et plus particulièrement sur l'implantation d'une légumineuse. Un mélange de trèfle d'Alexandrie et d'avoine brésilienne a été semé sur une partie du parcellaire expérimental et un trèfle d'Alexandrie a été semé sur l'autre partie du parcellaire.
- PL3 (froment en 2011) : comme pour la parcelle PL1, l'essai a porté sur la gestion de l'interculture, et plus particulièrement sur l'implantation d'une légumineuse. Un mélange de vesce et d'avoine brésilienne a été semé sur une partie du parcellaire expérimental et une avoine brésilienne a été semée sur l'autre partie du parcellaire.

- Sole 4 (pépinière de fruitiers en 2011) : il n’y a pas eu d’essai sur cette parcelle en 2011. Un ray-grass a cependant été semé entre les lignes de plantation afin de reproduire le comportement d’une prairie de fauche (cf. rapport intermédiaire de mai 2011, Deneufbourg et al, 2011).
- Haute Bova (froment en 2011) : il n’y a pas eu d’essai sur cette parcelle en 2011.

L’expérimentation en fertilisation azotée porte sur deux niveaux: un niveau de fumure qualifié de ‘fumure conseil’ établi sur base d’une mesure du reliquat azoté au semis et un niveau de fumure qualifié de ‘fumure conseil réduite’ basé sur une réduction du conseil de fumure pouvant aller jusqu’au niveau "zéro azote". Quatre répétitions par niveau de fertilisation sont mises en place. Chaque micro-parcelle reçoit le même niveau de fumure (‘conseil’ ou ‘conseil’ réduite) chaque année afin de quantifier l’impact d’une réduction de fertilisation à long terme. La sous-parcelle située à l’aplomb du lysimètre reçoit systématiquement le niveau de fumure réduit.

L’expérimentation en matière de successions culturales porte sur la différenciation des itinéraires au cours de l’interculture. Ceci peut se traduire par exemple par la présence ou l’absence de CIPAN après la culture principale ou encore par des essais de légumineuses en mélange. Ici encore, l’itinéraire jugé potentiellement le plus favorable à l’objectif de réduction de la teneur en nitrate de l’eau de percolation est testé sur la sous-parcelle située à l’aplomb du lysimètre. Les CIPAN testées cette année ont été choisies en concertation avec M. de Toffoli<sup>4</sup> compte tenu des conclusions des essais CIPAN qu’il a déjà pu mener par le passé.

Le parcellaire expérimental est constitué de micro-parcelles de 30 à 40 m<sup>2</sup> selon les situations (Figure 3). Le reliquat azoté est mesuré dans chacune des sous-parcelles par la prise d’un échantillon composite composé de huit carottes de sol jusqu’à 90 cm de profondeur, en trois couches de 30 cm.

L’apport d’azote sur le parcellaire expérimental est réalisé par le CPL Végémar ; l’apport d’azote sur l’ensemble de la parcelle, à l’exception du parcellaire expérimental, est réalisé par l’agriculteur sur base des conseils de fumure du laboratoire provincial ou du CPL Végémar.

---

<sup>4</sup> UCL – Earth and Life Institute

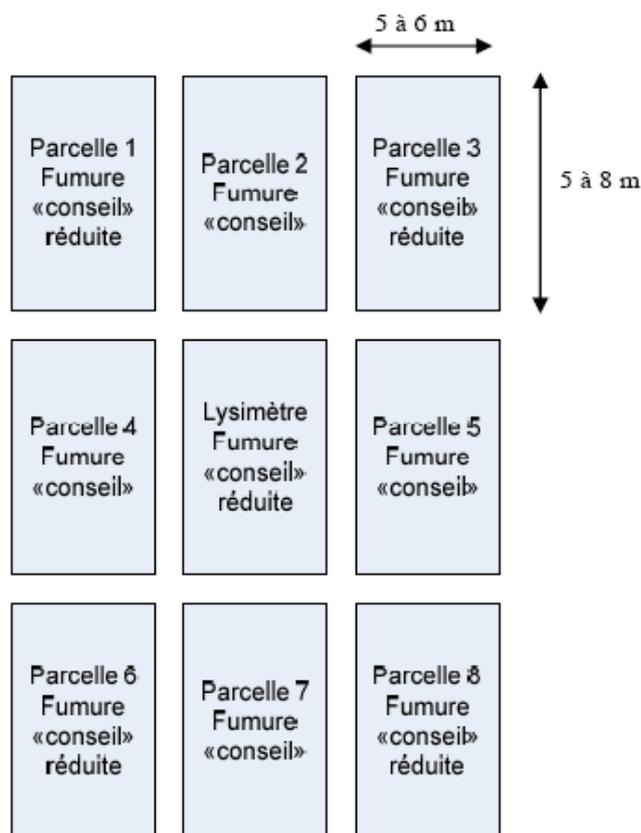


Figure 3. Exemple de parcellaire expérimental sur une parcelle équipée d'un lysimètre

### 3.3 Méthodologie appliquée aux essais hors sites lysimétriques

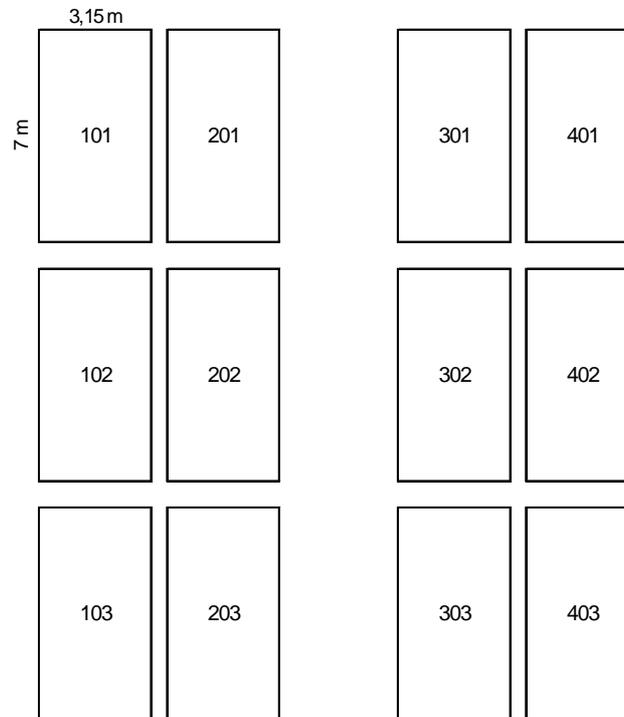
Pour répondre aux objectifs de la convention (cf. §2), trois essais ont été mis en place dans des parcelles qui ne sont pas équipées de lysimètre.

Deux essais concernaient une réduction de la fertilisation azotée en fève des marais et en carotte. Les deux parcelles où ont été implantés ces essais ont été choisies pour leurs faibles reliquats azotés de sortie d'hiver (conseils de fertilisation élevés) afin de pouvoir tester une réduction conséquente du conseil. Trois niveaux de fertilisation ont été testés sur ces essais :

- un niveau de fumure qualifié de 'fumure ancien conseil' qui est calculé selon les anciennes valeurs de besoins forfaitaires, à savoir 120kg N/ha pour la fève des marais et 150kg N/ha pour la carotte;
- un niveau de fumure qualifié de 'fumure nouveau conseil' qui est calculé selon les nouvelles valeurs de besoins forfaitaires, à savoir 70kg N/ha pour la fève des marais et 110kg N/ha pour la carotte. Ces nouvelles valeurs de besoins forfaitaires sont le résultat des recommandations de la convention précédente;
- un niveau 'zéro azote'.

Ces trois niveaux de fumure doivent permettre de valider les nouvelles valeurs de besoins forfaitaires utilisées pour établir les conseils de fumure et de tester s'il est encore possible de réduire ces valeurs.

Le parcellaire expérimental était organisé en blocs aléatoires complets (Figure 4). Il était constitué de douze micro-parcelles de 22 m<sup>2</sup> (quatre répétitions par niveau de fumure qui correspondent aux quatre blocs et trois niveaux de fertilisation qui correspondent aux trois facteurs). Chaque sous-parcelle a été récoltée séparément en vue d'y quantifier les rendements et les reliquats azotés post-récolte.



**Figure 4. Exemple de parcellaire expérimental pour un essai de fertilisation sur une parcelle sans lysimètre**

Le troisième essai hors sites lysimétriques concernait l'implantation d'une CIPAN entre un pois et un froment. Un nyger a été semé sur une partie du parcellaire expérimental après la récolte du pois sur cette parcelle. Le parcellaire expérimental était constitué de huit sous-parcelles de 60 m<sup>2</sup> (Figure 5) organisées en blocs aléatoires complets (quatre répétitions et deux modalités de couverture du sol : sol couvert ou sol nu).

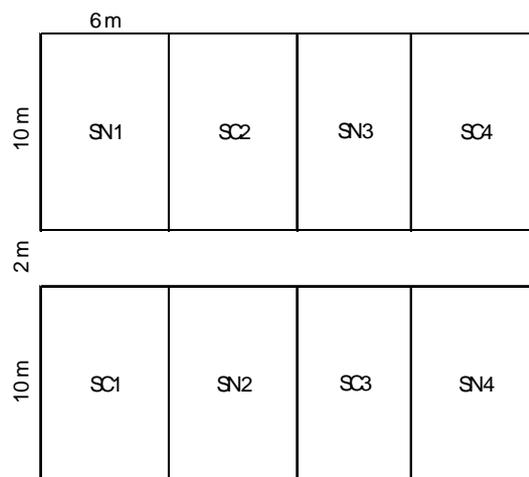


Figure 5. Exemple de parcellaire expérimental pour un essai CIPAN sur une parcelle sans lysimètre (SN = sol nu ; SC = sol couvert)

### 3.4 Méthodologie pour le calcul de la fumure azotée sur les essais

Le calcul de la fumure azotée est basé sur la différence entre les besoins de la culture et les fournitures du sol.

#### Conseil = Besoins – Fournitures

**Besoins:** les besoins sont établis sur base des exportations par la culture mais également sur base des analyses de plante complète (partie exportée et partie restant au champ). Les besoins d'une culture peuvent également varier en fonction des objectifs poursuivis (rendement, qualité, nombre de coupe, stade de la récolte). Signalons que, suite aux recommandations de la convention précédente, les besoins forfaitaires ont été réduits pour la fève des marais (de 120 kg N/ha à 70 kg N/ha) et la carotte (de 150 kg N/ha à 110 kg N/ha). Ces valeurs sont intégrées dans les tableaux de référence de Requasud utilisés pour les conseils de fertilisation (version du 2/5/2011).

**Fournitures:** les fournitures sont liées essentiellement à la minéralisation de l'humus et de la matière organique composée des apports et des résidus de culture. Pour le calcul de la fumure, le bilan englobe également les reliquats azotés disponibles pour la culture c'est-à-dire la différence entre les reliquats mesurés avant culture sur la profondeur racinaire et les reliquats théoriques résiduels après récolte (souvent estimés à 10 kg d'azote par ha sur un horizon de 30 cm).

Les valeurs des éléments du bilan sont reprises dans le classeur Eau-Nitrate publié par Nitrawal (Nitrawal, 2007).

Pour les cultures légumières, la période de calcul du bilan est parfois très courte. C'est pourquoi, la minéralisation de la matière organique est intégrée à la minéralisation de l'humus pour la prise en compte de la minéralisation globale entre l'ouverture et la fermeture du bilan. La minéralisation totale annuelle intègre donc la minéralisation annuelle de l'humus et de la matière organique. Cette minéralisation annuelle de la matière organique prend en compte les apports organiques de l'interculture, la fréquence de ces apports, le précédent cultural et la culture intercalaire. La minéralisation disponible reprise sur les bulletins est la part de la

minéralisation totale annuelle calculée sur la période qui s'étend de la date de prélèvement du sol jusqu'à la date prévisionnelle de récolte.

Cette méthode de calcul de fumure utilisée pour les cultures légumières a également été utilisée pour le calcul de fumure de la betterave sucrière sur la partie expérimentale de cette convention.

Tous les conseils de fumure établis pour l'expérimentation sont repris en annexe. Les bulletins ne reprennent pas la profondeur racinaire de la culture pour la prise en compte des reliquats azotés. Ces profondeurs racinaires par culture sont reprises dans le Tableau 1.

**Tableau 1. Profondeurs racinaires prises en compte pour le calcul du conseil de fumure**

<b>Culture</b>	<b>Profondeur racinaire</b>
Betterave	90 cm
Carotte	60 cm
Chou frisé	60 cm
Epinard	40 cm
Fève des marais	60 cm
Haricot	40 cm
Poireau	60 cm

## 4 Contexte climatique

Les données météorologiques (température minimale, température maximale, température moyenne et précipitations) mesurées à la station météo située sur le site de la s.a. Hesbaye Frost à Geer sont reprises dans le Tableau 2. Le diagramme ombrothermique construit à partir de ces valeurs est présenté dans la Figure 6.

L'hiver 2010 – 2011 a été caractérisé par des valeurs normales de température moyenne mensuelle et de pluviométrie. Le mois de décembre 2010 fût très anormalement<sup>5</sup> froid et marqué par des précipitations principalement sous forme neigeuse.

Le printemps 2011 a été très exceptionnellement chaud et sec. Le mois d'avril est principalement responsable de l'excès de chaleur, avec une température moyenne très exceptionnellement élevée. Les mois de mars et de mai ont connu des déficits de pluviométrie qualifiés respectivement d'exceptionnel et très anormal.

L'été 2011 a été caractérisé par une température moyenne mensuelle qualifiée de normale et un excès très anormal de la pluviométrie. Le mois de juillet a été exceptionnellement doux tandis que le mois d'août a été très anormalement pluvieux.

Enfin, l'automne 2011 a été exceptionnellement chaud et anormalement sec. L'excès de température était qualifié d'anormal en septembre et novembre tandis que le déficit de pluviométrie était qualifié de très exceptionnel en novembre. Le mois de décembre 2011 était par contre très anormalement humide.

En résumé, l'année climatique 2011 a été marquée par une sécheresse printanière avec une remontée précoce (dès le mois d'avril) des températures, un mois d'août humide et un automne doux et sec. Ces conditions ont favorisé une minéralisation importante en début d'automne (septembre – octobre).

**Tableau 2. Données météo mensuelles à la station de mesure de Geer en 2011**

mois	T° min (°C)	T° max (°C)	T° moyenne (°C)	Pluvio (mm)
janv-11	-5,4	12,4	3,2	58
févr-11	-5,5	13,9	4,6	23
mars-11	-4,3	17,4	6,3	13
avr-11	1,5	26,3	13,0	16
mai-11	0,1	29,4	14,6	0
juin-11	5,9	36,1	16,5	44
juil-11	6,5	27,3	15,7	63
août-11	6,5	29,7	17,3	110
sept-11	7,1	29,9	16,2	18
oct-11	-0,9	26,2	11,4	25
nov-11	-3,3	18,8	7,7	3
déc-11	0	12	5,4	121

<sup>5</sup> Un phénomène anormal est égalé ou dépassé en moyenne une fois tous les 6 ans

-----très anormal-----10 ans

-----exceptionnel-----30 ans

-----très exceptionnel-----100 ans

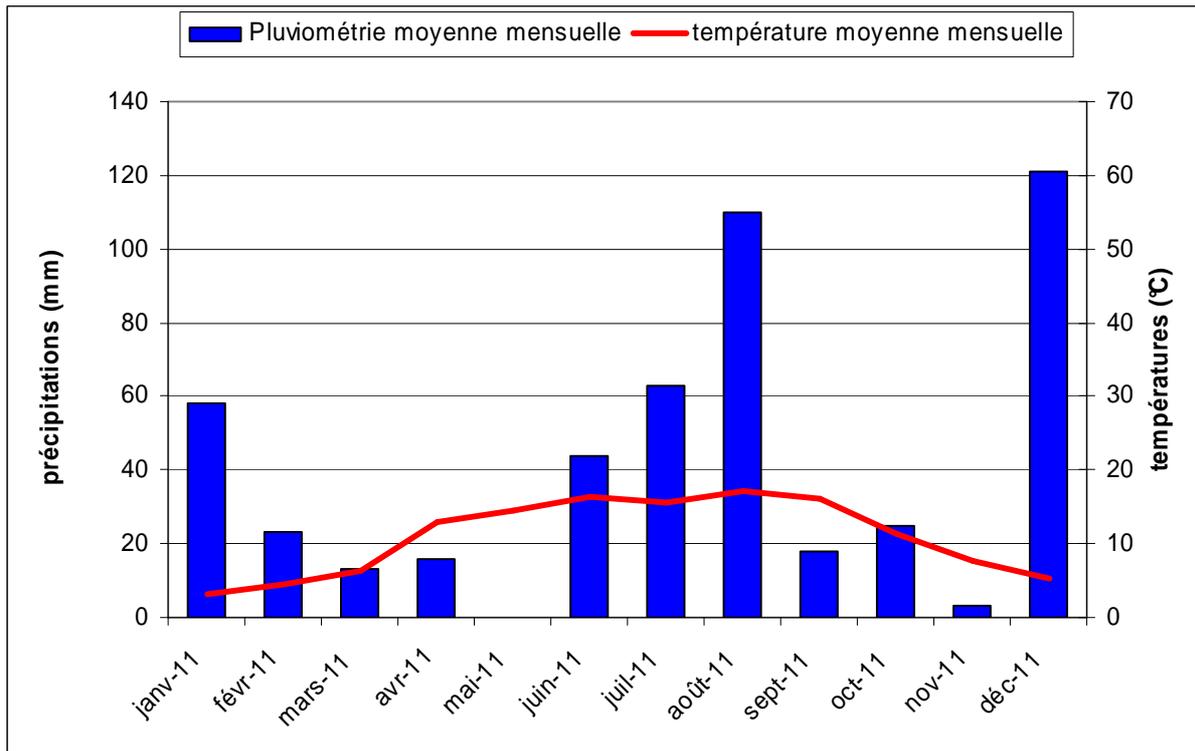


Figure 6. Précipitations et températures moyennes mensuelles à la station de mesure de Geer en 2011

La Figure 7 illustre l'évapotranspiration potentielle et le déficit hydrique ( $P - ETP$ ) calculés à partir des observations réalisées à la station de mesure de l'usine Hesbaye Frost S.A. à Geer. L'évapotranspiration a été calculée à partir de la formule empirique de Thornthwaite (1948) qui ne nécessite que la connaissance de la température moyenne mensuelle.

On peut ainsi constater que l'année 2011 a été marquée par un déficit hydrique assez prononcé. Les lysimètres entrent en phase de déficit hydrique dès le mois de mars, entraînant leur tarissement progressif au mois d'avril. Seules les pluies abondantes du mois d'août ont permis de repasser en bilan hydrique ( $P - ETP$ ) légèrement positif, insuffisant cependant pour causer une reprise de la percolation. Un déficit hydrique a été observé tout au long de l'automne (avec une sécheresse marquée en novembre) ; ceci explique que les lysimètres sont restés à sec durant cette période. Il a fallu attendre le mois de janvier 2012, suite à un mois de décembre 2011 pluvieux, pour assister à la reprise tardive de la percolation à l'exutoire des lysimètres.

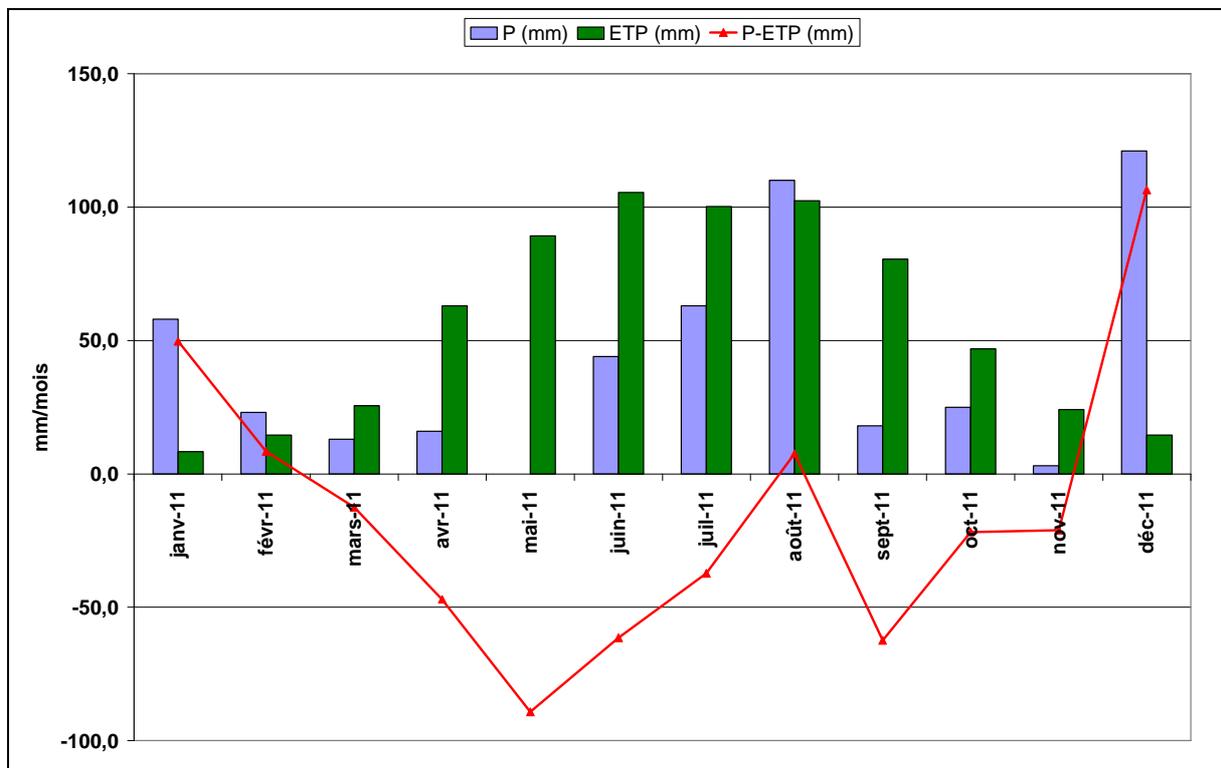


Figure 7. Pluviométrie, évapotranspiration potentielle et déficit hydrique (mm/mois) en 2011 à Geer

## 5 Données d'irrigation

En 2011, trois parcelles équipées d'un lysimètre ont été irriguées à l'eau claire et une parcelle ayant fait l'objet d'un essai mais non-équipée d'un lysimètre a été irriguée à l'eau usée provenant de l'usine Hesbaye Frost (Tableau 3). Il est cependant très difficile de dire ce qu'une irrigation à l'eau usée apporte en azote car lorsque la demande est forte, l'irrigation se fait à l'eau de puits et à l'eau usée simultanément<sup>6</sup>. Une irrigation uniquement à l'eau usée ne pouvant apporter au maximum que 1 uN par mm d'eau, l'imprécision est donc très limitée vu les quantités d'eau apportée.

Tableau 3. Irrigations sur les parcelles suivies en 2011

	date	culture	quantité (mm)	type
<b>Bovenistier</b>				
	12-juin	haricot	15	eau claire
<b>Grosse Pierre Chemin de Fer</b>				
	16-mai	pomme de terre	20	eau claire
	6-juin	pomme de terre	20	eau claire
	26-juin	pomme de terre	20	eau claire
<b>Sole 4</b>				
	23-avr	pépinière	15	eau claire
	6-mai	pépinière	20	eau claire
	21-mai	pépinière	20	eau claire
<b>Berloz - pas de lysimètre</b>				
	14-mai	fève des marais	15	eau usée
	20-mai	fève des marais	15	eau usée
	27-juin	fève des marais	15	eau usée
	1-août	épinard d'automne	10	eau usée

<sup>6</sup> Cette année, le périmètre irrigué recyclant les eaux usées de l'usine Hesbaye Frost a été fort sollicité au printemps. Les volumes d'eau usée disponibles en début de saison ont été rapidement épuisés. Les irrigations sur fève des marais dans l'essai de Berloz ont été réalisées à l'eau de puits et à l'eau usée simultanément. Par contre, l'irrigation sur épinard d'automne a été réalisée uniquement à l'eau usée.

## 6 Expérimentations et résultats

### 6.1 Grosse Pierre Chemin de fer

Ce lysimètre de type remanié a été installé le 4 juillet 2003.

L'historique cultural récent de cette parcelle est le suivant :

2008 : fève des marais suivie de chou frisé

2009 : poireau

2010 : pois-haricot

2011 : pomme de terre

2012 : froment

La saison de drainage 2010-2011 s'est étalée de fin octobre 2010 à juin 2011.

La saison de drainage 2011 – 2012 a repris tardivement, en décembre 2011.

#### 6.1.1 2011 : pomme de terre

Il a été décidé de tester sur ce site l'impact d'une CIPAN en interculture courte après pomme de terre plutôt que de faire un essai sur la fertilisation azotée en pomme de terre. En effet, celle-ci peut être pilotée efficacement par des outils tels que le chlorophyllomètre, outils cependant difficilement applicables à l'échelle d'un petit parcellaire expérimental. En revanche, la gestion de l'interculture après pomme de terre reste une problématique dont il convient de tester l'impact sur le reliquat azoté en début de période de lixiviation.

Les pommes de terre ont été plantées le 4 avril et récoltées le 5 septembre. Une moutarde a été semée le 9 septembre sur 4 sous-parcelles de l'essai (P1, P3, P6, P8, plus la sous-parcelle à l'aplomb du lysimètre - Figure 3). La moutarde a été détruite le 16 octobre lors du semis du froment sur l'ensemble de la parcelle.

Un prélèvement de sol pour mesurer le reliquat azoté post récolte autour de l'essai a été réalisé le 8 septembre (Tableau 4). Un deuxième prélèvement de sol pour mesurer l'impact de la moutarde sur les reliquats azotés a eu lieu le 13 octobre. Enfin, sur l'ensemble de la parcelle (à l'exception de l'essai), un prélèvement de sol a été effectué le 27 octobre.

**Tableau 4. Reliquats azotés (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) sur la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer (pomme de terre) –2011**

	08/09/2011	13/10/2011		27/10/2011
	Autour de l'essai	Sous-parcelles de l'essai		Parcelle entière (sauf essai)
	Après pomme de terre	Après CIPAN	Sol nu	Sol nu
0-30cm	58	32	79	102
30-60cm	25	32	50	50
60-90cm	13	18	21	25
<b>total</b>	<b>96</b>	<b>82</b>	<b>150</b>	<b>177</b>

On peut voir que le reliquat azoté était assez important après la récolte des pommes de terre et qu'il était principalement localisé dans les 30 premiers centimètres de sol. Le 13 octobre,

l'impact de la moutarde sur le reliquat azoté était particulièrement visible : la moutarde a prélevé près de 70 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha en un peu plus d'un mois ! Alors que l'APL moyen mesuré sur les sous-parcelles avec CIPAN s'élevait à 82 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha, celui sur les sous-parcelles sans CIPAN s'élevait à 150 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha. La différence d'APL se marque principalement dans la couche 0-30cm ainsi que dans la couche 30-60cm, conséquence d'une minéralisation importante occasionnée par des conditions de température et d'humidité propices. Cette différence est considérée comme significative, au sens du test statistique de Newman et Keuls<sup>7</sup> (avec un degré de signification  $\alpha = 5\%$ ).

On peut signaler que l'efficacité du piégeage de l'azote par la moutarde résulte du bon développement de celle-ci, favorisé par les conditions optimales rencontrées cette année (humidité après la moisson et douceur automnale). Si de telles conditions n'avaient pas été rencontrées, il est probable que les résultats auraient été différents...

Sur l'ensemble de la parcelle (à l'exception du parcellaire expérimental), le sol n'a pas été couvert entre la récolte des pommes de terre et le semis du froment. On peut voir (Tableau 4) que l'APL du 27 octobre était élevé et principalement localisé dans la couche 0-30cm. Il est probable que le froment semé quelques jours auparavant ne puisse prélever qu'une partie de cette quantité d'azote et que le reste se retrouvera à terme dans les eaux souterraines.

La date du prélèvement de sol (13/10) se situant hors de la plage de mesure de l'APL de référence (avant le 15/10), il n'est normalement pas possible de comparer les reliquats azotés mesurés sur cette parcelle à l'APL de référence 2011. La Figure 8 montre cependant que, à deux jours près, le reliquat azoté mesuré sur le parcellaire expérimental sans CIPAN aurait été qualifié de limite, tandis que le reliquat azoté mesuré sur le parcellaire expérimental avec CIPAN aurait été qualifié de bon.

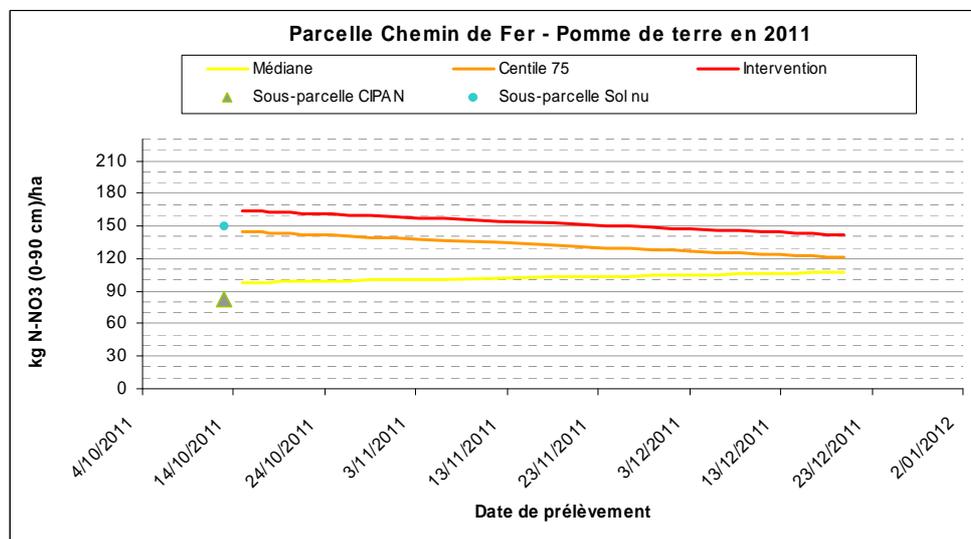


Figure 8. Reliquats azotés mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle Chemin de Fer et APL de référence 2011 en pomme de terre

<sup>7</sup> Test statistique de comparaison de plusieurs moyennes considérées sur pied d'égalité, sans témoin. Dans la suite du document, toutes les comparaisons de moyennes ont été réalisées grâce à ce test, avec un degré de signification  $\alpha = 5\%$

*En conclusion, la moutarde semée en interculture courte entre pomme de terre et froment a parfaitement rempli son rôle de CIPAN en prélevant 70 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha en un peu plus d'un mois. Les conditions favorables de septembre et de début octobre ont favorisé ce prélèvement. Par contre, les APL mesurés sur sol nu, dans l'essai et le reste de la parcelle, montrent des quantités élevées d'azote nitrique au moment du semis du froment, en raison des conditions favorisant une minéralisation importante.*

### **6.1.2 2012 : froment**

Un froment a été semé sur cette parcelle le 16 octobre 2011. L'expérimentation portera cette année sur l'implantation de CIPAN (incluant des légumineuses) après récolte du froment.

### 6.1.3 Analyse des percolats

Les données de pluviométrie sont fournies par la station météorologique située sur le site de la S.A. Hesbaye Frost à Geer (cf §4).

Au cours de la saison de drainage 2010-2011, la percolation a repris au mois de novembre 2010 (Tableau 5). Les prélèvements n'ont pas été possibles en décembre en raison du gel persistant qui a empêché l'ouverture de la chambre de visite. Les volumes récoltés ont été importants (73l) au cours du mois de janvier 2011, suite à des précipitations importantes et à la fonte des neiges de décembre. Les volumes récoltés ont ensuite régulièrement diminué jusqu'au mois de juin. Au final, sur toute la période de drainage, 20% de la pluviométrie a été récoltée à l'exutoire du lysimètre. Ce pourcentage est comparable à ceux observés au cours des années précédentes sur ce lysimètre. Les teneurs en nitrate restaient assez élevées (109 mg NO<sub>3</sub>/l en moyenne), principalement en début de saison de drainage, mais étaient en diminution par rapport aux années précédentes<sup>8</sup>.

La saison de drainage 2011-2012 a repris tardivement (fin décembre 2012) suite aux pluies abondantes de décembre après un automne chaud et sec (cf. §4). Les concentrations mesurées en décembre et janvier sont stabilisées et on peut dire que l'impact sur la qualité de l'eau de percolation de l'accident de fertilisation survenu en 2006 s'est maintenant estompé.

**Tableau 5 : Parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate (saisons de drainage 2010-2011 et 2011-2012 partielle)**

Mois	Pluviométrie (mm)	Irrigation (mm)	Volumes récoltés (l)	Concentration moyenne mensuelle (mg NO <sub>3</sub> -/l)	Quantité d'azote nitrique lixivié (kg N-NO <sub>3</sub> /ha)
Septembre 2010	48	-	0	-	-
Octobre	43	-	0,2	246	0,1
Novembre	86	-	16,3	114	4,2
Décembre	24	-	-	-	-
Janvier 2011	58	-	72,6	106	17,4
Février	23	-	13,7	122	3,8
Mars	13	-	2,3	89	0,5
Avril	16	-	0,5	79	0,1
Mai	0	20	0,2	96	0,0
Juin	44	40	0,1	77	0,0
Juillet	63	-	0	-	-
Août	110	-	0	-	-
<b>DRAINAGE 2010-2011</b>	<b>528</b>	<b>60</b>	<b>105,9</b>	<b>109</b>	<b>26,1</b>
Septembre 2011	18	-	0	-	-
Octobre	25	-	0	-	-
Novembre	3	-	0	-	-
Décembre	121	-	18,6	73	3,1
Janvier 2012	39	-	16,1	82	3
<b>DRAINAGE 2011-2012</b>	<b>206</b>	<b>0</b>	<b>34,7</b>	<b>77</b>	<b>6,1</b>

<sup>8</sup> Pour rappel, d'importantes pertes de nitrate vers les eaux souterraines ont été observées dans ce lysimètre de 2008 à 2010 suite à un accident de fertilisation survenu à l'automne 2006, avec un apport de compost qui s'est révélé beaucoup plus riche que prévu à posteriori – cf. rapport d'activités de la convention précédente (Deneufbourg et al, 2010b)

#### 6.1.4 Graphique récapitulatif

La Figure 9 présente une synthèse des mesures et observations pour la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer. Cette figure reprend pour les mois d'août 2008 à janvier 2012 les volumes d'eau récoltés dans les lysimètres (données cumulées) en parallèle avec le drainage potentiel cumulé (= pluie – évapotranspiration potentielle), les teneurs en nitrate mesurées dans l'eau de percolation ainsi que les profils azotés établis à l'aplomb du lysimètre. Les saisons culturales et les apports azotés à l'aplomb du lysimètre sont repris sous le graphique.

La Figure 9 met en évidence l'impact d'un "accident" de fertilisation survenu à l'automne 2006 sur les concentrations en nitrate dans l'eau de percolation récoltée de 2008 à 2010. En effet, 640 UN organique avaient été apportées à cette époque sous forme de compost qui s'était révélé à posteriori beaucoup plus riche en azote que prévu. Les teneurs en nitrate mesurées dans l'eau de percolation ont atteint un pic au début de l'année 2009. Les concentrations ont ensuite régulièrement diminué durant deux ans, tout en restant élevées en valeur absolue. De ce fait, la correspondance « APL – concentration en nitrate dans l'eau de percolation à 2m de profondeur », qui a été mise en évidence sur tous les lysimètres depuis le début de l'étude, n'était plus observée durant cette période.

En 2009, les poireaux cultivés à l'aplomb du lysimètre ont bien valorisé les deux fractions de 50 UN apportées en mai et en août, comme l'atteste l'APL peu élevé obtenu en novembre. Suite à la culture de poireau, les concentrations en nitrate dans l'eau de percolation récoltée en 2010 continuent de baisser mais restent cependant élevées en valeur absolue (150 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l).

En 2010, le pois et le haricot n'ont pas reçu de fertilisation azotée. Les APL obtenus sont d'un ordre de grandeur attendu pour ce type de culture. Lors de la saison de drainage suivante, les teneurs en nitrate dans l'eau de percolation sont toujours en diminution et de l'ordre de 100 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. La correspondance « APL – concentration en nitrate dans l'eau de percolation à 2m de profondeur » est de nouveau observée au cours de cette période de drainage.

En 2011, la moutarde semée sur le parcellaire expérimental après la récolte des pommes de terre a permis de limiter l'APL (82 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha) avant le semis d'un froment. Lors de la reprise de la percolation en décembre 2011, les concentrations mesurées étaient de l'ordre de 75 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l.

De manière globale, on voit que, sur les quatre dernières années, quatre cultures (ou doubles cultures) pouvant laisser des APL élevés (par minéralisation des résidus de culture notamment) ont été implantées sur cette parcelle. Le conseil de fertilisation a toujours été respecté (voire diminué) et, de manière globale, les APL étaient plutôt bons compte tenu des cultures en place. Malheureusement, en 2009 et 2010, l'impact de ces cultures sur la qualité de l'eau de percolation était masqué en raison de l'accident de fertilisation survenu en 2006. A la fin de l'année 2010 et en 2011, les teneurs en nitrate étaient de l'ordre de 75 à 100 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. Pour ce type de cultures "à risques" au niveau des APL, on voit donc qu'il est nécessaire de modifier les modes de gestion de l'interculture et/ou les successions culturales si l'on veut réduire les pertes de nitrate vers les eaux souterraines.

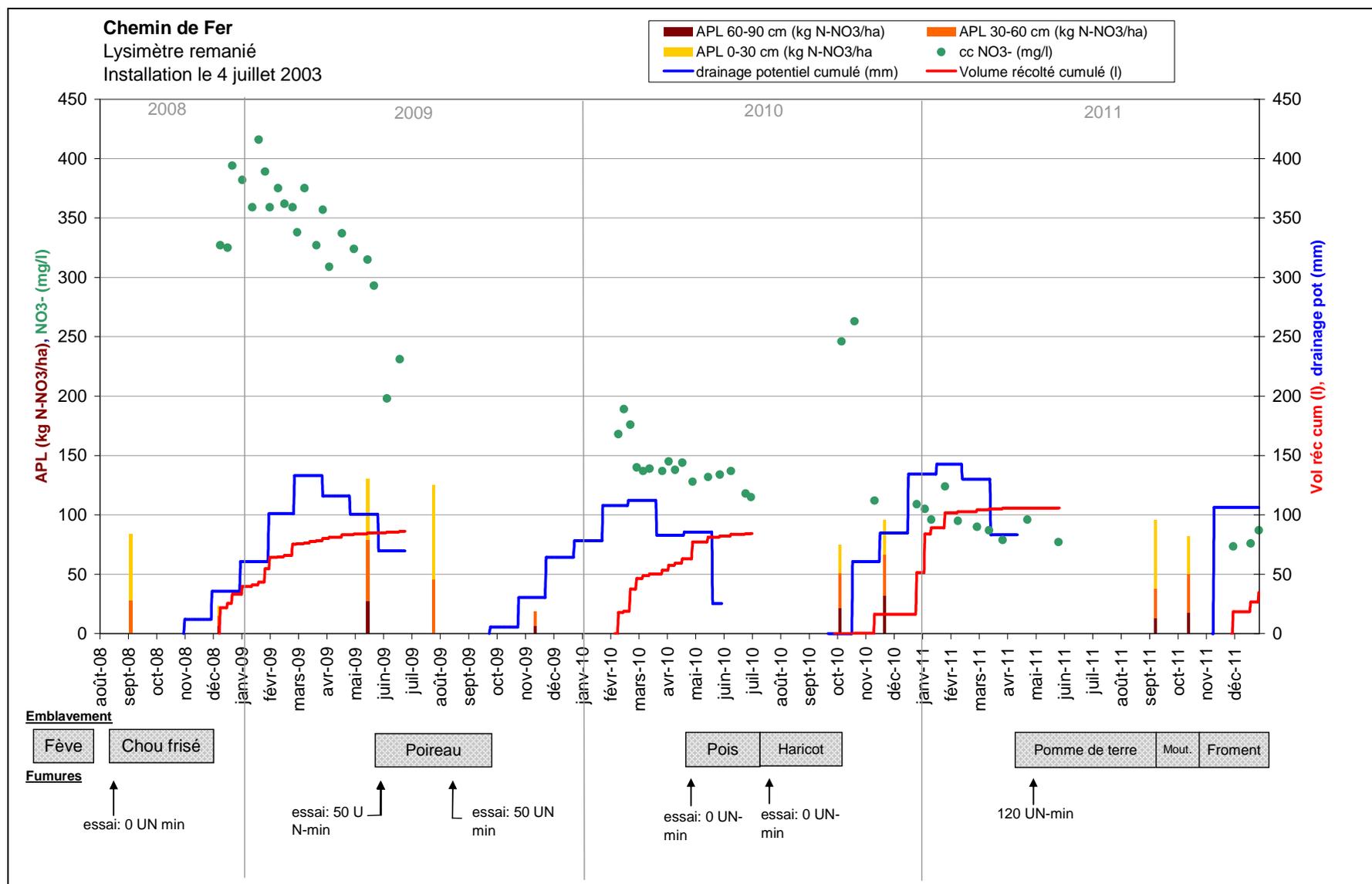


Figure 9. Synthèse des mesures et observations, parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer

## 6.2 Gros Thier Bovenistier

Ce lysimètre de type non remanié a été le dernier installé, le 14 août 2003.

L'historique cultural récent de cette parcelle est le suivant :

2008 : froment suivi de moutarde  
 2009 : fève des marais suivie d'épinard d'automne  
 2010 : poireau  
 2011 : haricot  
 2012 : betterave

La saison de drainage 2010-2011 s'est étalée de septembre 2010 à avril 2011.

La saison de drainage 2011-2012 a débuté en janvier 2012.

### 6.2.1 2011 : haricot

Deux essais ont été mis en place sur cette parcelle en 2011. Un premier essai a testé l'impact d'une réduction du conseil de fertilisation en haricot et un second essai a testé l'impact du semis d'une moutarde après le haricot.

Les haricots ont été semés le 11 juin et ont été récoltés le 6 septembre. Deux tiers de la parcelle de l'agriculteur ont été semés d'un pois avant le haricot, le tiers restant (où se situe le parcellaire expérimental) étant toujours occupé par le poireau de la saison précédente lors du semis de ce pois.

Un prélèvement de sol a été effectué le 27 mai en vue du conseil de fumure (Tableau 6). Suite à celui-ci, un scénario 0 UN a été testé sur les sous-parcelles P1, P3, P6 et P8 (ainsi qu'à l'aplomb du lysimètre) (Figure 3), tandis que 37 UN ont été appliquées sur les sous-parcelles P2, P4, P5 et P7 le 16 juin. A titre de comparaison, l'agriculteur a appliqué 46 UN sur la partie de sa parcelle sans pois (à l'exception du parcellaire expérimental).

Un second prélèvement de sol a été effectué le 6 septembre, après la récolte des haricots (Tableau 6). Il apparaît que le reliquat azoté moyen post-récolte est deux fois plus élevé sur les sous-parcelles ayant reçu un apport de 37 UN que sur les sous-parcelles n'ayant pas reçu d'apport azoté. Cette différence est statistiquement significative. Le reliquat azoté est principalement localisé dans la couche 0-30cm.

**Tableau 6. Reliquats azotés (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) sur le parcellaire expérimental de la parcelle Gros Thier Bovenistier (haricot) - 2011**

	27/05/2011		06/09/2011	
	En vue du conseil		0 UN appliquées sur 5 sous-parcelles	37 UN appliquées sur 4 sous-parcelles
0-40cm	60	0-30cm	21	60
		30-60cm	15	18
		60-90cm	11	12
<b>total</b>	<b>60</b>	<b>total</b>	<b>47</b>	<b>90</b>

Les rendements obtenus sur le parcellaire expérimental sont présentés au Tableau 7. Le rendement obtenu sur les sous-parcelles sans apport d'azote (10,7 T/ha) est légèrement supérieur à celui obtenu sur les sous-parcelles qui ont reçu un apport de 37 UN (9,3 T/ha), tout comme le rapport grain/gousse. Ces différences ne sont cependant pas considérées comme significatives par l'analyse statistique. Globalement, la parcelle a subi une attaque de mouches après la levée qui s'est traduite par un retard de croissance et une perte de plants. Suite à cette attaque, la culture est restée hétérogène et n'a donc pu exprimer pleinement son potentiel de rendement. L'excès de pluviométrie du mois d'août n'a également pas été favorable à la floraison. A titre de comparaison, le rendement obtenu sur l'ensemble de la parcelle n'est que de 6,4t/ha, soit la moitié d'un rendement normal. L'apport de 37 UN sur le parcellaire expérimental n'a donc pas pu être valorisé par le haricot. Les reliquats azotés post-récolte le confirment pleinement.

**Tableau 7. Rendements et rapports grain/gousse obtenus sur l'essai de la parcelle Gros Thier Bovenistier (haricot) - 2011**

Fumure appliquée (kg N/ha)	Rendement (T/ha)	Grain/gousse
0	10,6	9,7
37	9,3	8,8

La deuxième partie de l'essai sur cette parcelle concernait l'implantation d'une CIPAN après la récolte du haricot. Une moutarde a été semée le 12 septembre sur les sous-parcelles P1, P3, P6 et P8 (ainsi qu'à l'aplomb du lysimètre) (Figure 3). Ces sous-parcelles sont celles qui n'avaient pas reçu d'apport azoté sur haricot. La moutarde a été broyée le 28 novembre et un profil azoté a été établi le même jour (Tableau 8).

On voit que la différence d'APL sur les sous-parcelles avec ou sans moutarde est importante (~80 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha); cette différence est d'ailleurs considérée comme significative par l'analyse statistique. La différence est particulièrement marquée dans la couche 0-30cm, avec plus de 60 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha de différence. La situation sur le reste de la parcelle (fertilisation = 46 UN et sol nu après la récolte) est intermédiaire avec un APL de 70 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha. Il faut toutefois rappeler que les deux tiers de la parcelle n'ont pas reçu d'azote car le haricot a été semé après un pois.

**Tableau 8. APL (kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha) sur le parcellaire expérimental de la parcelle Gros Thier Bovenistier (haricot) - 2011**

	28/11/2011		30/11/2011
	Sous-parcelles de l'essai		Parcelle entière (sauf essai)
	Après moutarde	Sol nu	Sol nu
0-30cm	8	69	33
30-60cm	11	28	18
60-90cm	16	20	19
<b>total</b>	<b>35</b>	<b>117</b>	<b>70</b>

Les APL mesurés sur le parcellaire expérimental ont été comparés à l'APL de référence de 2011 en légumes (classe A7 - Figure 10). L'APL mesuré sur le parcellaire expérimental sans CIPAN et application de 37UN est qualifié de mauvais, tandis que la réduction du conseil de

fertilisation et le semis d'une moutarde après haricot ont permis d'obtenir un APL qualifié de bon.

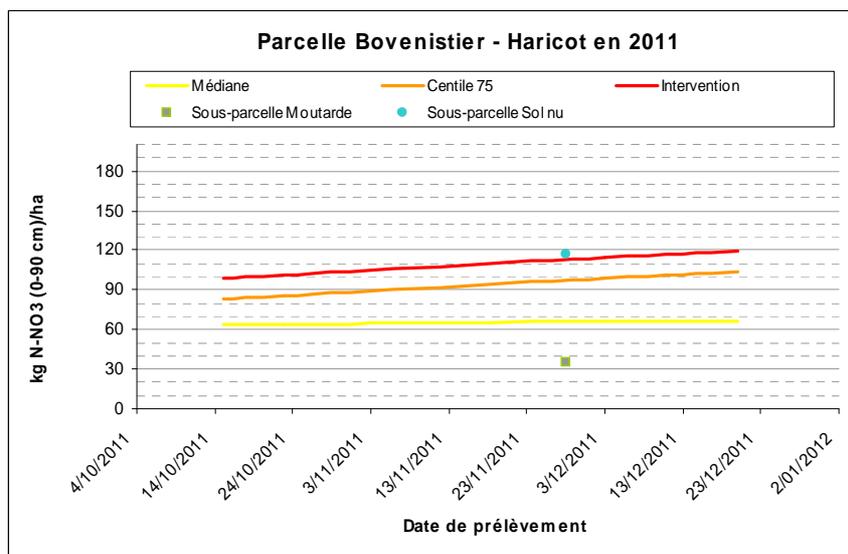


Figure 10. Reliquats azotés mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle Gros Thier Bovenistier et APL de référence 2011 en légumes

*En conclusion, sur cette parcelle emblavée en haricot et contrairement aux essais précédents, la réduction de fertilisation n'a pas induit de baisse de rendement. Suite à un accident culturel, le haricot n'a pas pu exprimer son potentiel de rendement. Le semis d'une moutarde après la récolte a été une mesure efficace pour réduire l'APL.*

### 6.2.2 2012 : betterave

En 2012, une betterave sera cultivée sur cette parcelle. Compte tenu des conclusions des essais en betterave qui ont été mis en place lors de ce projet, il n'est pas prévu de mener d'essai sur cette culture en 2012.

### 6.2.3 Analyse des percolats

La saison de drainage 2010 – 2011 s’est étalée de septembre 2010 à avril 2011 (Tableau 9). 38% de la pluviométrie a été récoltée à l’exutoire du lysimètre durant cette saison de drainage. Ce pourcentage est plus élevé que ceux observés les années précédentes (de 20 à 25%). Les fortes pluies de novembre 2010 ainsi que la fonte des neiges de décembre peuvent expliquer ceci. Au cours de cette période, les teneurs en nitrate dans l’eau récoltée ont sensiblement augmenté, de 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l en septembre 2010 à 120 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l en mars 2011. L’équivalent de 38 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha ont été lixiviés entre septembre 2010 et août 2011. L’impact des cultures de fève des marais et d’épinard en 2009 et de poireau en 2010 s’est donc fait ressentir sur la qualité de l’eau de percolation durant cette période.

Comme sur les autres lysimètres, la saison de drainage 2011-2012 s’est amorcée tardivement, en janvier 2012, suite à la sécheresse automnale. La concentration moyenne mesurée en janvier reste élevée (136 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l).

**Tableau 9 : Parcelle Gros Thier Bovenistier, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate (saisons de drainage 2010-2011 et 2011-2012 partielle)**

Mois	Pluviométrie (mm)	Irrigation (mm)	Volumes récoltés (l)	Concentration moyenne mensuelle (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l)	Quantité d’azote nitrique lixivié (kg N-NO <sub>3</sub> /ha)
Septembre 2010	48	-	3,4	50	0,4
Octobre	43	-	1,6	55	0,2
Novembre	86	-	64,3	68	9,8
Décembre	24	-	38,5	68	5,9
Janvier 2011	58	-	74,3	97	16,3
Février	23	-	17,3	102	4,0
Mars	13	-	6,3	120	1,7
Avril	16	-	0,2	127	0,1
Mai	0	-	0	-	-
Juin	44	15	0	-	-
Juillet	63	-	0,1	109	0,0
Août	110	-	0,3	115	0,1
<b>DRAINAGE 2010-2011</b>	<b>528</b>	<b>15</b>	<b>206,2</b>	<b>83</b>	<b>38,4</b>
Septembre 2011	18	-	0	-	-
Octobre	25	-	0	-	-
Novembre	3	-	0	-	-
Décembre	121	-	0	-	-
Janvier 2012	39	-	38	136	11,7
<b>DRAINAGE 2011-2012</b>	<b>206</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>136</b>	<b>11,7</b>

#### **6.2.4 Graphique récapitulatif**

La Figure 11 présente une synthèse des mesures et observations pour la parcelle Gros Thier Bovenistier. Ce graphique souligne l'intérêt d'une succession betterave – céréale – CIPAN pour obtenir des eaux de percolation présentant des faibles concentrations en nitrate. Les concentrations en nitrate étaient en effet faibles dans ce lysimètre en 2008 et 2009 suite à cette succession culturale.

Les teneurs en nitrate dans l'eau de percolation récoltée en 2010 après les cultures de fève et d'épinard étaient faibles ( $\sim 40 \text{ mg NO}_3^-$ ) et d'un ordre de grandeur légèrement inférieur à l'APL mesuré en automne 2009 à l'aplomb du lysimètre ( $67 \text{ kg N-NO}_3^-/\text{ha}$ ). Sans doute faut-il y voir l'effet d'un hiver 2009 – 2010 plutôt sec (volumes récoltés plus faibles que les autres années) et où la percolation a repris assez tard.

En 2010, les reliquats azotés mesurés avant et en cours de culture du poireau étaient particulièrement élevés, et principalement localisés dans les couches 0-30cm et 30-60cm, conséquence de la reprise de la minéralisation sur une terre restée nue jusqu'au mois de juillet. Le reliquat azoté post-récolte (mars 2011) était faible à l'aplomb du lysimètre. Les teneurs en nitrate dans l'eau de percolation augmentent progressivement au cours de l'hiver 2010-2011 pour atteindre les  $120 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$  en fin de saison. Les volumes récoltés durant cet hiver 2011-2012 étaient importants, malgré la présence des poireaux en surface.

En 2011, le raisonnement de la fertilisation azotée et le semis d'une moutarde après la culture de haricot ont permis de limiter l'APL de novembre à une valeur assez faible pour ce type de culture. Les premières mesures de teneurs en  $\text{NO}_3^-$  dans ce lysimètre en 2012 restaient élevées ( $\sim 150 \text{ mg/l}$ ), malgré l'APL peu élevé mesuré en novembre 2011.

A nouveau, sur cette parcelle où se sont succédées trois cultures (ou doubles cultures) pouvant laisser des APL élevés, et où les conseils de fertilisation ont été respectés (voire diminués), il apparaît qu'une modification des modes de gestion de l'interculture et/ou des successions culturales est nécessaire pour réduire les pertes de nitrate vers les eaux souterraines.

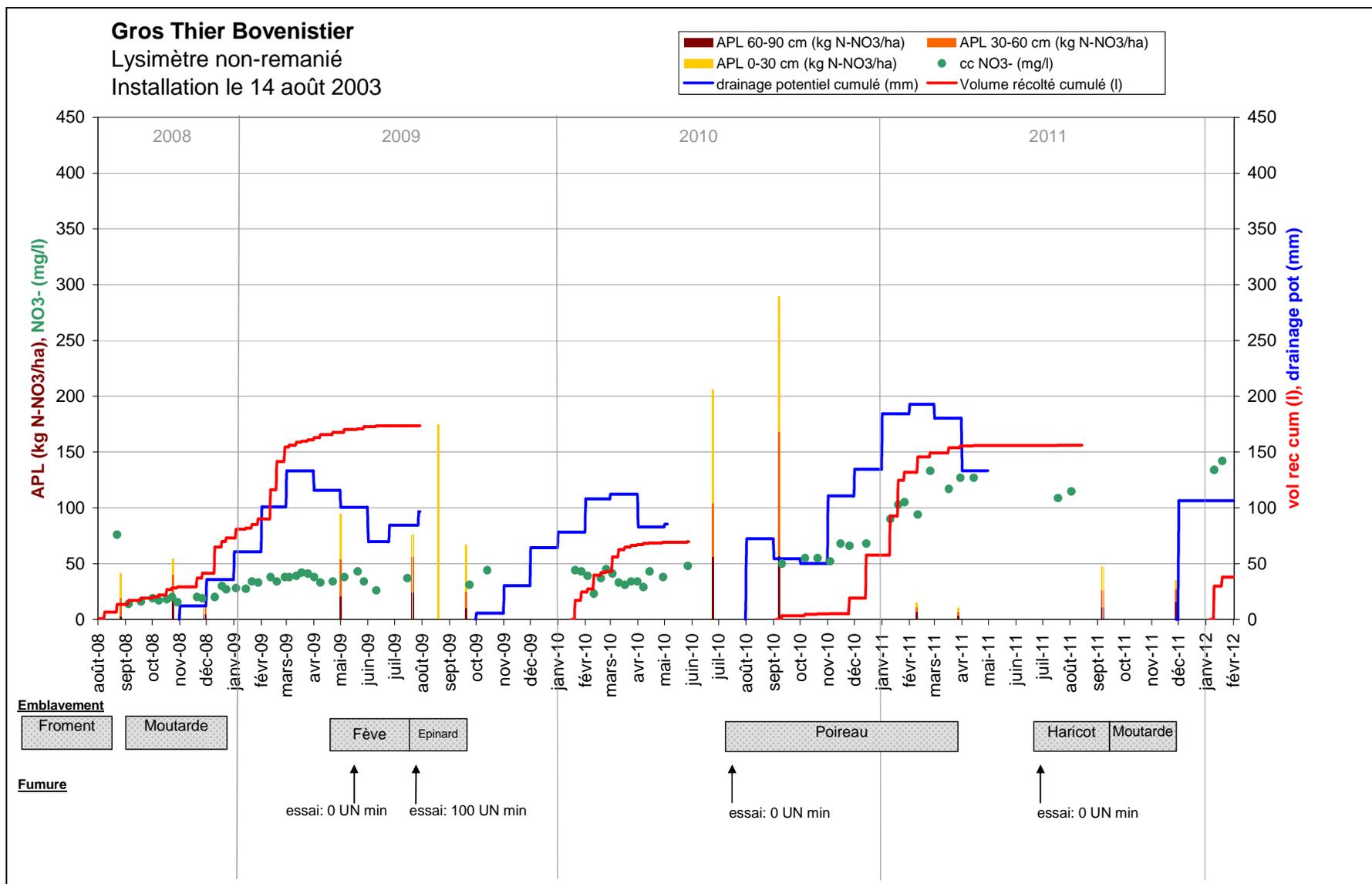


Figure 11. Synthèse des mesures et observations, parcelle Gros Thier Bovenistier

### 6.3 PL1

Ce lysimètre a été le premier installé, le 17 avril 2003. Il est de type non-remanié.

L'historique cultural récent de cette parcelle est le suivant :

2008 : froment suivi de phacélie  
 2009 : fève des marais suivie d'épinard d'automne  
 2010 : betterave  
 2011 : froment  
 2012 : carotte

Le bord supérieur de ce lysimètre capte la nappe ou sa frange capillaire lors de la remontée de nappe en hiver, comme l'a confirmé le réseau de piézomètres installé en février 2004. Afin d'obtenir des mesures reflétant au mieux la quantité réelle de nitrate qui migre sous les 2m de profondeur, l'exutoire du lysimètre est fermé à l'aide d'une vanne dès que les piézomètres indiquent une remontée de la nappe telle que la frange capillaire est captée.

#### 6.3.1 2011 : froment + CIPAN

La méthode de calcul du conseil de fertilisation en froment étant relativement bien maîtrisée (cf. Livre Blanc), l'essai sur cette parcelle a porté sur la gestion de l'interculture.

Le froment a été semé le 1<sup>er</sup> novembre 2010. L'agriculteur a appliqué 193 UN sur l'ensemble de sa parcelle (y compris le parcellaire expérimental). Un profil azoté a été établi le 1<sup>er</sup> septembre, après la moisson du froment, autour de l'essai (Tableau 10).

Le 31 août, un mélange de trèfle d'Alexandrie et d'avoine brésilienne a été semé sur les sous-parcelles P1, P3, P6 et P8 (ainsi qu'à l'aplomb du lysimètre) (Figure 3) et un trèfle d'Alexandrie a été semé sur les sous-parcelles P2, P4, P5 et P7.

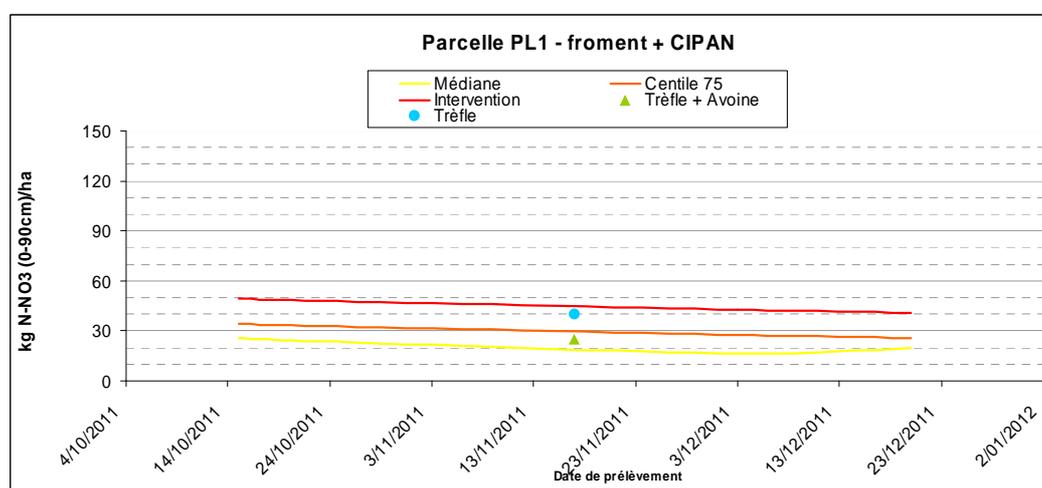
Le 17 novembre, deux profils azotés (correspondant aux deux couverts testés) ont été établis avant enfouissement des CIPAN sur le parcellaire expérimental (Tableau 10). On peut voir que les APL mesurés étaient relativement faibles. Le trèfle d'Alexandrie pur a laissé un APL supérieur de 15kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha à celui du mélange trèfle - avoine; cette différence n'est cependant pas considérée comme significative par l'analyse statistique.

Le reste de la parcelle n'a pas été couvert par une CIPAN. L'APL y est logiquement plus élevé que sur le parcellaire expérimental. On peut donc voir que par rapport au reste de la parcelle (sol nu), le mélange trèfle d'Alexandrie – avoine brésilienne a prélevé 56 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha tandis que le trèfle d'Alexandrie seul a prélevé 41 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha. Le mélange avoine – trèfle (ainsi que le trèfle pur dans une moindre mesure) s'est donc révélé être un couvert efficace pour prélever le nitrate. Cette bonne capacité de piégeage du nitrate d'un couvert d'avoine en association avec une légumineuse avait déjà été mise en évidence par De Toffoli et al (2010).

**Tableau 10. Reliquats azotés (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) sur le parcellaire expérimental de PL1 (froment + CIPAN) - 2011**

	01/09/2011	17/11/2011		27/11/2011
	Autour de l'essai	Parcellaire expérimental		Parcelle entière (sauf essai)
	Après la moisson et avant CIPAN	Trèfle d'Alexandrie + avoine brésilienne	Trèfle d'Alexandrie	Sol nu
0-30cm	25	9	15	27
30-60cm	22	11	18	42
60-90cm	10	5	7	12
<b>total</b>	<b>57</b>	<b>25</b>	<b>40</b>	<b>81</b>

Les APL mesurés sur le parcellaire expérimental ont été comparés à l'APL de référence de 2011 en céréales avec CIPAN (classe A2 - Figure 12). Le semis d'un trèfle d'Alexandrie a permis d'obtenir un APL qualifié de limite tandis que le semis d'un mélange trèfle d'Alexandrie – avoine brésilienne a permis d'obtenir un APL qualifié de satisfaisant.

**Figure 12. Reliquats azotés mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle PL1 et APL de référence 2011 en céréales avec CIPAN**

La poursuite des mesures en 2012 sur les différentes sous-parcelles de l'essai permettront de préciser la dynamique de l'azote en fonction des deux types de couverts implantés en 2011 (légumineuse pure ou mélange légumineuse – céréale).

*En conclusion, sur cette parcelle, on n'a pas observé de différence significative d'APL en fonction du couvert après froment (mélange trèfle – avoine ou trèfle pur). Par contre, ces couverts se sont révélés efficaces pour diminuer sensiblement l'APL par rapport au reste de la parcelle qui n'a pas été couvert en automne.*

### 6.3.2 2012 : carotte

En 2012, une carotte sera implantée sur cette parcelle. Un essai portant sur la fertilisation sera mis en place.

### 6.3.3 Analyse des percolats

Au cours de la saison de drainage 2010-2011 (Tableau 11), la percolation a repris en octobre 2010 dans ce lysimètre. La mesure du niveau d'eau dans les piézomètres en novembre 2010 couplée au débordement des bidons dans la chambre de visite indiquaient que le bord supérieur du lysimètre captait la nappe ou sa frange capillaire et il a dès lors été décidé de fermer la vanne à l'exutoire du lysimètre jusqu'avril 2011. Lors de la période de fermeture de ce lysimètre, des échantillons d'eau ont malgré tout été récoltés après ouverture de la vanne pendant un court laps de temps (une à deux heures) ; ceci permet d'avoir une vue de la qualité de l'eau en phase de percolation et de l'eau de nappe (ou sa frange capillaire) captée par le lysimètre. Les teneurs en nitrate de l'eau récoltée lors de ces courtes ouvertures de la vanne lysimétrique fin 2010 et début 2011 sont assez faibles (<30 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). Après réouverture de la vanne en avril, les concentrations dans l'eau de percolation restaient très faibles.

Au cours de la saison de drainage 2011-2012, la percolation a repris tardivement, en janvier 2012. Suite aux mesures du niveau d'eau dans les piézomètres, couplées au débordement des bidons de collecte, la vanne à l'exutoire du lysimètre a été fermée. Les premières mesures lors des courtes périodes d'ouverture de la vanne montrent une augmentation de la concentration en nitrate dans l'eau de percolation (de 35 à 93 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l).

**Tableau 11 : Parcelle PL1, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate (saisons de drainage 2010-2011 et 2011-2012 partielle)**

Mois	Pluviométrie (mm)	Irrigation (mm)	Volumes récoltés (l)	Concentration moyenne mensuelle (mg NO <sub>3</sub> -/l)	Quantité d'azote nitrique lixivié (kg N-NO <sub>3</sub> /ha)
Septembre 2010	48	-	0	-	-
Octobre	43	-	0,4	65	0,1
Novembre	86	-	0,2	33	0
Décembre	24	-	fermé	(27)	-
Janvier 2011	58	-	fermé	(27)	-
Février	23	-	fermé	(27)	-
Mars	13	-	fermé	(21)	-
Avril	16	-	42,1	12	1,2
Mai	0	-	2,7	1	0,0
Juin	44	-	0,6	5	0,0
Juillet	63	-	0,2	20	0,0
Août	110	-	0,1	35	0,0
<b>DRAINAGE 2010-2011</b>	<b>528</b>	<b>0</b>	<b>46,3</b>	<b>12</b>	<b>1,25</b>
Septembre 2011	18	-	0	-	-
Octobre	25	-	0	-	-
Novembre	3	-	0	-	-
Décembre	121	-	0	-	-
Janvier 2012	39	-	fermé	(93)	-
<b>DRAINAGE 2011-2012</b>	<b>206</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

#### **6.3.4 Graphique récapitulatif**

La Figure 13 présente une synthèse des mesures et observations pour la parcelle PL1. Ce lysimètre est régulièrement fermé (à l'aide d'une vanne située à son exutoire) durant la période automnale et hivernale au cours de laquelle le lysimètre intercepte la nappe ou sa frange capillaire. La récolte de volumes d'eau très importants, couplée aux mesures du niveau d'eau dans les piézomètres situés à proximité, permettent de préciser quand le lysimètre entre en phase de drainage de la nappe, nécessitant alors la fermeture de la vanne. La durée de la période de fermeture hivernale du lysimètre est variable et dépend des conditions climatiques et culturales.

En 2009-2010, la vanne à l'exutoire de ce lysimètre est restée fermée de fin septembre 2009 jusque fin mai 2010. En 2010-2011, la vanne a été fermée à la mi-novembre 2010 et a été rouverte à la mi-avril 2011. La vanne a de nouveau été fermée au début du mois de janvier 2012. Lors de la période de fermeture du lysimètre, des échantillons d'eau ont malgré tout été récoltés après ouverture de la vanne pendant un court laps de temps (une à deux heures) ; ceci permet d'avoir une vue de la qualité de l'eau en phase de percolation et de l'eau de nappe (ou sa frange capillaire) captée par le lysimètre.

Globalement, les teneurs en nitrate mesurées dans l'eau de percolation de ce lysimètre sont faibles depuis plusieurs années. Ceci prouve l'intérêt de cultures telles que le froment suivi d'une CIPAN et la betterave pour obtenir une bonne qualité de l'eau de percolation (en termes de nitrate). L'introduction d'une succession fève des marais – épinard d'automne en 2009 n'a pas provoqué d'augmentation des teneurs en  $\text{NO}_3^-$  à l'exutoire du lysimètre car l'agriculteur a laissé repousser l'épinard qui a pu jouer son rôle de CIPAN jusqu'au labour d'hiver.

La première mesure de teneur en  $\text{NO}_3^-$  dans ce lysimètre en 2012 indiquait une augmentation étonnante compte tenu de l'APL peu élevé (25 kg N- $\text{NO}_3^-$ /ha) mesuré en novembre 2011.

En résumé, ce graphique montre qu'en associant une gestion raisonnée de la fertilisation azotée, une bonne gestion de l'interculture et un choix adapté des rotations, il est tout à fait possible de réduire durablement les pertes de nitrate vers les eaux souterraines, malgré l'introduction d'une double culture légumière dans la rotation.

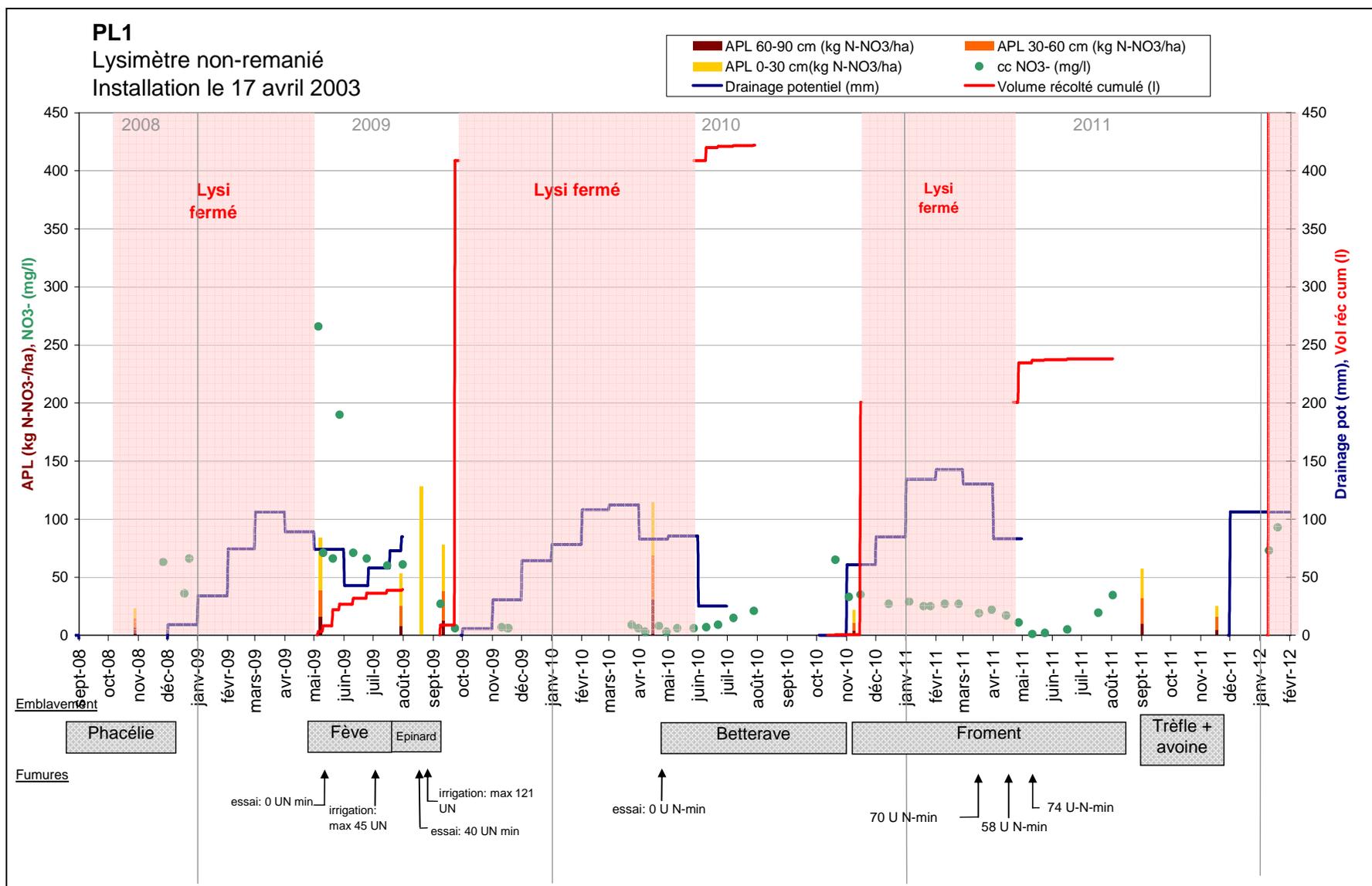


Figure 13. Synthèse des mesures et observations, parcelle PL1

## 6.4 PL3

Ce lysimètre est de type non remanié, installé en date du 8 août 2003.

L'historique cultural récent de cette parcelle est le suivant :

2008 : betterave

2009 : froment suivi de phacélie

2010 : fève des marais suivie d'épinard d'automne

2011 : froment suivie de phacélie

2012 : haricot

Comme pour le lysimètre installé sur la parcelle PL1, le bord supérieur de ce lysimètre capte la nappe ou sa frange capillaire lors de la remontée de nappe en hiver, comme l'a confirmé le réseau de piézomètres installé en février 2004. Afin d'obtenir des mesures reflétant au mieux la quantité réelle de nitrate qui migre sous les 2m de profondeur, l'exutoire du lysimètre est fermé à l'aide d'une vanne dès que les piézomètres indiquent une remontée de la nappe telle que la frange capillaire est captée.

### 6.4.1 2011 : froment + CIPAN

La méthode de calcul du conseil de fertilisation en froment étant relativement bien maîtrisée (cf. Livre Blanc), l'essai sur cette parcelle a porté sur la gestion de l'interculture.

Le froment a été semé le 9 octobre 2010. L'agriculteur a appliqué au printemps 2011 132 UN sur l'ensemble de sa parcelle (y compris le parcellaire expérimental). Un profil azoté a été établi le 1<sup>er</sup> septembre, après la moisson du froment, autour de l'essai (Tableau 10).

Le 31 août, une avoine brésilienne a été semée sur les sous-parcelles P1, P3, P6 et P8 (ainsi qu'à l'aplomb du lysimètre) (Figure 3) et un mélange avoine brésilienne - vesce a été semé sur les sous-parcelles P2, P4, P5 et P7. Contrairement à l'essai sur la parcelle PL1, le mélange avoine – légumineuse n'a pas été testé à l'aplomb du lysimètre.

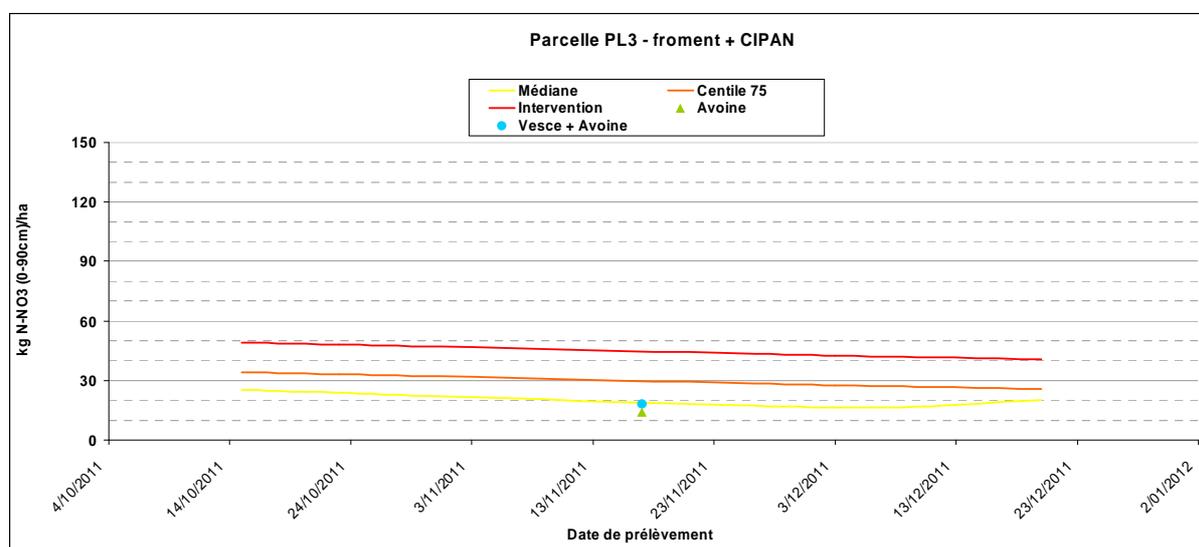
Le 17 novembre, deux profils azotés (correspondant aux deux couverts testés) ont été établis sur les CIPAN sur le parcellaire expérimental (Tableau 12). On peut voir que les APL mesurés étaient faibles ( $< 20\text{kg N-NO}_3^-/\text{ha}$ ). Le mélange avoine brésilienne - vesce a laissé un APL supérieur de  $4\text{kg N-NO}_3^-/\text{ha}$  à celui de l'avoine brésilienne seule; cette différence est considérée comme significative par l'analyse statistique.

Le reste de la parcelle a été couvert d'une phacélie le 10 septembre. La phacélie s'est bien développée ; on peut d'ailleurs voir que l'APL y était plus faible encore que sur les sous-parcelles de l'essai, sans toutefois pouvoir affirmer que cette différence est statistiquement significative en raison notamment des dates de prélèvement différentes.

**Tableau 12. Reliquats azotés (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) sur le parcellaire expérimental de PL3 (froment + CIPAN) - 2011**

	01/09/2011	17/11/2011		29/11/2011
	Autour de l'essai	Parcellaire expérimental		Parcelle entière (sauf essai)
	Après la moisson et avant CIPAN	Avoine brésilienne	Vesce + avoine brésilienne	Phacélie
0-30cm	23	9	9	4
30-60cm	13	4	7	3
60-90cm	4	1	2	1
<b>total</b>	<b>40</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>8</b>

Les APL mesurés sur le parcellaire expérimental ont été comparés à l'APL de référence de 2011 en céréales avec CIPAN (classe A2 - Figure 14) et sont qualifiés de bons pour les deux objets testés.



**Figure 14. Reliquats azotés mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle PL3 et APL de référence 2011 en céréales avec CIPAN**

La poursuite des mesures en 2012 sur les différentes sous-parcelles de l'essai permettront de préciser la dynamique de l'azote en fonction des deux types de couverts implantés en 2011 (céréale ou mélange légumineuse – céréale).

*En conclusion, même si elle est faible en valeur absolue, une différence significative d'APL s'observe entre les deux objets testés dans cet essai (mélange céréale - légumineuse ou céréale seule). Le semis d'une avoine brésilienne a permis d'obtenir une valeur d'APL après froment assez faible.*

#### **6.4.2 2012 : haricot**

Cette parcelle sera emblavée en haricot en 2012. Un essai portant sur la fertilisation sera mis en place et la gestion de l'interculture sera également suivie.

### 6.4.3 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles

La saison de drainage 2010-2011 a débuté au mois de septembre 2010 (Tableau 13), grâce aux pluies importantes du mois d'août. Suite aux indications des piézomètres et au débordement des bidons de récolte dans la chambre de visite, la vanne à l'exutoire a été fermée en novembre 2010. Les teneurs en nitrate dans l'eau récoltée à cette période sont faibles (~ 30 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). Au cours de la période de fermeture de la vanne à l'exutoire de ce lysimètre, des échantillons d'eau ont cependant été récoltés après l'ouverture de la vanne pendant un court laps de temps (une à deux heures) ; ceci permet d'avoir une vue de la qualité de l'eau en phase de percolation et de l'eau de nappe (ou sa frange capillaire) captée par le lysimètre. On observe une augmentation importante des teneurs en nitrate dans l'eau récoltée à l'ouverture de la vanne (~ 140 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). L'impact de la succession fève des marais – épinard, qui avait laissé une quantité importante d'azote nitrique dans le sol à la récolte (137 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha) s'est donc fait ressentir sur la qualité de l'eau de percolation à cette période. A la réouverture du lysimètre en avril, les volumes récoltés étaient assez faibles et les concentrations restaient élevées (> 100 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l).

Lors de la saison de drainage 2011-2012, la percolation a repris fin décembre 2011. Suite aux indications des piézomètres et au débordement des bidons de récolte dans la chambre de visite, la vanne à l'exutoire du lysimètre a été fermée en janvier 2012. Les premières concentrations mesurées lors de cette saison de drainage sont en baisse (de 115 à 46 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l); cette tendance devra être confirmée lors des prochaines mesures.

**Tableau 13. Parcelle PL3, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate (saisons de drainage 2010-2011 et 2011-2012 partielle)**

Mois	Pluviométrie (mm)	Irrigation (mm)	Volumes récoltés (l)	Concentration moyenne mensuelle (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l)	Quantité d'azote nitrique lixivié (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha)
Septembre 2010	48	-	73,2	35	5,8
Octobre	43	-	2,6	30	0,2
Novembre	86	-	1,1	23	0,1
Décembre	24	-	fermé	(148)	-
Janvier 2011	58	-	fermé	(134)	-
Février	23	-	fermé	(147)	-
Mars	13	-	fermé	(111)	-
Avril	16	-	7,1	97	1,6
Mai	0	-	0,2	107	0,1
Juin	44	-	0,3	106	0,1
Juillet	63	-	0,1	120	0,0
Août	110	-	0	-	-
<b>DRAINAGE 2010-2011</b>	<b>528</b>	<b>0</b>	<b>84,6</b>	<b>40</b>	<b>7,7</b>
Septembre 2011	18	-	0	-	-
Octobre	25	-	0	-	-
Novembre	3	-	0	-	-
Décembre	121	-	0,2	115	0,1
Janvier 2012	39	-	fermé	(46)	-
<b>DRAINAGE 2011-2012</b>	<b>206</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b>	<b>115</b>	<b>0,1</b>

#### 6.4.4 Graphique récapitulatif

La Figure 15 présente une synthèse des mesures et observations pour la parcelle PL3. Ce lysimètre est régulièrement fermé (à l'aide d'une vanne située à son exutoire) durant la période automnale et hivernale, durant laquelle le lysimètre intercepte la nappe ou sa frange capillaire. La récolte de volumes d'eau très importants, couplée aux mesures du niveau d'eau dans les piézomètres situés à proximité, permettent de préciser quand le lysimètre entre en phase de drainage de la nappe, nécessitant alors la fermeture de la vanne. La durée de la période de fermeture hivernale du lysimètre est variable et dépend des conditions climatiques et culturales.

En 2009-2010, la vanne à l'exutoire de ce lysimètre est restée fermée de fin janvier 2010 jusque fin avril 2010. En 2010-2011, la vanne a été fermée à la mi-novembre 2010 et a été rouverte dans le courant du mois d'avril 2011. La vanne a de nouveau été fermée au début du mois de janvier 2012. Lors de la période de fermeture du lysimètre, des échantillons d'eau ont malgré tout été récoltés après ouverture de la vanne pendant un court laps de temps (une à deux heures) ; ceci permet d'avoir une vue de la qualité de l'eau en phase de percolation et de l'eau de nappe (ou sa frange capillaire) captée par le lysimètre.

La première partie de ce graphique (années 2009 et 2010) confirme que les teneurs en nitrate mesurées dans l'eau de percolation restent faibles après une succession betterave – froment – CIPAN correctement gérée au niveau de la fertilisation.

Contrairement à ce qui a pu être observé sur la parcelle PL1 (cf. §6.3.3), l'introduction d'une double culture légumière fève des marais – épinard d'automne a eu pour conséquence une augmentation des concentrations en  $\text{NO}_3^-$  (de 100 à 150 mg/l) dans le lysimètre en 2011. La différence de reliquat azoté en post-récolte de l'épinard d'automne (78 kg  $\text{N-NO}_3^-$ /ha le 10/9/2009 sur PL1 contre 137 kg  $\text{N-NO}_3^-$ /ha le 6/9/2010 sur PL3) peut expliquer en partie cet écart de teneur en  $\text{NO}_3^-$  dans l'eau de percolation entre les deux parcelles. La différence de régime hydrique entre les deux périodes (hiver 2009 – 2010 plus sec avec une reprise plus tardive de la percolation que l'hiver 2010 – 2011) peut également expliquer en partie cet écart entre les deux parcelles. Mais le rôle de CIPAN joué par les repousses d'épinard sur la PL1 en 2009 contrairement à la destruction de l'épinard après récolte sur la PL3 est certainement l'explication principale de cet écart.

Enfin, les premières mesures en 2012 montrent une diminution des teneurs en nitrate dans l'eau de percolation (<50 mg  $\text{NO}_3^-$ /l) suite à la culture du froment suivie d'une avoine brésilienne en 2011.

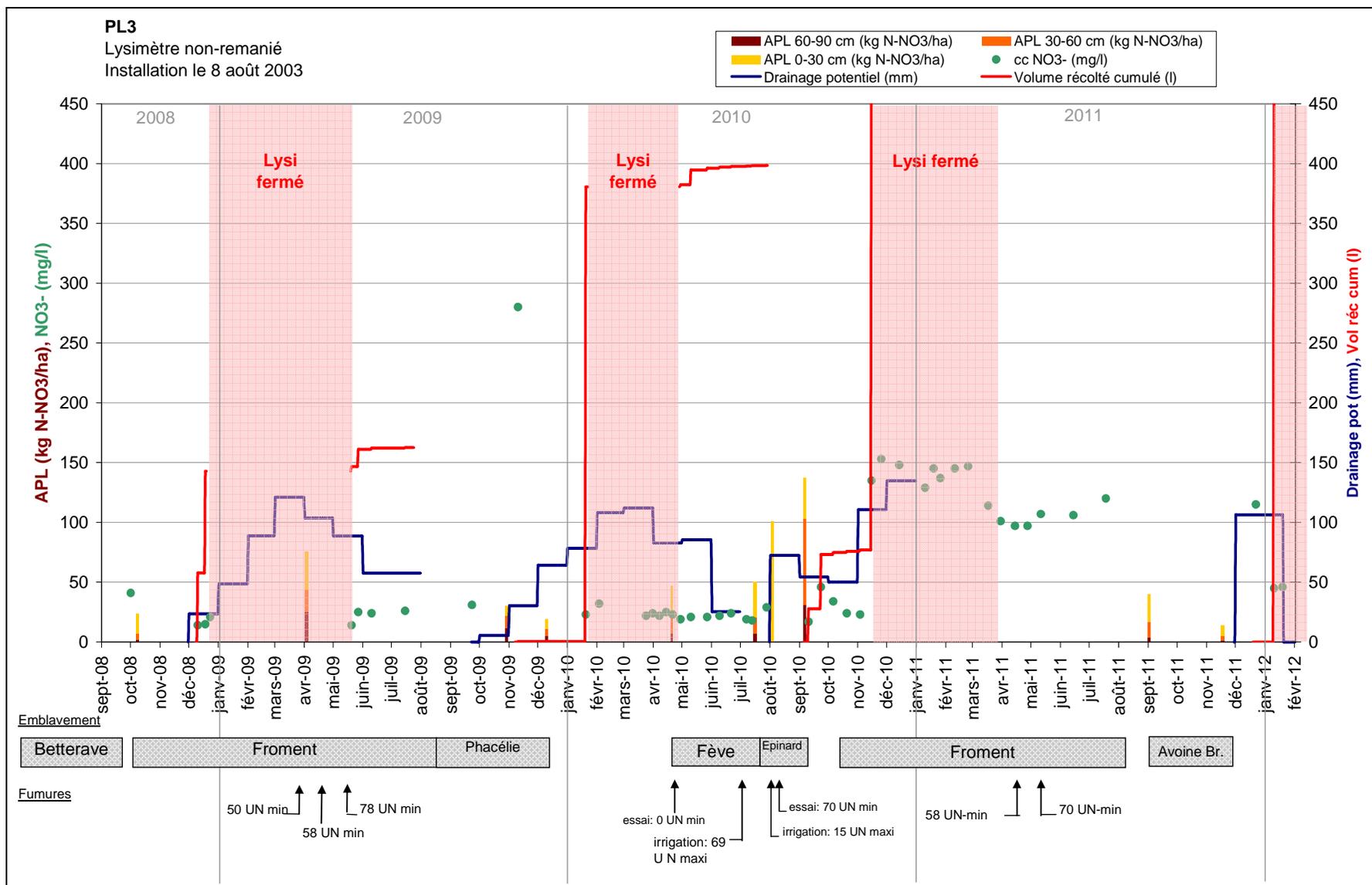


Figure 15. Synthèse des mesures et observations, parcelle PL3

## 6.5 Sole 4

Le lysimètre est de type remanié, installé en date du 8 août 2003.

L'historique cultural récent de cette parcelle est le suivant :

2008 : carotte

2009 : haricot

2010 : froment

2011 : pépinière d'arbres fruitiers (pommiers et poiriers)

2012 : pépinière d'arbres fruitiers (pommiers et poiriers)

### 6.5.1 2011 : pépinière de pommiers et de poiriers

Une pépinière d'arbres fruitiers a été installée sur la parcelle Sole 4 en 2011 pour une durée de deux ans.

Le suivi lysimétrique de la qualité de l'eau en termes de nitrate sous une pépinière d'arbres fruitiers ne présentant que peu d'intérêt, il a été décidé de semer du ray-grass entre les lignes de plantations de la pépinière à l'aplomb du lysimètre (Photo 1) et d'exporter ce ray-grass pour reproduire le comportement d'une prairie de fauche. Les objectifs sont de:

- quantifier l'impact d'une prairie de fauche sur la qualité de l'eau de percolation ;
- évaluer l'intervalle de temps nécessaire pour réduire de manière significative la concentration en nitrate dans l'eau de percolation (supérieure à 200 mg/l au moment du semis du ray-grass) suite à l'implantation d'une prairie.



Photo 1. Ray-grass semé entre les lignes de plantations de la pépinière

Le ray-grass a été semé le 11 mai. En pleine période de croissance du ray-grass (juillet – août – septembre), le ray-grass était tondu et exporté tous les 15 jours (Photo 2 et Photo 3).



Photo 2. Tonte du ray-grass sur la parcelle Sole 4



Photo 3. Exportation du ray-grass sur la parcelle Sole 4

Deux prélèvements de sol ont eu lieu sur cette parcelle en 2011 (Tableau 14) pour déterminer la quantité d'azote nitrique présente dans le sol : un premier prélèvement dans le ray-grass le 19 août et un second prélèvement le 28 novembre dans le ray-grass et autour de celui-ci, dans la pépinière.

**Tableau 14. Reliquats azotés (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) sur dans la parcelle Sole 4 (pépinière de pommiers et poiriers) - 2011**

	19/08/2011	28/11/2011	
	Au niveau du ray-grass	Au niveau du ray-grass	Autour du ray-grass
0-30cm	6	2	192
30-60cm	6	2	66
60-90cm	7	1	14
<b>total</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	<b>272</b>

Il apparaît que le ray-grass a parfaitement joué son rôle de piège à nitrate sur cette parcelle. Les deux profils établis au niveau du semis de ray-grass montrent des quantités d'azote nitrique très faibles. A la fin du mois d'août, le ray-grass avait déjà bien épuisé le profil.

En revanche, dans le reste de la parcelle (en dehors du ray-grass), la quantité d'azote nitrique présente dans le sol le 28 novembre est très importante. Il faut savoir qu'il n'y a pas eu d'apport d'engrais azoté sur cette parcelle, pratique courante sur les pépinières d'arbres fruitiers. La quantité d'azote nitrique mesurée pose donc question et ne peut résulter que d'une minéralisation de l'humus du sol. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette valeur élevée :

- le travail et l'affinage du sol ont été importants avant l'implantation de la pépinière dans la parcelle, au cours d'un mois d'avril particulièrement chaud. Sachant que trois irrigations ont eu lieu à la fin du mois d'avril et en mai (cf. §5), ces conditions ont largement favorisé une reprise précoce de la minéralisation ;
- des conditions climatiques propices à une minéralisation automnale (mois d'août humide et automne doux - cf. §4) ;

- le prélèvement de sol a eu lieu à la fin du mois de novembre, à une période où les feuilles tombées au sol ont déjà libéré une grande partie de leurs éléments nutritifs. On peut d'ailleurs observer que la couche 0-30cm contient la majorité de l'azote nitrique présent dans le sol à ce moment.

Sachant que le reliquat azoté mesuré sur l'ensemble de la parcelle le 15 décembre 2010 s'élevait à 27kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha, on peut en conclure que la minéralisation sur cette parcelle s'est chiffrée en 2011 à plus de 200kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha.

### 6.5.2 2012 : pépinière de pommiers et poiriers

La pépinière d'arbres fruitiers sera toujours en place sur cette parcelle en 2012. Les prélèvements de sol au niveau du ray-grass et en dehors de celui-ci se poursuivront afin d'assurer un suivi de la minéralisation et du piégeage de l'azote nitrique par le ray-grass.

### 6.5.3 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles

La saison de drainage 2010-2011 s'est étalée de janvier 2011 jusqu'à fin avril 2011 (Tableau 15). Au cours de celle-ci, 17% de la pluviométrie totale de la période ont été récoltés à l'exutoire du lysimètre. Les concentrations en nitrate dans l'eau récoltée à l'exutoire du lysimètre étaient élevées (205 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l en moyenne), même si une tendance à la baisse se marquait (de 210 à 175 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). Au total, l'équivalent de 45 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha ont été récoltés à l'exutoire de ce lysimètre durant cette période.

**Tableau 15 : Parcelle sole 4, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate (saisons de drainage 2010-2011 et 2011-2012 partielle)**

Mois	Pluviométrie (mm)	Irrigation (mm)	Volumes récoltés (l)	Concentration moyenne mensuelle (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l)	Quantité d'azote nitrique lixivié (kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha)
Septembre 2010	48	-	0	-	-
Octobre	43	-	0	-	-
Novembre	86	-	0	-	-
Décembre	24	-	0	-	-
Janvier 2011	58	-	67,7	210	32,0
Février	23	-	21,4	198	9,5
Mars	13	-	6,9	188	2,9
Avril	16	15	0,6	175	0,2
Mai	0	40	0	-	-
Juin	44	-	0,1	207	0,0
Juillet	63	-	0,2	175	0,1
Août	110	-	0	-	-
<b>DRAINAGE 2010-2011</b>	<b>528</b>	<b>55</b>	<b>96,9</b>	<b>205</b>	<b>44,9</b>
Septembre 2011	18	-	0	-	-
Octobre	25	-	0	-	-
Novembre	3	-	0	-	-
Décembre	121	-	0	-	-
Janvier 2012	39	-	31	88	6,2
<b>DRAINAGE 2011-2012</b>	<b>206</b>	<b>0</b>	<b>31</b>	<b>88</b>	<b>6,2</b>

Au cours de la saison de drainage 2011-2012, la percolation a repris tardivement, en janvier 2012. 31l ont été récoltés à l'exutoire de ce lysimètre au cours de ce mois. Les premières mesures indiquent que les teneurs en nitrate dans l'eau de percolation continuent de baisser,

ce qui souligne l'efficacité du ray-grass semé à l'aplomb du lysimètre pour réduire les pertes de nitrate vers les eaux souterraines.

#### **6.5.4 Graphique récapitulatif**

La Figure 16 présente une synthèse des mesures et observations pour la parcelle Sole 4.

Les teneurs en nitrate dans l'eau de percolation étaient particulièrement élevées (~ 200 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ ) à l'exutoire de ce lysimètre depuis quelques années. Les concentrations ont commencé à augmenter en 2008, suite à une culture de froment sans CIPAN. Par la suite, ces concentrations sont restées élevées, malgré des APL qui étaient, à une exception près, beaucoup plus faibles (24 kg  $\text{N-NO}_3^-/\text{ha}$  après carotte en 2008, 103 kg  $\text{N-NO}_3^-/\text{ha}$  après haricot en 2009, 24 kg  $\text{N-NO}_3^-/\text{ha}$  après froment en 2010). Ce lysimètre est celui où la différence entre la valeur de l'APL et les concentrations en nitrate dans l'eau de percolation est la plus importante. Le fait que le sol n'ait pas été couvert durant plusieurs intercultures longues (après froment en 2007 et 2010) apporte peut-être une piste d'explication à ce constat.

En 2011, un ray-grass a été semé à l'aplomb du lysimètre, en interligne de la pépinière d'arbres fruitiers, dans le but de quantifier l'impact d'une prairie de fauche sur la qualité de l'eau de percolation. Les premières mesures à l'exutoire de ce lysimètre en janvier 2012 indiquent une diminution de la teneur en  $\text{NO}_3^-$ , ce qui tend à prouver l'efficacité du ray-grass pour piéger le nitrate.

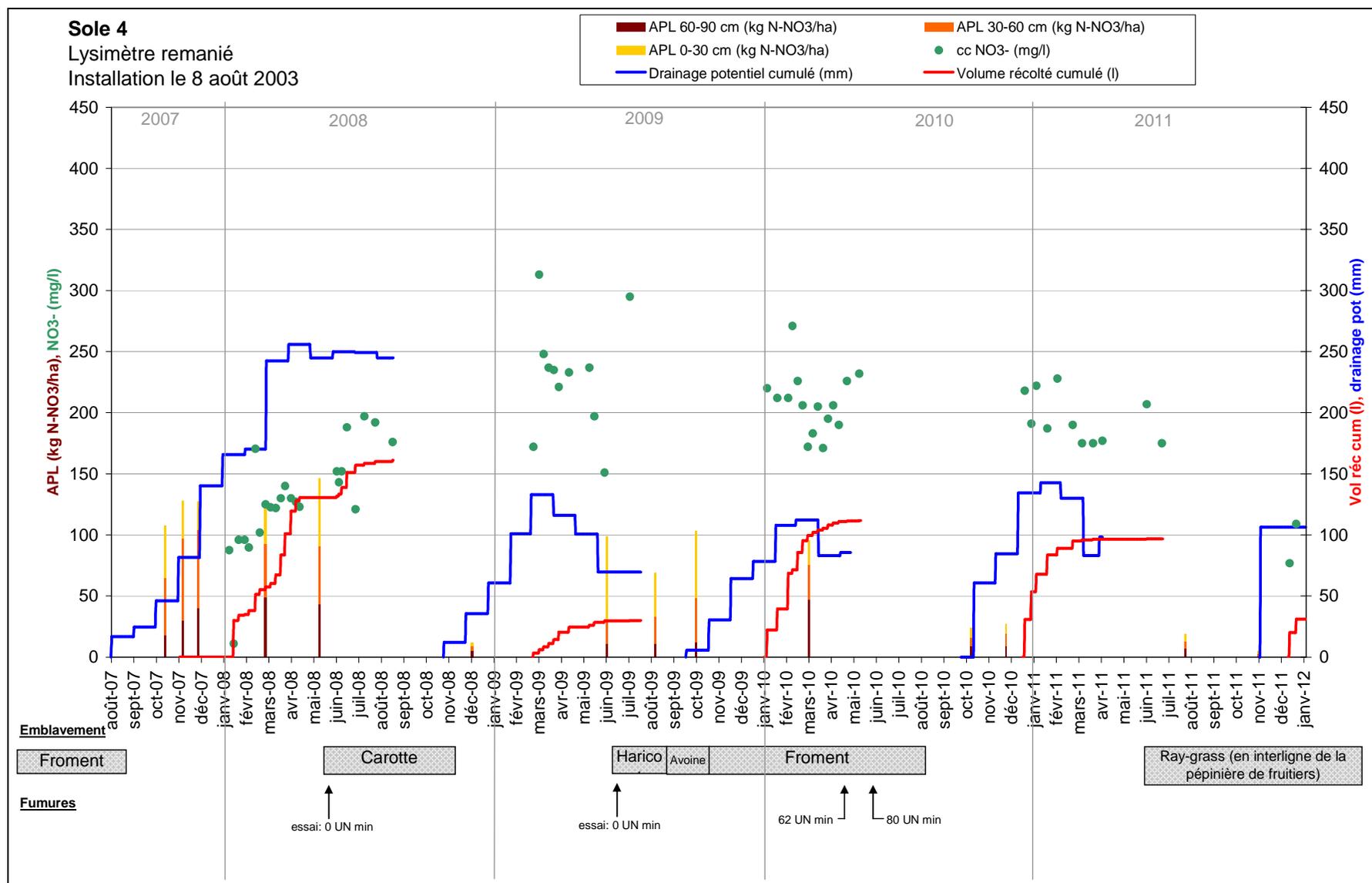


Figure 16. Synthèse des mesures et observations, parcelle Sole 4

## 6.6 Haute Bova

Ce lysimètre est le dernier installé, en date du 13 août 2009. Il est de type remanié.

L'historique cultural récent de cette parcelle est le suivant :

2008 : chicorée  
 2009 : froment suivi de CIPAN  
 2010 : betterave  
 2011 : froment suivi de CIPAN  
 2012 : pois

Du fumier de bovin (33 t/ha) a été apporté sur cette parcelle en août 2009, après la moisson du froment. Du compost (10 t/ha) a été apporté au mois d'août 2011.

Le lysimètre a commencé à débiter en mars 2010 et a permis la récolte d'eau de percolation jusque juillet 2010.

La saison de drainage 2010 – 2011 s'est étalée de janvier 2011 à avril 2011.

### 6.6.1 2011 : froment

Un froment a été implanté sur cette parcelle le 10 octobre 2010. Compte tenu du fait que deux essais portant sur la gestion de l'interculture après froment ont été mis en place dans deux autres parcelles équipées d'un lysimètre (cf. parcelles PL1 - §6.3 et PL3 - §6.4), il a été décidé de ne pas mener d'essai sur cette parcelle en 2011.

Sur l'ensemble de la parcelle, l'agriculteur a apporté 165 UN minéral au printemps ainsi que 10 t/ha de compost (à 13,82 kg/t) après la récolte du froment fin août. Une moutarde a été semée le 1<sup>er</sup> septembre. Deux profils azotés ont été établis sur l'ensemble de la parcelle les 27 octobre et 7 décembre (Tableau 16). On peut voir que les APL sont faibles, reflétant les bonnes conditions d'implantation des CIPAN en 2011 et par conséquent leur prélèvement efficace d'azote nitrique.

**Tableau 16. APL (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) sur la parcelle Haute Bova (froment + moutarde) - 2011**

	27/10/2011	07/12/2011
	Sur l'ensemble de la parcelle	
0-30cm	9	8
30-60cm	10	5
60-90cm	5	2
<b>total</b>	<b>24</b>	<b>15</b>

### 6.6.2 2012 : pois

En 2012, un pois sera implanté sur cette parcelle. L'essai portera sur l'interculture.

### 6.6.3 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles

La saison de drainage 2010-2011 s'est étalée d'octobre 2010 jusqu'en avril 2011. 114 l ont été récoltés à l'exutoire du lysimètre durant cette période, prouvant là le bon fonctionnement hydrologique de ce lysimètre deux ans après son installation dans cette parcelle. Mis à part à la reprise de la percolation, en octobre et en novembre 2010 (où les volumes récoltés étaient faibles), les teneurs en nitrate étaient faibles (14 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l en moyenne) ; l'apport de matière organique (fumier de bovin) à l'automne 2009 ne s'est donc pas fait ressentir sur la qualité (en termes de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) de l'eau de percolation récoltée à 2m de profondeur.

Au moment de boucler ce rapport, la saison de drainage 2011-2012 n'avait pas encore réellement débuté. Seul un échantillon de 0,4l a pu être récolté à ce jour, avec une faible concentration en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (14 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l).

**Tableau 17. Parcelle Haute Bova, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate (saisons de drainage 2010-2011 et 2011-2012 partielle)**

Mois	Pluviométrie	Irrigation	Volumes récoltés	Concentration moyenne mensuelle	Quantité d'azote nitrique lixivié
	(mm)	(mm)	(l)	(mg NO <sub>3</sub> -/l)	(kg N-NO <sub>3</sub> /ha)
Septembre 2010	48	-	0	-	-
Octobre	43	-	0,1	90	0,0
Novembre	86	-	0,4	46	0,0
Décembre	24	-	0	-	-
Janvier 2011	58	-	59,0	9	1,2
Février	23	-	41,0	18	1,7
Mars	13	-	12,5	24	0,7
Avril	16	-	0,4	34	0,0
Mai	0	-	0	-	-
Juin	44	-	0,3	38	0,0
Juillet	63	-	0,2	37	0,0
Août	110	-	0	-	-
<b>DRAINAGE 2010-2011</b>	<b>528</b>	<b>0</b>	<b>114,0</b>	<b>15</b>	<b>3,8</b>
Septembre 2011	18	-	0	-	-
Octobre	25	-	0	-	-
Novembre	3	-	0	-	-
Décembre	121	-	0,4	14	0,0
Janvier 2012	39	-	0	-	-
<b>DRAINAGE 2011-2012</b>	<b>206</b>	<b>0</b>	<b>0,4</b>	<b>14</b>	<b>0,0</b>

#### **6.6.4 Graphique récapitulatif**

La Figure 17 présente une synthèse des mesures et observations sur la parcelle Haute Bova.

Après son implantation en août 2009, le lysimètre installé sur la parcelle Haute Bova a commencé à débiter de l'eau de percolation en mars 2010, avec des teneurs en nitrate relativement faibles ( $\sim 35 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ ), à la suite d'une culture de froment suivie d'une moutarde (avec application de 33 t/ha de fumier bovin).

En 2010, la betterave mise en place sur cette parcelle a laissé un reliquat azoté très faible (16 kg N- $\text{NO}_3^-/\text{ha}$ ). Les teneurs en nitrate dans l'eau de percolation récoltée durant la saison de drainage suivante étaient du même ordre de grandeur ( $\sim 25 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ ). Les observations sur ce lysimètre soulignent à nouveau l'intérêt de la succession betterave – froment – CIPAN pour la récolte d'une eau de percolation de bonne qualité (en termes de nitrate).

Globalement, les observations réalisées sur ce lysimètre depuis deux ans montrent que l'application régulière (tous les deux ans) de matière organique (fumier de bovin en 2009 et compost en 2011) dans une rotation betterave – froment - CIPAN n'a pas causé de dégradation significative de la qualité de l'eau de percolation (en terme de nitrate), pour autant que les quantités apportées ne dépassent pas les limites fixées par le PGDA.

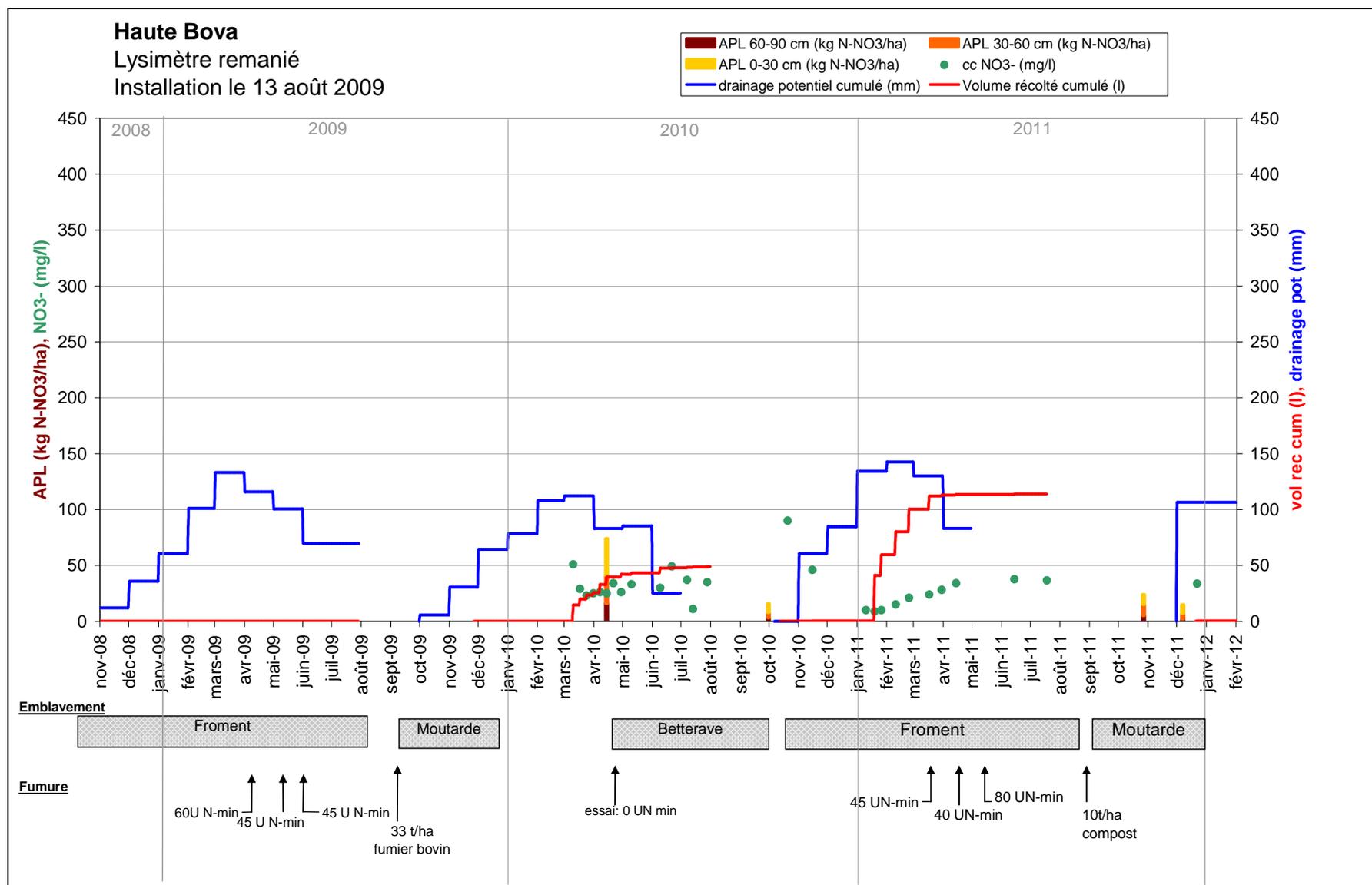


Figure 17. Synthèse des mesures et observations, parcelle Haute Bova

## 6.7 Parcelles non-équipées d'un lysimètre

Trois parcelles non-équipées d'un lysimètre ont fait l'objet d'un essai en 2011 (cf. §3.3), portant sur la réduction du conseil de fertilisation en carotte et en fève des marais et sur la gestion de l'interculture après pois. Ces trois parcelles se situent dans les communes de Forville, Berloz et Jeneffe respectivement. Dans la suite du document, les parcelles seront nommées selon ces noms de commune. Les parcellaires expérimentaux mis en place dans ces parcelles sont détaillés au §3.3.

### 6.7.1 Forville : carotte

L'essai mis en place sur cette parcelle a testé l'impact d'une réduction du conseil de fertilisation en carotte.

Les carottes ont été semées le 5 mai et ont été récoltées le 30 septembre.

Un prélèvement de sol a été effectué dans la parcelle le 21 mars en vue du conseil de fumure (Tableau 18). Trois niveaux de fertilisation (cf. § 3.3) ont été testés :

- 0 UN sur les sous-parcelles 101, 202, 303 et 402 (cf. Figure 4) ;
- 40 UN (conseil calculé selon les nouvelles valeurs de besoins forfaitaires) ont été appliquées sur les sous-parcelles 102, 203, 301 et 403 le 13 mai ;
- 80 UN (conseil calculé selon les anciennes valeurs de besoins forfaitaires) ont été appliquées sur les sous-parcelles 103, 201, 302 et 401 le 13 mai.

Un second prélèvement de sol a été effectué le 30 septembre, après la récolte des carottes (Tableau 18). Ce tableau montre que le reliquat azoté mesuré sur les sous-parcelles correspondant à l'objet 'fumure ancien conseil' se démarque des reliquats azotés mesurés sur les autres sous-parcelles de l'essai. L'analyse statistique confirme une différence significative de reliquat azoté entre l'objet 'fumure ancien conseil' et les deux autres objets ('fumure nouveau conseil' et 'fumure conseil réduite').

**Tableau 18. Reliquats azotés (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) mesurés dans la parcelle Forville – carotte en 2011**

	21/03/2011	30/09/2011		
	autour de l'essai	sur le parcellaire expérimental		
	pour conseil ferti	0 UN	40 UN	80 UN
0-30cm	15	5	8	29
30-60cm	9	7	12	28
60-90cm	5	5	9	16
<b>total</b>	<b>29</b>	<b>17</b>	<b>29</b>	<b>73</b>
Groupe statistique		<b>a</b>	<b>b</b>	

La date du prélèvement de sol (30/09) se situant hors de la plage de mesure de l'APL de référence (avant le 15/10), il n'a pas été possible de comparer les reliquats azotés mesurés sur cette parcelle à l'APL de référence 2011.

Les rendements obtenus sur le parcellaire expérimental sont présentés au Tableau 19. On peut voir que le rendement diminue avec la dose d'azote appliquée. Deux groupes statistiques se

démarquent pour le rendement : le premier groupe comprend les rendements obtenus avec les objets 'fumure conseil réduite' et 'fumure nouveau conseil' et le second groupe comprend les rendements obtenus avec les objets 'fumure nouveau conseil' et 'fumure ancien conseil'.

Les densités moyennes observées dans cet essai ne sont pas considérées comme significativement différentes par l'analyse statistique : un seul groupe se dégage.

Par ailleurs, on observe une augmentation du poids moyen par carotte avec le niveau de fumure. Deux groupes se dégagent et l'objet 'fumure nouveau conseil' est intermédiaire entre ces deux groupes.

Après le semis des carottes le 5 mai, l'azote a été appliqué sous forme de nitrate le 13 mai. Les conditions sèches du printemps n'ont permis ni la germination des carottes ni la fonte complète de l'engrais. Ces processus n'ont pu être déclenchés qu'avec le retour des précipitations début juin. La probabilité que l'azote libéré à cette période percole et touche un germe de carotte est plus élevée sous l'objet 80 UN que sous l'objet sans azote. La perte de quelques plantules par brûlure lors de la germination des carottes serait une explication possible aux différences de densité observées entre les 3 objets. Bien que ces différences ne soient pas significatives, il y a malgré tout 18 carottes de moins au mètre pour l'objet 80 UN par rapport à l'objet 0 UN. Cette faible densité a donné des carottes plus grosses mais moins nombreuses.

**Tableau 19. Rendements et qualité de récolte obtenus sur la parcelle Forville – carotte en 2011**

	<b>0 UN</b>	<b>40 UN</b>	<b>80 UN</b>
rendement moyen (t/ha)	88,25	84,63	80,42
gr. statistique	<b>a</b>	<b>b</b>	
densité moyenne (carotte/m)	79	72	61
gr. statistique	<b>a</b>		
poids moyen (g)	69	73	81
gr. statistique	<b>a</b>	<b>b</b>	

*En conclusion, sur cet essai de fertilisation en carotte, il faut rester très prudent vu les difficultés rencontrées. Néanmoins, il semble que le conseil de 80 UN ('fumure ancien conseil') soit à proscrire car il laisse un reliquat azoté post-récolte nettement supérieur à ceux des fumures "nouveau conseil" ou "zéro azote".*

### 6.7.2 Berloz : fève des marais – épinard d'automne

L'essai mis en place sur cette parcelle a testé l'impact d'une réduction du conseil de fertilisation en fève des marais.

Les fèves des marais ont été semées le 18 avril et ont été récoltées le 15 juillet.

Un prélèvement de sol a été effectué dans la parcelle le 1<sup>er</sup> mars en vue du conseil de fumure (Tableau 20). Trois niveaux de fertilisation (cf. § 3.3) ont été testés :

- 0 UN sur les sous-parcelles 101, 202, 303 et 402 (cf. Figure 4) ;
- 50 UN (conseil calculé selon les nouvelles valeurs de besoins forfaitaires) ont été appliquées sur les sous-parcelles 102, 203, 301 et 403 le 29 avril ;
- 100 UN (conseil calculé selon les anciennes valeurs de besoins forfaitaires) ont été appliquées sur les sous-parcelles 103, 201, 302 et 401 le 29 avril.

Un second prélèvement de sol a été effectué le 18 juillet, après la récolte des fèves (Tableau 20). Les reliquats azotés post-récolte mesurés sur le parcellaire expérimental étaient assez faibles, quelle que soit la fertilisation appliquée. On peut cependant voir que le reliquat azoté obtenu pour l'objet 'fumure ancien conseil' (100UN) était significativement plus élevé que les deux autres reliquats azotés.

**Tableau 20. Reliquats azotés (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) mesurés dans la parcelle Berloz – fève des marais en 2011**

	01/03/2011	18/07/2011		
	autour de l'essai	sur le parcellaire expérimental		
	pour conseil ferti	0 UN	50 UN	100 UN
0-30cm	6	14	17	24
30-60cm	3	9	10	10
60-90cm	3	8	7	7
<b>total</b>	<b>12</b>	<b>31</b>	<b>34</b>	<b>41</b>
Groupe statistique		<b>a</b>		<b>b</b>

Les rendements et qualité de récolte obtenus sur le parcellaire expérimental sont présentés au Tableau 21. Quelle que soit la fertilisation appliquée, les rendements obtenus sont proches, ce qui est confirmé par l'analyse statistique, étant donné qu'un seul groupe se dégage.

Les différences de tendérométries mesurées sont faibles. L'analyse statistique confirme que les tendérométries mesurées appartiennent au même groupe, ce qui implique qu'elles ne sont pas significativement différentes.

**Tableau 21. Rendements et qualité de récolte obtenus sur la parcelle Berloz en fève des marais en 2011**

	0 UN	40 UN	80 UN
rendement moyen (t/ha)	9,39	9,67	9,60
gr. statistique	<b>a</b>		
tendérométrie	118,1	121,6	119,5
gr. statistique	<b>a</b>		

Un épinard d'automne a été semé sur cette parcelle le 26 juillet. Les reliquats azotés et les rendements en épinard ont été suivis sur le parcellaire expérimental afin de mesurer l'impact de la minéralisation des résidus de fève sur l'épinard d'automne en seconde culture.

Un prélèvement de sol a été réalisé sur le parcellaire expérimental le 10 août pour mesurer la quantité d'azote présente dans les 40 premiers centimètres de sol (Tableau 22). Il apparaît que la quantité d'azote nitrique y était importante, conséquence de la minéralisation des résidus de culture de fève et de l'azote liquide apporté avant le semis, soit 82 UN sur tout le parcellaire. On n'observe cependant pas de différence significative entre les trois objets testés.

**Tableau 22. Reliquats azotés (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle Berloz en épinards d'automne en 2011**

		10/08/2011		
fumure sur fèves :		0 UN	50 UN	100 UN
0-40cm		160	151	146
groupe statistique		a		

L'épinard d'automne a été récolté le 15 septembre. Un prélèvement de sol a été réalisé le même jour, après la récolte de l'épinard (Tableau 23). L'azote présent dans le profil le 10 août a été bien utilisé par l'épinard d'automne ; les reliquats azotés post-récolte sont assez faibles le 15 septembre. Il n'existe pas de différence significative de reliquat azoté post-récolte entre les différents objets de l'essai.

**Tableau 23. Reliquats azotés (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle Berloz après épinards d'automne en 2011**

		15/09/2011		
fumure sur fèves :		0 UN	50 UN	100 UN
fumure sur épinard :		82 UN	82 UN	82 UN
0-30cm		4	5	8
30-60cm		8	15	13
60-90cm		8	11	9
<b>total</b>		<b>20</b>	<b>31</b>	<b>30</b>
groupe statistique		a		

La date du prélèvement de sol (15/09) se situant hors de la plage de mesure de l'APL de référence (avant le 15/10), il n'a pas été possible de comparer les reliquats azotés mesurés sur cette parcelle à l'APL de référence 2011.

Les rendements et qualité de récolte (rapport tige – feuille) sont présentés au Tableau 24. Le rendement en épinard augmente avec le niveau de fertilisation qui avait été appliqué sur la culture précédente de fève des marais, ce qui peut laisser penser que les résidus de culture de fèves ont libéré d'autant plus d'azote nitrique que la fertilisation était élevée. Les épinards ont ensuite "profité" de ce surplus de minéralisation. Les différences de rendements ne sont cependant pas considérées comme significatives par l'analyse statistique.

Les différences observées de rapports tige/feuille ne sont pas non plus considérées comme significatives par l'analyse statistique.

Tableau 24. Rendements et qualité de récolte obtenus sur la parcelle Berloz en épinard d'automne en 2011

fumure sur fèves :	0 UN	50 UN	100 UN
fumure sur épinard :	82 UN	82 UN	82 UN
rendement moyen (t/ha)	22,48	23,52	24,94
gr. statistique		a	
tige/feuille (%)	16,0	18,9	17,7
gr. statistique		a	

*En conclusion, sur cet essai de fertilisation en fève des marais, le conseil de 100 UN ('fumure ancien conseil') était à proscrire puisqu'entraînant une augmentation significative du reliquat azoté post-récolte sans augmentation de rendement. La réduction du conseil par rapport aux valeurs actuelles (passage de 50 UN à 0 UN) s'est justifiée, en ce sens que l'on n'a pas observé de diminution significative de rendement en fève et que les reliquats azotés post-récolte n'étaient pas significativement différents. La sous-fertilisation de l'épinard d'automne a montré que les résidus de culture de fève libèrent d'autant plus d'azote que la fertilisation de la fève est élevée sans pour autant se traduire par des différences significatives de rendement sur l'épinard.*

### 6.7.3 Jeneffe : pois

L'essai mis en place sur cette parcelle a testé l'impact de l'implantation d'une CIPAN (nyger) après un pois et avant un froment.

La culture de pois a été récoltée le 10 juin. Un nyger a été semé le 29 juillet sur les sous-parcelles SC1, SC2, SC3 et SC4 (cf. Figure 5).

Un prélèvement de sol a été effectué au niveau du parcellaire expérimental le 1<sup>er</sup> août pour mesurer la quantité d'azote nitrique présente dans le profil au semis du nyger (Tableau 25). L'azote nitrique est principalement localisé dans la couche 0-30cm suite à la minéralisation des résidus de culture de pois. Les quantités d'azote nitrique ne sont pas significativement différentes en fonction des objets qui seront testés (sol nu ou nyger).

Le nyger, a été broyé le 20 octobre. Un second prélèvement de sol a été effectué le 19 octobre, juste avant le broyage du nyger (Tableau 25). On observe que les APL diffèrent fortement selon que le sol a été couvert ou non. L'analyse statistique confirme ce constat : la différence d'APL est considérée comme significative. Le nyger s'est bien développé au cours de cet essai et a prélevé 124 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha, laissant un APL moyen avant semis du froment. En revanche, la quantité d'azote nitrique présente dans le sol en l'absence de nyger est particulièrement élevée et principalement localisée dans les couches 0-30cm et 30-60cm, signe que la lixiviation du nitrate est en cours. Cette quantité ne pourra être récupérée que partiellement par le froment qui sera installé par après sur cette parcelle et se retrouvera à terme dans les eaux souterraines.

**Tableau 25. Reliquats azotés (kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha) mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle Jeneffe – pois en 2011**

	01/08/2011		19/10/2011	
	avant nyger	avant sol nu	après nyger	après sol nu
0-30cm	88	84	38	101
30-60cm	29	29	19	74
60-90cm	10	12	7	13
<b>total</b>	<b>127</b>	<b>125</b>	<b>64</b>	<b>188</b>
gr. statistique	<b>a</b>		<b>a</b>	<b>b</b>

Les APL mesurés sur le parcellaire expérimental ont été comparés à l'APL de référence de 2011 en légumes (classe A7 - Figure 18). L'APL mesuré sur le parcellaire expérimental sans CIPAN après pois est qualifié de mauvais, contrairement à l'APL mesuré sur le parcellaire expérimental avec CIPAN après pois qui est qualifié de satisfaisant.

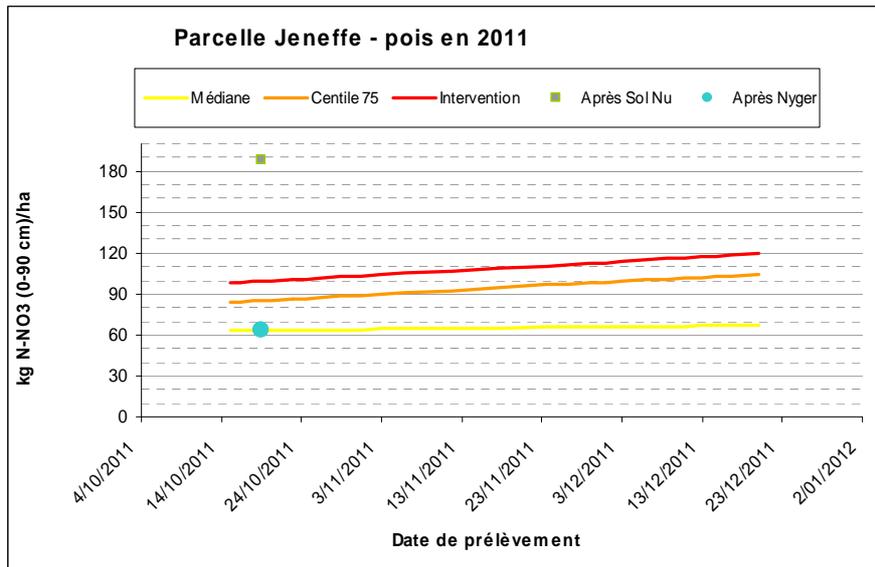


Figure 18. Reliquats azotés mesurés sur le parcellaire expérimental de la parcelle Jeneffe et APL de référence 2011 en légumes

L'évolution du profil azoté et les rendements en froment seront suivis en 2012 sur cette parcelle afin de préciser la dynamique de l'azote nitrique, et notamment les processus de minéralisation/immobilisation dans le cas d'une CIPAN partiellement lignifiée comme le nyger sur cet essai.

*En conclusion, sur cet essai de gestion de l'interculture entre un pois et un froment, la couverture de sol par un nyger s'est révélé être une mesure efficace pour réduire l'APL avant le semis du froment. Le pois est une culture qui se récolte tôt, ce qui laisse le temps d'implanter efficacement une CIPAN. Par contre, si le sol reste nu entre la récolte du pois et le semis du froment, et en cas de conditions favorables à la minéralisation des résidus de pois, la quantité d'azote nitrique qui ne sera récupérable qu'en partie par le froment peut être élevée.*

## 7 Bilan financier

Un des objectifs du projet est d'évaluer de manière chiffrée les impacts technico-économiques des modifications apportées aux pratiques culturales de l'agriculteur. Pour cela, les différentes sous-parcelles des essais ont été récoltées séparément, en vue de la quantification individuelle de leur rendement. Il a ainsi été possible de mettre en balance le bénéfice environnemental des différents scénarios testés avec l'impact économique de ces mêmes scénarios. Il est possible de distinguer dans ce bilan financier l'impact de la réduction de la fertilisation azotée et l'impact de l'implantation de CIPAN.

### *7.1 Impact de la réduction de fertilisation azotée*

Les Tableau 26 et Tableau 27 reprennent les résultats des essais en termes de rendement par rapport à la fertilisation azotée et la différence financière entre les deux ou trois niveaux de fumure. Cette différence est calculée à partir du chiffre d'affaires (C.A.) et du coût de la fertilisation azotée.

Le chiffre d'affaires pour les cultures légumières a été calculé sur base des contrats passés entre les agriculteurs et la s.a. Hesbaye Frost. Pour des questions de confidentialité, seul le chiffre d'affaires est repris sans le détail du calcul. Il faut toutefois noter qu'en fonction de la culture, les prix sont liés à la qualité et à la quantité produite. La qualité est classée par catégories avec un prix pour chacune d'entre elles. La quantité produite est plafonnée et au-delà de ce plafond le prix est nettement moindre. C'est pourquoi, un rendement supérieur ne donne pas forcément un chiffre d'affaires supérieur car la production peut alors être classée dans une catégorie de qualité inférieure à un prix plus faible.

Le coût de la fertilisation azotée a été calculé sur base de coûts standards, à savoir :

- 0,88 €/kg d'azote liquide ;
- 1,06 €/kg d'azote sous forme solide (nitrate d'ammonium);
- 15 €/ha pour le coût d'épandage.

Les chiffres financiers de ces tableaux sont repris à titre indicatif. Ils n'ont pas fait l'objet d'une analyse statistique. Le coût de l'azote est lié au prix de l'énergie et est donc très variable d'une année à l'autre. Les prix des légumes sous contrat sont revus chaque année et sont indirectement liés au prix des productions agricoles de base comme les céréales. Il est donc difficile de comparer des résultats d'essais sur le plan financier d'une année à l'autre même si sur le plan agronomique ces résultats sont semblables.

Tableau 26. Résultats des essais sur sites lysimétriques en 2011 en termes de rendement et de bilan financier (€/ha)

Parcelle	Culture	Résultats 2011				Financier 2011				Différence (FC - FR)
		Fumure réduite		Fumure conseillée		Fumure réduite (FR)		Fumure conseillée (FC)		
		Fumure	Rendement	Fumure	Rendement	C.A.	Coût Fert. Az.	C.A.	Coût Fert. Az.	
P1	Froment	pas d'essai								
P2	Froment	pas d'essai								
P3	Pépinière	pas d'essai								
P4	Pomme de terre	pas d'essai								
P5	Haricot	0 UN	10,58 T/ha	37 UN	9,32 T/ha	2.050 €	0 €	1.805 €	48 €	-293 €
P6	Froment	pas d'essai								

Tableau 27. Résultats des essais hors sites lysimétriques en 2011 en termes de rendement et de bilan financier (€/ha)

Parcelle	Culture	Résultats 2011						Financier 2011							
		Fumure réduite		Fumure conseillée		Fumure conseil 09		Fumure réduite (FR)		Fumure conseillée (FC)		Fumure conseil 09 (F09)		Différence (FC - FR)	Différence (F09 - FC)
		Fumure	Rendement	Fumure	Rendement	Fumure	Rendement	C.A.	Coût Fert. Az.	C.A.	Coût Fert. Az.	C.A.	Coût Fert. Az.		
P1	Fève des marais	0 UN	9389 kg/ha	50 UN	9673 kg/ha	100 UN	9598 kg/ha	3.590 €	0 €	3.551 €	59 €	3.612 €	103 €	-98 €	17 €
	Epinard	82 UN	22,48 T/ha	82 UN	23,52 T/ha	82 UN	24,94 T/ha	1.463 €	87 €	1.420 €	87 €	1.572 €	87 €	-43 €	152 €
P2	Carotte	0 UN	88,25 T/ha	40 UN	84,63 T/ha	80 UN	80,42 T/ha	4.413 €	0 €	4.231 €	50 €	4.021 €	85 €	-232 €	-245 €

\*une valeur négative dans les deux dernières colonnes indique un gain financier sur les sous-parcelles où la fumure était réduite

Sur les parcelles équipées d'un lysimètre, seule une parcelle de haricot a fait l'objet d'un essai de fertilisation. Il apparaît que cet essai était plus rentable d'un point de vue financier avec la réduction du conseil de fertilisation. Ceci s'explique par un chiffre d'affaire supérieur (en raison du rendement supérieur) combiné à des coûts de fertilisation moindres.

Sur les parcelles hors sites lysimétriques, une parcelle a fait l'objet d'un essai de fertilisation en fève des marais (suivie d'un épinard d'automne). Pour la culture de fève des marais, la fumure la plus "rentable" était la réduction du conseil de fumure, avec un chiffre d'affaire élevé et un coût de fertilisation nul. L'impact de la fertilisation croissante en fève des marais s'est par contre fait ressentir positivement sur le chiffre d'affaire en épinard, en raison du rendement supérieur obtenu grâce à la minéralisation des résidus de culture de fèves (la fertilisation en épinard étant identique sur l'ensemble du parcellaire).

Enfin, pour l'essai en carotte, l'analyse financière montre qu'en raison des différences marquées de rendements entre les objets (cf. §6.7.1), c'est la réduction du conseil de fumure qui s'est révélée la plus "rentable"

## 7.2 Coût de l'implantation de CIPAN

On a pu voir sur les essais en 2011 que la gestion de l'interculture, et plus particulièrement l'implantation de CIPAN en interculture courte ou longue, pouvait avoir un impact positif en termes de réduction des pertes azotées vers les eaux souterraines.

L'objectif de ce paragraphe est d'estimer les coûts d'implantation d'une CIPAN qui peuvent fortement varier en fonction du matériel utilisé, de la technique de semis, de l'espèce semée, de la technique de destruction,....

Il existe par ailleurs une série de bénéfices liés à l'implantation d'une CIPAN qui sont difficilement chiffrables :

- lutte contre l'érosion des terres agricoles ;
- amélioration de la structure du sol ;
- production d'humus ;
- production de fourrage ;
- ...

Trois types de coûts ont été pris en compte dans cette analyse pour tenir compte de l'impact financier des CIPAN :

- coûts liés au semis des CIPAN ;
- coût des semences ;
- coûts liés à la destruction des CIPAN.

Le coût de semis est estimé à 30€/ha (Chambre d'Agriculture Rhône-Alpes<sup>9</sup> ; Deneufbourg et al, 2010). Le coût du déchaumage éventuel avant semis des CIPAN n'est pas pris en compte.

Le coût des semences est estimé à partir des valeurs renseignées par de Toffoli et al (2010) sur base d'essais menés sur la production fourragère d'un certain nombre de CIPAN.

Les coûts de destruction (broyage, labour) des CIPAN sont estimés à partir des valeurs renseignées par Nitrawal (2007) dans le classeur Eau – Nitrate, par le producteur de semences SEM-Partners<sup>10</sup> et par la Chambre d'Agriculture Rhône-Alpes<sup>9</sup>. Au final, le coût du broyage est estimé à 25 €/ha et le coût du labour à 40€/ha.

Le Tableau 28 synthétise les coûts estimés d'implantation des CIPAN sur les essais menés en 2011. On peut voir que le coût d'implantation est estimé de 70€/ha à 135€/ha en fonction du type de CIPAN. La moutarde est la CIPAN dont le coût d'implantation est le plus faible, avec 70 €/ha. Ce chiffre est tout à fait conforme à celui cité par Hérivaux et al (2005) pour une culture de moutarde (67€/ha). En raison du coût des semences un peu plus élevé, l'implantation d'un nyger se révèle un peu plus coûteuse. Enfin, on peut voir que l'implantation d'une légumineuse, même en mélange, est sensiblement plus coûteuse, en raison principalement du coût des semences.

<sup>9</sup> [http://www.rhone-alpes.chambagri.fr/phytov3/pages/interculture\\_CIPAN.htm](http://www.rhone-alpes.chambagri.fr/phytov3/pages/interculture_CIPAN.htm)

<sup>10</sup> <http://www.sem-partners.com/doc/couv.pdf>

Tableau 28. Impact financier estimé de l'implantation des CIPAN sur les essais 2011

Parcelle	Culture	CIPAN	coût d'implantation	coût des semences	coût de destruction	coût total d'implantation de la CIPAN
			€/ha			€/ha
GP Chemin de Fer	Pomme de terre	Moutarde	30	15	25	<b>70</b>
GT Bovenistier	Haricot	Moutarde	30	15	25	<b>70</b>
PL1	Froment	Trèfle + Avoine	30	65	40	<b>135</b>
		Trèfle	30	60	40	<b>130</b>
PL3	Froment	Avoine	30	36	40	<b>106</b>
		Vesce + Avoine	30	58	40	<b>128</b>
Jeneffe	Pois	Nyger	30	25	25	<b>80</b>

## 8 Contribution de la S.A. Hesbaye Frost

### 8.1 Essai de fertilisation en épinard d'hiver

La fertilisation azotée de l'épinard d'hiver est assez délicate car les premiers apports sont effectués en février alors que le sol est encore très froid. L'azote est apporté sous forme de nitrate d'ammoniaque c'est-à-dire 50 % d'azote nitrique disponible immédiatement et 50 % d'azote ammoniacal disponible après nitrification. En sol humide à une température de 5° C, le temps de nitrification de l'azote ammoniacal est de l'ordre de 20 jours. On comprend aisément qu'un apport réduit en 1ère application puisse engendrer une faim d'azote de l'épinard, ou encore qu'un apport tardif puisse ne pas être pleinement utilisé par l'épinard.

La dose, la période d'application et le fractionnement de la fumure azotée sont des paramètres importants qui conditionnent certainement le rendement et la qualité de l'épinard mais également le niveau des reliquats azotés en post-récolte voire l'APL en fin de saison après la culture du haricot.

Pour tenter d'y voir plus clair dans le cadre de cette problématique, une première expérimentation a été menée en 2010. Elle a montré clairement qu'une part importante du conseil de fumure devait être apportée tôt à la sortie de l'hiver à la reprise de la végétation. Néanmoins le fractionnement reste indispensable pour éviter les phénomènes de brûlure. Les 2 fractions peuvent être appliquées à 15 jours d'intervalle pour les épinards récoltés tôt. Pour les épinards plus tardifs, nous avons testé cette année si ce fractionnement rapproché se justifie toujours ou s'il peut être espacé. Nous avons également suivi l'évolution de la minéralisation de l'azote apporté par des mesures régulières de reliquats azotés sur sol nu.

Une expérimentation en blocs aléatoires a été mise en place. Les objets testés sont les suivants:

- Application de 130 unités le 21 février et 70 unités le 7 mars (objet 2)
- Application de 130 unités le 21 février et 70 unités le 21 mars (objet 3)
- Application de 70 unités le 21 février et 130 unités le 7 mars (objet 4)
- Application de 70 unités le 21 février et 130 unités le 21 mars (objet 5)
- Application sur sol nu de 200 unités le 21 février et suivi des reliquats azotés (objet 6)
- Aucune application sur sol nu et suivi des reliquats azotés (objet 1)

Le parcellaire expérimental illustré dans la Figure 19 est constitué de parcelles de 2 x 10 m. Des prélèvements de sol ont permis d'établir un conseil de fumure à 206 unités d'azote par ha. La fraction de 70 unités définie dans le protocole est passée à 76 unités et le sol nu a bien reçu 206 unités. Les dates d'application définies dans le protocole ont été respectées. La mise à nu des objets 1 et 6 s'est effectuée par application de glyphosate le 21 février.

La récolte a été réalisée le 29 avril par fauchage de 15 m<sup>2</sup> de chaque parcelle avec pesée pour le calcul du rendement. Pour chaque parcelle un échantillon a été prélevé après récolte pour la détermination du rapport tige/feuille (rapport entre le poids des tiges et le poids total des feuilles avec leur pétiole).

Des mesures de reliquat azoté sur 90 cm en post-récolte ont été réalisées le 2 mai.

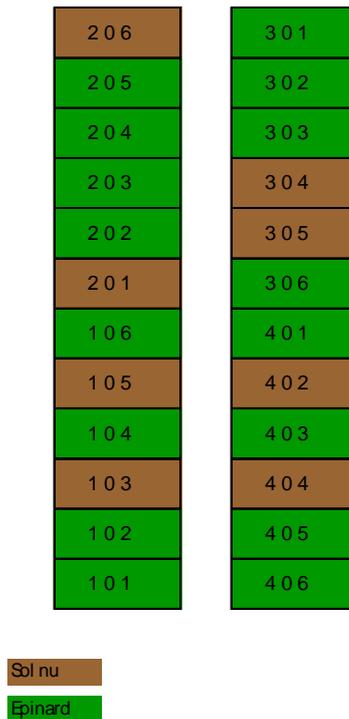


Figure 19. Parcellaire expérimental en épinaud d'hiver (essai Hesbaye Frost)

Les résultats par parcelle sont repris dans le Tableau 29. Lors du traitement au glyphosate, une dérive de produit s'est traduite par la destruction partielle de quelques parcelles. Les résultats sur ces parcelles ne sont donc pas exploitables.

Tableau 29. Résultats de l'essai en épinaud d'hiver (essai Hesbaye Frost)

Objet	Bloc	Parcelle	Rendement en t/ha	Tige/Feuille en %	Reliquats azotés post-récolte en kg N/ha			
					0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
2	1	106	parcelle partiellement détruite par le glyphosate					
2	2	205	29,4	24,4	36	17	8	61
2	3	306	30,6	30,5	11	5	7	23
2	4	405	33,5	30,5	25	9	4	38
3	1	101	30,6	33,8	20	8	5	33
3	2	204	30,7	30,5	9	4	4	17
3	3	302	34,1	34,5	25	8	6	39
3	4	401	parcelle partiellement détruite par le glyphosate					
4	1	104	parcelle partiellement détruite par le glyphosate					
4	2	203	27,5	28,9	19	10	7	36
4	3	303	parcelle partiellement détruite par le glyphosate					
4	4	406	36,4	34,0	11	5	4	20
5	1	102	28,8	32,3	11	5	3	19
5	2	202	parcelle partiellement détruite par le glyphosate					
5	3	301	35,4	31,7	15	6	3	24
5	4	403	parcelle partiellement détruite par le glyphosate					

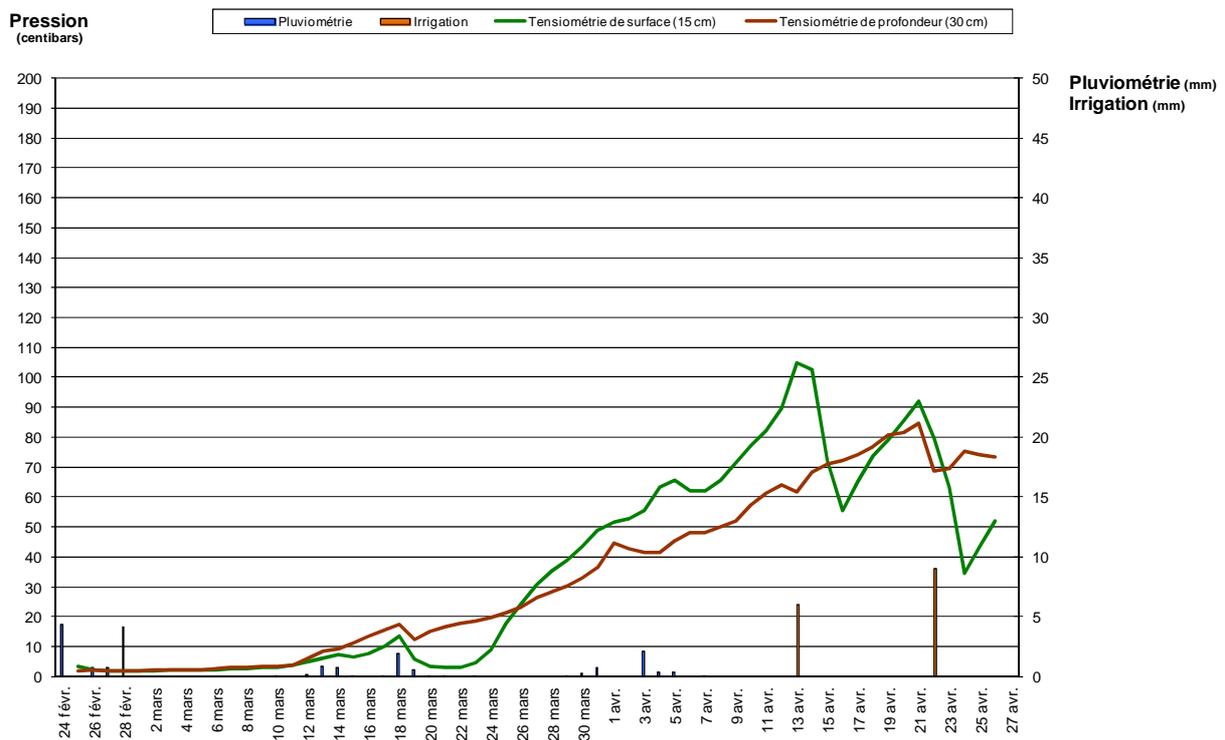
Les résultats du suivi de la minéralisation par parcelle sont repris dans le Tableau 30.

**Tableau 30. Résultats du suivi de la minéralisation en épinard d'hiver (essai Hesbaye Frost)**

Objet	Bloc	Parcelle	Reliquats azotés sur 30 cm (en kg N/ha)				
			21 févr	7 mars	21 mars	4 avr	19 avr
1	1	105	9	10	21	20	28
1	2	206	7	13	18	24	33
1	3	305	6	13	20	22	36
1	4	404	6	8	23	24	29
6	1	103	10	216	184	127	210
6	2	201	7	193	218	134	175
6	3	304	7	240	220	160	196
6	4	402	8	168	219	160	188

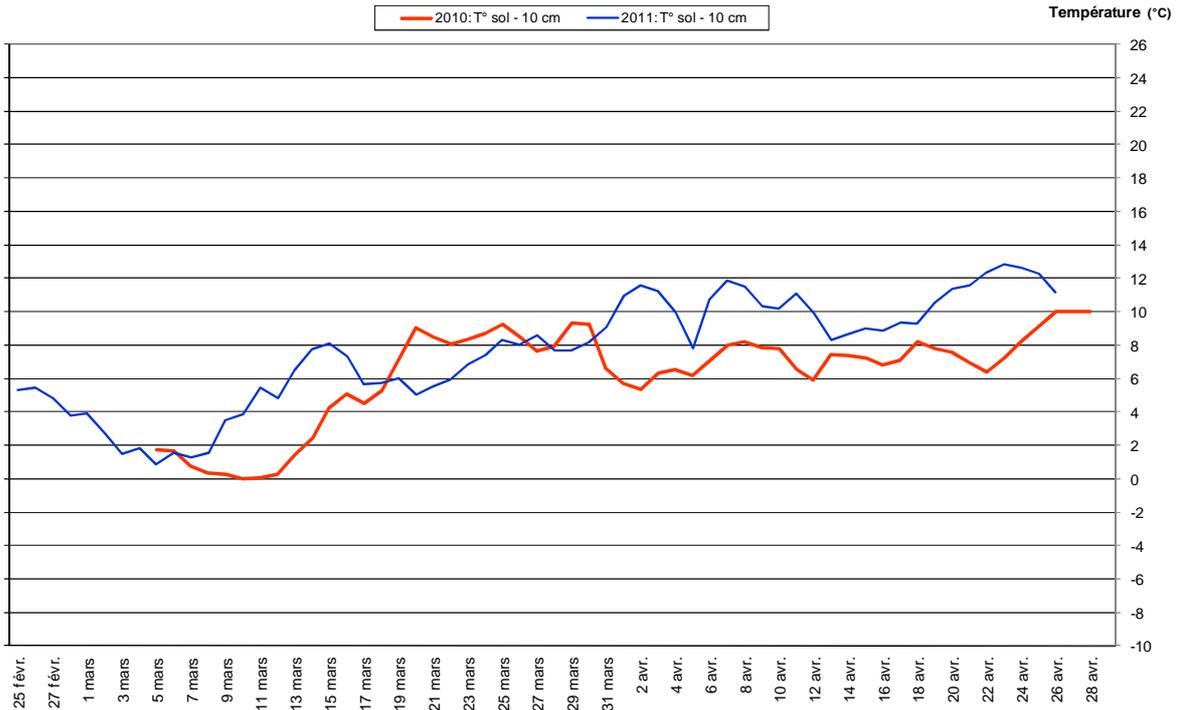
Afin d'appréhender les conditions de croissance de l'épinard et de minéralisation de l'azote, la pluviométrie, la tensiométrie et les températures ont été enregistrées grâce à un dispositif installé sur le parcellaire. La pluviométrie et la tensiométrie ont été reprises dans la Figure 20. Les températures du sol sont comparées dans la Figure 21 avec celles enregistrées dans l'essai de 2010.

**Essai de fertilisation en épinard d'hiver: pluviométrie et tensiométrie**



**Figure 20. Pluviométrie et tensiométrie dans l'essai de fertilisation en épinard d'hiver**

**Comparaison des températures du sol dans les essais de fertilisation en épinard d'hiver**  
Températures moyennes journalières



**Figure 21. Comparaison des températures du sol dans les essais de fertilisation en épinard d'hiver**

La synthèse des résultats est reprise dans le Tableau 31. La perte partielle de quelques parcelles n'a pas permis une analyse statistique complète pour les valeurs de rendement, du rapport tige/feuille et de reliquats azotés post-récolte. L'analyse statistique n'a pu être faite que sur les valeurs de reliquats azotés sur 30 cm.

**Tableau 31. Synthèse des résultats de l'essai en épinard d'hiver (essai Hesbaye Frost)**

Objet		Rendement en t/ha	Tige/Feuille en %	Reliquats azotés post-récolte en kg N/ha			
N°	Intitulé			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
2	130 UN le 21 février + 76 UN le 7 mars	31,2	28,5	24	10	6	41
3	130 UN le 21 février + 76 UN le 21 mars	31,8	32,9	18	7	5	30
4	76 UN le 21 février + 130 UN le 7 mars	32,0	31,5	15	8	6	28
5	76 UN le 21 février + 130 UN le 21 mars	32,1	32,0	13	6	3	22

Objet	Reliquats azotés sur 30 cm (en kg N/ha)				
	21 févr	7 mars	21 mars	4 avr	19 avr
1	7	11	21	23	32
6	8	204	210	145	192
<b>Différence</b>	<b>1</b>	<b>193</b>	<b>190</b>	<b>123</b>	<b>161</b>

pas de différence significative  
 groupe homogène de valeurs  
 groupe homogène de valeurs

La reprise de la végétation dans cet essai s'est manifestée 10 jours plus tôt qu'en 2010. La comparaison des courbes de température du sol montre en effet ce décalage. Ces mêmes courbes montrent également que mise à part sur la période du 18 au 25 mars, la température du sol cette année a été de 3° C supérieure à celle de 2010.

Le graphique de la pluviométrie et des données tensiométriques montre que la fin de l'hiver et le début du printemps sont particulièrement secs. La courbe de tensiométrie de surface indique un manque d'eau pour l'épinard dès la fin mars. Ce stress hydrique sera croissant jusqu'à la première irrigation datée du 13 avril.

Les quelques précipitations observées du 24 au 28 février ont permis à l'azote appliqué le 21 février de se dissoudre et pénétrer dans le sol. Le suivi des reliquats azotés sur 30 cm montre que l'azote appliqué est presque totalement disponible dès le 7 mars. La minéralisation sur deux mois de suivi est de 25 kg N/ha.

Les rendements observés dans les 4 objets testés ne montrent pas de différence. En effet, même pour les objets où la seconde fraction est appliquée le 21 mars, l'azote est disponible lorsque la première irrigation est lancée (13 avril). L'irrigation tardive a donc privé l'épinard de bonnes conditions de croissance pendant 2 semaines. Dans ces conditions, tant le fractionnement que la date d'application n'ont pu montrer leur influence.

## *8.2 Suivi de la minéralisation de l'azote en épinard de printemps*

Comme dans l'essai de fertilisation en épinard d'hiver, il serait intéressant de suivre la minéralisation de l'azote en épinard de printemps par des prélèvements tous les 15 jours.

Nombreux sont les agriculteurs travaillant à l'azote liquide. Comment cet azote évolue-t-il dans le sol et quand est-il réellement disponible pour l'épinard ? Ces questions devraient trouver réponse dans l'essai suivant.

Une expérimentation en blocs aléatoires a été mise en place. Les objets testés sont les suivants :

- Aucune application et suivi des reliquats azotés (objet 1)
- Application avant le semis de 100 unités d'azote liquide et suivi des reliquats azotés (objet 2)

Le parcellaire expérimental illustré dans la Figure 22, est constitué au départ de parcelles de 8 x 10 m repérées pour l'application d'azote. Après l'application de 96 unités d'azote (100 définies dans le protocole) le 6 avril, le travail du sol et le semis de l'épinard le 9 avril, les parcelles ont été redimensionnées en parcelles de 4 x 6 m et centrées sur les premières repérées. Le suivi des reliquats azotés a été fait sur sol nu. La mise à nu des objets s'est effectuée par application de glyphosate après la levée de l'épinard.

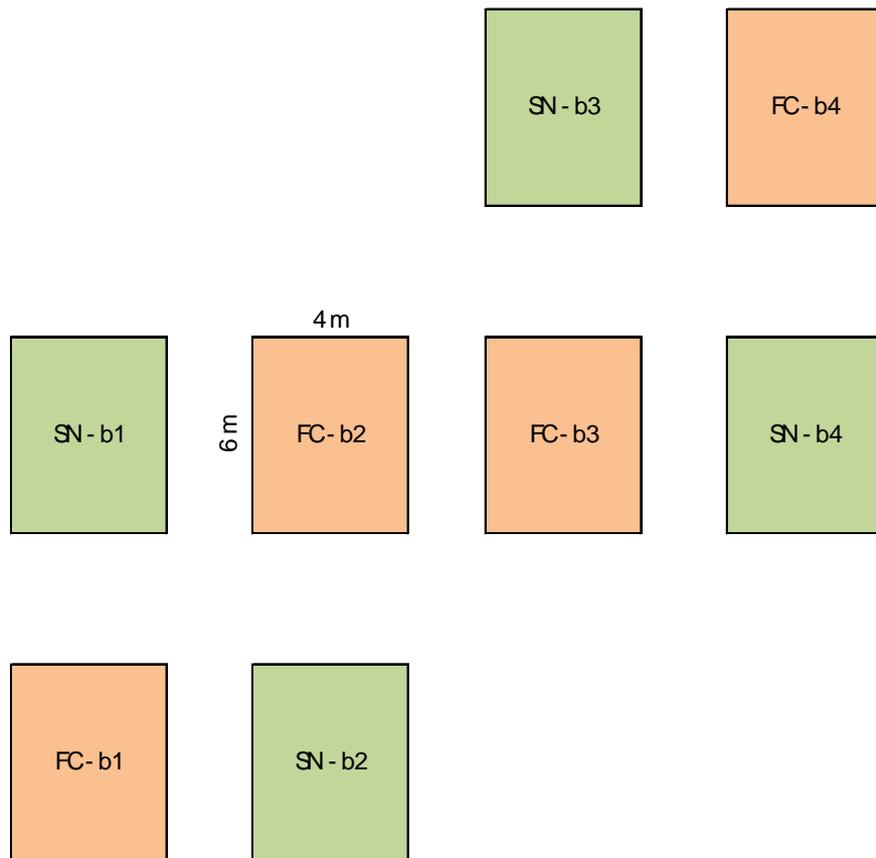


Figure 22. Parcelle expérimental de l'essai de suivi de la minéralisation en épinard de printemps

La pluviométrie mesurée par l'agriculteur est reprise dans le Tableau 32. Le manque de précipitations a été compensé par 4 irrigations de 20 mm les 11, 17, 24 et 29 mai. L'épinard a été récolté le 1er juin.

Tableau 32. Pluviométrie mesurée sur l'essai en épinard de printemps

Semaine du Lu .. au Di ..	Pluviométrie						
	Lu	Ma	Me	Je	Ve	Sa	Di
04/04 au 10/04							
11/04 au 17/04		6					
18/04 au 24/04							
25/04 au 01/05			3	8			
02/05 au 08/05							
09/05 au 15/05							1
16/05 au 22/05							
23/05 au 29/05						1	
30/05 au 05/06		13				3	7

Les résultats du suivi de la minéralisation par parcelle sont repris dans le Tableau 33. Lors de l'application d'azote liquide, la parcelle SN-b4 a reçu partiellement la dose d'azote. Les résultats sur cette parcelle ne sont donc pas exploitables.

**Tableau 33. Résultats du suivi de la minéralisation en épinard de printemps**

Objet	Bloc	Parcelle	Reliquats azotés sur 30 cm			
			en kg N/ha			
			12 avr	26 avr	10 mai	27 mai
1	1	SN - b1	37	39	50	64
1	2	SN - b2	32	36	47	51
1	3	SN - b3	43	43	43	68
1	4	SN - b4	erreur de positionnement			
2	1	FC - b1	82	89	86	134
2	2	FC - b2	97	98	96	150
2	3	FC - b3	93	72	85	174
2	4	FC - b4	70	91	96	171

La synthèse des résultats est reprise dans le Tableau 34.

**Tableau 34. Synthèse des résultats du suivi de la minéralisation en épinard de printemps**

Objet	Reliquats azotés sur 30 cm			
	en kg N/ha			
	12 avr	26 avr	10 mai	27 mai
1	37	39	47	61
2	86	88	91	157
<b>Différence</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>44</b>	<b>96</b>

pas de différence significative  
 groupe homogène de valeurs  
 groupe homogène de valeurs

L'analyse statistique fait apparaître des différences significatives dans les reliquats azotés dès les mesures du 12 avril. Pour rappel, l'azote liquide est constitué de 25% d'azote nitrique, 25% d'azote ammoniacal et 50% d'azote sous forme d'urée. Dès le 12 avril, l'azote liquide qui a été incorporé par travail du sol directement après son application (6 avril), a libéré ses parties nitrique et ammoniacale. Par contre, il faut attendre le 27 mai pour que la totalité de l'azote apporté soit disponible pour l'épinard.

Alors que le sol a été travaillé pour le semis de l'épinard, la minéralisation de la matière organique ne libère que 10 unités d'azote entre le 12 avril et le 10 mai. Entre le 10 et le 27 mai, 60 mm d'eau sont apportés par irrigation et la matière organique du sol libère 14 unités d'azote en 17 jours. Les conditions sèches de ce printemps n'ont donc pas été favorables à la minéralisation.

Au terme de cette expérimentation, il semble que même l'incorporation de l'azote liquide ne soit pas suffisante pour garantir sa disponibilité pour l'épinard. L'humidité du sol est certainement un paramètre important dans le processus de minéralisation de la fraction uréique de l'azote liquide. En cas de conditions sèches, le recours à l'irrigation avant la pleine croissance de l'épinard est peut-être à envisager.

### 8.3 APL en culture de haricot

Soucieux de ce problème d'APL après une culture de haricot, un suivi de 10 parcelles a été effectué. Deux parcelles ont été choisies pour chacune des situations suivantes :

- haricot après pois
- haricot après épinard d'hiver
- haricot après épinard de printemps
- haricot en 1<sup>ère</sup> culture sous irrigation
- haricot en 1<sup>ère</sup> culture sans irrigation

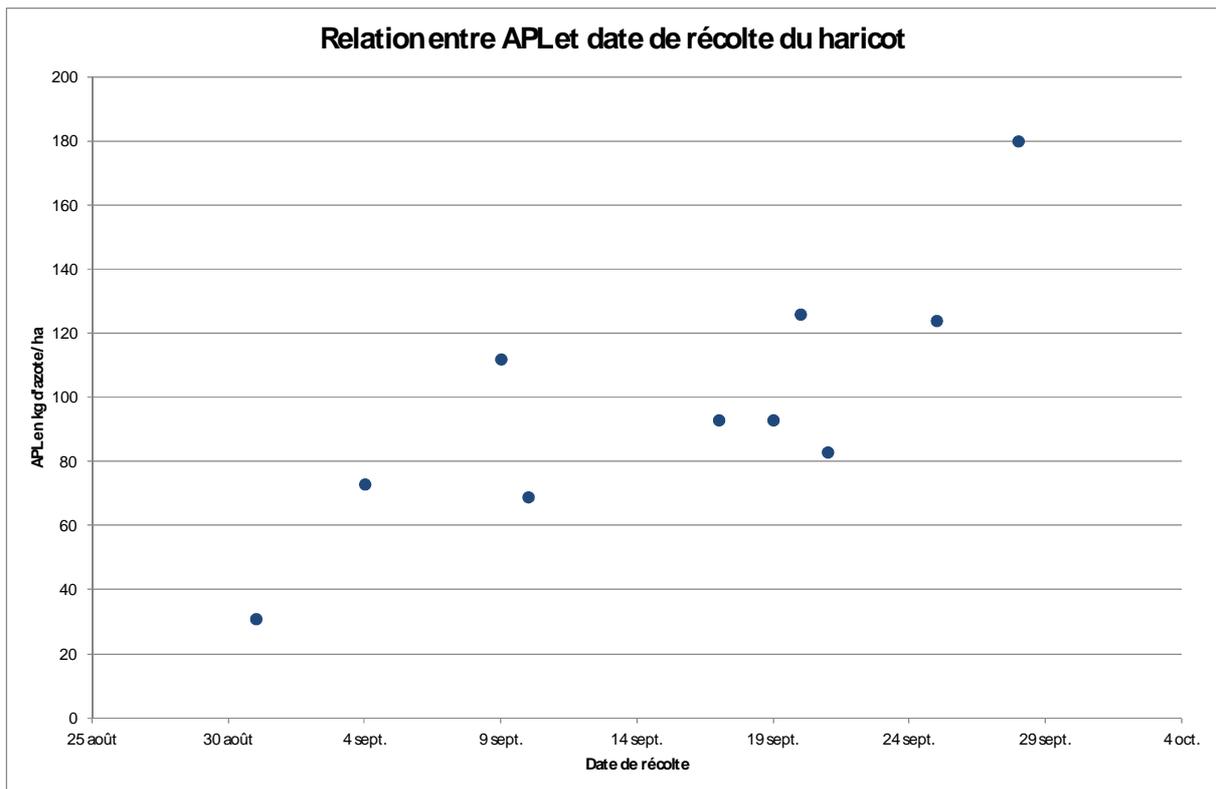
Des mesures d'APL ont été réalisées ainsi que la collecte des données culturales susceptibles d'influencer le niveau des APL. Toutes ces informations sont reprises dans le Tableau 35.

**Tableau 35. Données utiles au suivi APL sur 10 parcelles en haricot en 2011**

Parcelle	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4	Parcelle 5	Parcelle 6	Parcelle 7	Parcelle 8	Parcelle 9	Parcelle 10	
<b>Sous irrigation</b>	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	non	
<b>Précédent 2010</b>	froment	froment	froment	froment	froment	betterave	froment	froment	froment	froment	
<b>Précédent 2011</b>	épinard hiver	épinard hiver	pois	pois	épinard print.	épinard print.	aucun	aucun	aucun	aucun	
<b>Fumure précédent 2011</b>	180	205	0	0	200	210	-	-	-	-	
<b>Fumure haricot</b>	0	0	0	0	0	0	74	60	40	0	
<b>Date de semis du haricot</b>	2 juin 11	23 juin 11	10 juin 11	17 juin 11	9 juin 11	27 juin 11	22 juin 11	23 juin 11	24 juin 11	5 juil 11	
<b>Récolte du haricot</b>	<b>Date</b>	31 août 11	19 sept 11	4 sept 11	9 sept 11	10 sept 11	21 sept 11	17 sept 11	20 sept 11	25 sept 11	28 sept 11
	<b>Rendement</b>	15,9 t	15,9 t	6,5 t	11,4 t	10,9 t	6,6 t	16,5 t	15,3 t	11,5 t	14,6 t
	<b>Grain/gousse</b>	6,83 %	8,10 %	2,78 %	3,38 %	7,05 %	5,12 %	7,12 %	10,43 %	7,59 %	7,71 %
<b>CIPAN</b>	<b>Nom</b>	avoine	-	moutarde	-	phacélie	avoine	froment	moutarde	-	-
	<b>Date de semis</b>	1 sept 11	-	14 sept 11	-	15 sept 11	22 sept 11	27 oct 11	20 sept 11	-	-
	<b>Remarque</b>	-	-	-	-	-	-	semis sur lab	-	-	-
<b>Culture suivante</b>	<b>Nom</b>	pomme de terre	froment	pomme de terre	oignon	betterave	pomme de terre	pomme de terre	carotte	froment	froment
	<b>Date de semis</b>	-	10 oct 11	-	-	-	-	-	-	21 oct 11	10 oct 11
<b>Stade de la culture au prélèvement</b>		30-40 cm homogène	1 feuille	30-60 cm homogène	-	20-30 cm homogène	15-20 cm assez homog	germination	3-4 cm très hétérogène	levée 1ère feuille	1 feuille
<b>Reliquats azotés le 9 nov 11</b> en kg N/ha	<b>0-30 cm</b>	11	61	7	59	32	53	45	65	66	116
	<b>30-60 cm</b>	9	22	29	35	24	20	30	39	37	38
	<b>60-90 cm</b>	11	10	37	18	13	10	18	22	21	26
	<b>total 0-90 cm</b>	<b>31</b>	<b>93</b>	<b>73</b>	<b>112</b>	<b>69</b>	<b>83</b>	<b>93</b>	<b>126</b>	<b>124</b>	<b>180</b>

Dépassement du seuil d'intervention de l'APL de référence pour la classe "légumes"

Nous pouvons constater que les APL varient entre 31 et 180 kg N/ha, la moyenne étant de 98 kg N/ha. La confrontation de ces données avec les APL de référence pour la classe "légumes" révèle un dépassement du seuil d'intervention pour 4 parcelles.



**Figure 23. Résultats du suivi APL sur 10 parcelles en haricot en 2011**

La Figure 23 représente la relation entre l'APL et la date de récolte du haricot. Celle-ci est dictée par l'industrie en fonction du planning de récolte de toutes les parcelles en haricot. On constate que les APL les plus élevés correspondent aux récoltes les plus tardives. Pour les récoltes avant le 15 septembre, seule la parcelle 4 non semée d'une CIPAN ou d'un froment a un APL dépassant le seuil d'intervention. Pour les récoltes après le 15 septembre, le semis d'une CIPAN ou d'un froment a un effet "piège à nitrate" nettement moins important. Sur les 6 parcelles concernées, 3 ont un APL supérieur au seuil d'intervention. Dans le cas de récolte tardive du haricot, les bonnes pratiques agricoles de l'agriculteur ont finalement peu d'influence sur l'APL.

## 9 Vulgarisation du retour d'expérience

Un des trois axes de la convention est la vulgarisation des enseignements de la recherche. L'objectif principal de cet axe est la sensibilisation des producteurs de légumes wallons, et surtout du milieu de l'industrie légumière, aux enjeux de la problématique nitrates. Un autre objectif est la poursuite et le renforcement de l'information de l'existence en Wallonie d'une plate-forme d'essais permettant l'utilisation d'outils lysimétriques et la diffusion des résultats et enseignements des expérimentations menées sur la fertilisation et les itinéraires culturaux en cultures légumières.

Concrètement, les actions suivantes sont prévues par la convention.

- Organisation de deux visites de terrain (une par an)
- Organisation d'une conférence pour présenter et réfléchir aux conclusions du projet
- Diffusion dans la presse d'un article de synthèse

### 9.1 Organisation d'une visite de terrain

Le fonctionnement d'un lysimètre a été présenté le 25 septembre 2011 lors d'une action de communication organisée par la Structure d'encadrement Nitrawal à Malèves-Sainte-Marie, dans le but d'illustrer le travail des membres scientifiques de cette structure d'encadrement.

Une fosse a été creusée dans le sol et une maquette (à échelle légèrement réduite) d'un lysimètre a été réalisée et placée dans la fosse afin d'illustrer son fonctionnement (Photo 4). Un poster a également été réalisé pour schématiser le fonctionnement global d'un lysimètre. Cette journée, destinée au grand public, a rencontré un grand succès (plus de 800 visiteurs).



Photo 4. Maquette d'un lysimètre

## *9.2 Organisation d'une conférence de restitution des enseignements de l'étude*

Une conférence de restitution des enseignements et conclusions de l'étude a été organisée le 9 février 2012 au Château de Jehay (Amay). L'intitulé complet de cette conférence était : « légume industriel, APL et bonne qualité des eaux souterraines : compatibles ? ».

La conférence ciblait principalement les producteurs de légumes. Pour cela, une invitation personnelle (cf. Annexe 1) a été envoyée à chaque producteur de légumes membre d'APLIGEER (coopérative produisant des légumes pour Hesbaye Frost). Une invitation personnelle a également été envoyée aux administrations et institutions concernées. La conférence a été annoncée dans la presse spécialisée (Sillon Belge et Plein Champ) sous forme de communiqué dans la rubrique agenda et d'article de synthèse invitant le lecteur à assister à la conférence pour prendre connaissance de l'ensemble des résultats (cf. §9.3).

Au cours de cette conférence, cinq exposés ont été présentés :

- Directive Nitrate : PGDA, APL de référence et contrôles APL
- Technique lysimétrique : outil de contrôle de l'adéquation APL et qualité de l'eau
- Moyens d'action pour répondre au PGDA : fertilisation des cultures
- Moyens d'action pour répondre au PGDA : gestion de l'interculture
- Moyens d'action pour répondre au PGDA : rotations des cultures

Une attention particulière a été apportée à présenter les résultats de l'étude ainsi que des pistes d'amélioration des pratiques. Une séance de questions-réponses a également permis aux personnes présentes de poser leurs questions ou d'exprimer leur avis sur l'étude et ses conclusions.

Une quarantaine de personnes étaient présentes à cette conférence, dont une bonne moitié d'agriculteurs. L'industrie légumière (Hesbaye Frost s.a.) y était également représentée.

## *9.3 Diffusion dans la presse spécialisée d'un article de synthèse*

En guise d'invitation à la conférence du 9 février 2012 (cf. §9.2), un article de synthèse est paru dans le Plein Champ du 2 février 2012 (Annexe 2) et dans le Sillon Belge du 3 février 2012 (Annexe 3).

Cet article a brièvement présenté le contexte et les objectifs de l'étude, les sites retenus pour installer les lysimètres et le système lysimétrique mis en place. Il a volontairement été décidé de ne dévoiler dans cet article que les grandes lignes des résultats de l'étude afin de susciter l'intérêt du lecteur à participer à la conférence du 9 février 2012 pour prendre connaissance de l'ensemble des résultats et enseignements du projet.

Un article à paraître prochainement dans la presse spécialisée et destiné aux personnes qui n'ont pas pu assister à la conférence est à l'étude ; cet article se focaliserait sur les enseignements de l'étude et sur les recommandations en matière de fertilisation azotée, de gestion de l'interculture et de rotations culturales dans le cadre spécifique des légumes industriels.

## 10 Contamination de l'eau par les produits phytosanitaires

Au cours de ces dernières années, le bon fonctionnement des lysimètres a permis d'évaluer l'impact de l'agriculture (fertilisation, succession culturale, interculture) sur la qualité des eaux (en matière de nitrate) qui percolent jusqu'aux aquifères.

L'agriculteur a recours aux produits phytosanitaires pour protéger les cultures des adventices et autres maladies susceptibles d'affecter la récolte tant d'un point de vue qualitatif que quantitatif.

L'utilisation de ces produits a causé une dégradation de la qualité des eaux souterraines au cours de ces dernières décennies. L'impact de cette dégradation est, pour la production d'eau potable, nettement plus dommageable que la contamination par le nitrate. D'une part, parce que le nitrate n'existe que sous une seule forme :  $\text{NO}_3^-$  alors que les produits phytosanitaires sont multiples (en ce compris les produits de dégradation) et variés en terme de comportement physico-chimique. D'autre part, les seuils de non potabilité sont très différents : alors que le nitrate affiche un 'plafond' de 50 mg/l, un produit phytosanitaire ne peut être présent seul à plus de 100 ng/l, soit une concentration 500.000 fois moindre. La potabilisation d'une eau contaminée par les produits phytosanitaire s'en trouve ainsi logiquement nettement plus couteuse que pour le nitrate.

Le Tableau de bord 2010 de l'Etat de l'Environnement wallon a mis en évidence que dans plus de 60% des sites de contrôle de la qualité des eaux souterraines, des pesticides sont détectés (Figure 24). La plupart du temps, ces pesticides ne sont plus utilisés en agriculture ou leur usage est réduit (cas de l'atrazine, de la bentazone). Par ailleurs, de nouveaux pesticides (tels que le métolachlore, le carbendazime) commencent à apparaître dans les eaux souterraines.

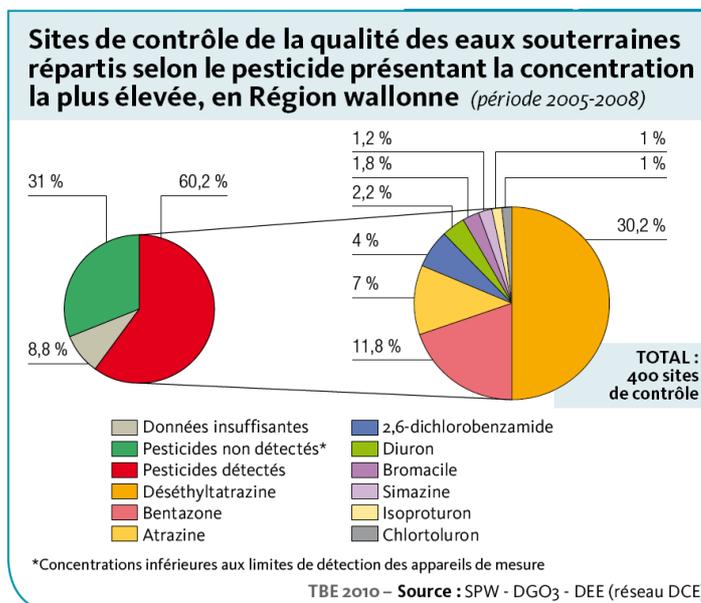


Figure 24. Classement des sites de contrôle de la qualité des eaux souterraines en fonction des pesticides en Région wallonne

Tout comme le nitrate dans les nappes profondes, une fois qu'un pesticide apparaît, il faudra souvent plusieurs décennies pour inverser la tendance.

Par ailleurs, la contamination de notre environnement par ces produits n'est pas due au seul fait de les pulvériser sur les champs ; des contaminations locales (lors du rinçage des pulvérisateurs à la ferme) ou causées par d'autres secteurs (domestique, administration, ...) contribuent également à la dégradation de la qualité des eaux.

Pour pouvoir cibler plus efficacement les actions à entreprendre, il est nécessaire de disposer d'observations dans chacun des ces 'compartiments'.

Dans ce contexte, il apparaît judicieux d'évaluer l'utilisation potentielle des lysimètres en tant qu'observatoire de flux de produits phytosanitaires en plein champ afin de contribuer à la prévention de la contamination des eaux souterraines par ces produits.

Dans cet objectif, au printemps 2011, deux échantillons d'eau prélevés dans deux lysimètres ont été analysés par la Société Wallonne Des Eaux en vue de quantifier la présence de plus d'une centaine de pesticides (y compris les produits de dégradation).

Les enseignements de ces deux analyses (résultats en annexe 4) indiquent que :

- les observations réalisées montrent un fonctionnement cohérent des deux lysimètres : le chloridazon (herbicide utilisé pour la betterave) est très présent (196 ng/l) dans la parcelle où une récolte de betterave a été réalisée l'année précédente et beaucoup moins présent (7 ng/l) dans la parcelle où une récolte de betterave a été réalisée trois ans auparavant ;
- mis à part le chloridazon, le lénacile et la bentazone, les pesticides ne sont pas ou très peu détectés ;
- la qualité de l'eau est bonne dans un lysimètre puisque la concentration totale de pesticides est de 12 ng/l alors que la limite est fixée à 500 ng/l (tous pesticides confondus). Dans le second lysimètre, l'eau n'y est pas potable car bien que la concentration totale de pesticides (233 ng/l) soit inférieure à la limite des 500 ng /l, la présence de chloridazon est supérieure à la limite des 100 ng/l valable pour chaque pesticide.

Il convient de rappeler que ce constat ne s'appuie que sur un seul échantillon d'eau par lysimètre. Une vision plus juste devrait s'appuyer sur un échantillon composite élaboré à partir de chaque prise d'échantillon au cours de la saison de drainage.

En conclusion, l'utilisation des lysimètres pourrait être utilement étendue au suivi de la percolation des produits phytosanitaires en plein champ.

## 11 Conclusions

Ce rapport synthétise les mesures et observations qui ont été réalisées sur et en dehors des parcelles lysimétriques en 2011.

La reprise de la percolation dans tous les lysimètres a été assez tardive cette année, à la fin décembre ou au début janvier, suite à un automne particulièrement sec et doux. Il n'a dès lors pas encore été possible de dégager des tendances marquées quant à l'observation de la qualité de l'eau de percolation suite aux essais en 2011.

Quatre des six parcelles équipées d'un lysimètre ont fait l'objet d'un essai en 2011, concernant la fertilisation azotée et/ou la gestion de l'interculture.

Une parcelle en pomme de terre a fait l'objet d'un essai de gestion de l'interculture. Compte tenu de la date précoce d'arrachage des pommes de terre (5 septembre), une moutarde a été semée avant froment. Il apparaît que par rapport à un sol nu, la moutarde a prélevé près de 70 kg N/ha en un peu plus d'un mois. Signalons que les conditions d'implantation de la moutarde étaient particulièrement favorables cette année.

Une parcelle en haricot a fait l'objet d'un essai de fertilisation azotée suivi d'un essai de gestion de l'interculture. Un accident cultural n'a pas permis au haricot de valoriser la fertilisation apportée contrairement à ce qui avait déjà pu être observé dans des essais antérieurs. Le semis d'une moutarde après la récolte du haricot (le 6 septembre) a été une mesure efficace pour réduire l'APL.

Deux parcelles en froment ont fait l'objet d'un essai de gestion de l'interculture en 2011. L'impact sur l'APL de l'introduction de légumineuses seules ou en mélange a été testé sur ces parcelles. Si l'efficacité des CIPAN (avec ou sans légumineuse en mélange) a de nouveau été mise en évidence (par rapport à un sol nu), les différences dues à l'introduction d'une légumineuse en mélange sont faibles. Une différence significative d'APL est cependant mise en évidence entre une céréale seule (avoine brésilienne) et un mélange céréale – légumineuse (avoine brésilienne – vesce).

Un ray-grass a été semé dans les interlignes des arbres fruitiers implantés sur une des parcelles équipées d'un lysimètre. Un suivi du reliquat azoté au niveau du ray-grass et autour de celui-ci a montré l'utilité du ray-grass pour réduire les reliquats azotés élevés mesurés autour de celui-ci.

Parallèlement aux essais menés en 2011 dans les parcelles équipées d'un lysimètre, trois essais dans des parcelles non-équipées d'un lysimètre ont été menés : deux essais de fertilisation azotée en carotte et en fève des marais (avec suivi de l'épinard d'automne en 2ème culture) et un essai de gestion de l'interculture après pois. Les parcelles de carotte et de fève ont été sélectionnées pour leurs faibles reliquats azotés sortie d'hiver (soit un conseil de fertilisation élevé).

Les deux essais de fertilisation azotée ont montré que les conseils de fertilisation calculés selon les anciennes valeurs de besoins forfaitaires étaient à proscrire puisqu'entraînant des augmentations de reliquats azotés post-récolte. La réduction du conseil par rapport aux valeurs actuelles était possible en fève des marais.

L'essai de gestion de l'interculture après pois concernait l'implantation d'un nyger. Celui-ci a montré son efficacité en prélevant plus de 120 kg N/ha avant le semis du froment.

Enfin, les essais ont été analysés d'un point de vue financier. Il apparaît que la réduction du conseil de fertilisation était "rentable" en haricot et en carotte, ce qui n'était pas le cas sur l'essai en fève des marais

Le coût d'implantation des différentes CIPAN a été estimé entre 70 et 135 € sans tenir compte des effets positifs conséquents (réduction de l'érosion, amélioration de teneur en humus, réduction de la fertilisation azotée pour la culture suivante, ...) difficilement chiffrables.

## 12 Références bibliographiques

1. **Cellule Etat de l'Environnement Wallon** (2010). Tableau de bord de l'environnement wallon 2010. SPW – DGARNE – DEMNA - DEE. 232 pp.
2. **Dautrebande S., Dewez A., Hallet V., Guiot J., Rouxhet F., Monjoie A.** (1996). Programme-Action Hesbaye, Rapport scientifique. Gembloux, Belgique : Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Unité d'Hydraulique agricole. 167p.
3. **Deneufbourg M., Vandenberghe C., Heens B., Bernaerdt R., Fonder N., Xanthoulis D., Marcoen J.M.** (2010a). Adaptation des pratiques agricoles en fonction des exigences de la Directive Nitrates et validation des résultats via le suivi lysimétrique de la lixiviation de l'azote nitrique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **14** (S1), 113-120, <http://popups.ulg.ac.be/Base/document.php?id=4968>
4. **Deneufbourg M., Vandenberghe C., Fonder N., Heens B., Xanthoulis D., Marcoen J.M.** (2010b). Adaptation des pratiques agricoles en fonction des exigences de la Directive Nitrates et validation des résultats via le suivi lysimétrique de la lixiviation de l'azote nitrique. Rapport final, période du 1<sup>er</sup> janvier 2008 au 30 juin 2010. Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech. 92p. + annexes.
5. **Deneufbourg M., Vandenberghe C., Fonder N., Heens B., Xanthoulis D., Marcoen J.M.** (2011). Suivi lysimétrique de la lixiviation de l'azote nitrique et expérimentation en matière de fertilisation azotée et de successions culturales en cultures industrielles légumières. Rapport intermédiaire, mai 2011. Convention Service Public de Wallonie n° 3523/4. Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech. 83p.
6. **De Toffoli M., Imbrecht O., Descamps C.** (2010). Cultures intermédiaires piège à nitrate: Intérêt fourrager des graminées et légumineuses et Comparaison de techniques de semis de la moutarde blanche – Résultats des expérimentations 2010. Dossier UCL 10-47, 40p. In Marcoen J.M., Lambert R., Vandenberghe C., De Toffoli M., Deneufbourg M., Benoit J., Bachelart F., 2011. *Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne – Rapport d'activités annuel intermédiaire 2010 des membres scientifiques de la structure d'encadrement Nitrawal*. Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech et Université catholique de Louvain, 54p. + annexes
7. **Fonder N., Vandenberghe C., Xanthoulis D., Marcoen J.M.** (2005). Suivi lysimétrique de la lixiviation de l'azote nitrique dans le cadre du Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture. Rapport final. Convention Région wallonne DGA n°3523/1. Période du 1er mars 2003 au 28 février 2005. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux. Belgique. 106p.
8. **Fonder N., Debauche O., Vandenberghe C., Xanthoulis D., Marcoen J.M.** (2007). Suivi lysimétrique de l'azote nitrique dans le cadre du Programme de Gestion Durable de l'Azote (PGDA) en agriculture. Rapport final. Convention région wallonne DGA n°3523/2. Période du 1er mars 2005 au 31 mai 2007. Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux. Belgique. 88 p.
9. **Fonder N., Heens B., Xanthoulis D.** (2010a). Optimisation de la fertilisation azotée de cultures industrielles légumières sous irrigation. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **14** (S1), 103-111, <http://popups.ulg.ac.be/Base/document.php?id=4958>
10. **Fonder N., Deneufbourg M., Vandenberghe C., Xanthoulis D., Marcoen J.M.** (2010b). Suivi de la percolation du nitrate en terres cultivées par la technique

- lysimétrique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **14** (S1), 17-25, <http://popups.ulg.ac.be/Base/document.php?id=4827>
11. **Hérivaux C., Rinaudo J.D., Nicolai S., Biscaut A.** (2005). Développement d'un cadre méthodologique pour évaluer le coût d'atteinte du bon état des masses d'eau du bassin Rhin-Meuse. Volume I : Typologie et coût de référence des mesures. Rapport final BRGM/RP-54003-FR., BRGM: 140 p.
  12. **Nitrawal** (2007). Eau-nitrate, informations et conseils techniques pour la gestion durable de l'azote (2<sup>ème</sup> édition). 162p.
  13. **Renard S., Goffart J.-P., Frankinet M.** (2007). Optimisation de l'efficacité de l'azote dans des rotations intégrant les cultures de légumes industriels en Hesbaye. Les Dossiers de la Recherche agricole. Ministère de la Région wallonne – Direction générale de l'Agriculture.
  14. **Thorntwaite C.W.** (1948). An approach towards a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38, 55-94
  15. **Vandenbeghe C., Benoit J., Marcoen J.M.** (2010). Survey Surfaces Agricoles. Etablissement des APL de référence 2010. Dossier GRENeRA 10-01. 33p. *In* Marcoen J.M., Lambert R., Vandenberghe C., De Toffoli M., Benoit J., Deneufbourg M., 2011. Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne – Rapport d'activités annuel intermédiaire 2010 des membres scientifiques de la Structure d'encadrement Nitrawal. Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech et Université Catholique de Louvain, 54p. + annexes

## **Remerciements**

Les auteurs expriment leur gratitude aux agriculteurs chez qui se déroule le projet et sans qui celui-ci ne pourrait se mener ainsi que le SPW - DGO3 pour le soutien financier.

**Annexe 1: invitation à la conférence « Légume industriel, APL et  
bonne qualité des eaux souterraines : compatibles ? » du 9 février  
2012**

ASBL Centre Provincial Liégeois des Productions Végétales et Maraîchères

Rue de Huy, 123 - 4300 Waremme  
Tél. : 019 69 66 86 vegema@provincdeliege.be  
www.provincdeliege.be/agriculture

ASBL Centre Provincial Liégeois des Productions Végétales et Maraîchères

**JEUDI 9 FÉVRIER 2012 à 14 heures**

**Conférence : "Légume industriel, APL et bonne qualité des eaux souterraines: compatibles ?"**

**Le Centre Provincial Liégeois des Productions Végétales et Maraîchères a.s.b.l. et GRENERA\* (Ulg Gembloux Agro-Bio Tech) ...**

... ont le plaisir de vous inviter à une conférence :

**Légume Industriel, APL et bonne qualité des eaux souterraines : compatibles ?**

ASBL Centre Provincial Liégeois des Productions Végétales et Maraîchères

**le jeudi 9 février 2012 au Château de Jehay, 1, rue du Parc à 4540 Amay**

\*GRENERA : \* Groupe de Recherche Environnement et Ressources Azotées, partenaire scientifique de Nitrawal.\*

<p><b>14h00</b> : Accueil</p> <p><b>14h15</b> : Introduction par R. Benaerts, Directeur général Province de Liège - Agriculture</p> <p><b>14h20</b> : Directive Nitrates : PGDA, APL de référence et contrôles APL par C. Wandenbarghe, GRENERA (Ulg Gembloux Agro-Bio Tech)</p> <p><b>14h40</b> : Technique lysimétrique : Outil de confirmation de l'adéquation APL et qualité de l'eau par M. Deseurbourg, GRENERA (Ulg Gembloux Agro-Bio Tech)</p> <p><b>14h50</b> : Moyens d'action pour répondre au PGDA :</p> <p>Fertilisation des cultures par B. Heers, Province de Liège - Agriculture</p> <p>Gestion de l'inter-culture par M. Deseurbourg, GRENERA (Ulg Gembloux Agro-Bio Tech)</p> <p>Rotation des cultures par C. Wandenbarghe, GRENERA (Ulg Gembloux Agro-Bio Tech)</p>	<p><b>15h50</b> : Questions - réponses</p> <p><b>16h15</b> : Conclusion par J. M. Marcelles, professeur, président de GRENERA Ulg Gembloux Agro-Bio Tech</p> <p><b>16h30</b> : Verre de l'amitié</p>
--	--

**Annexe 2. Article de synthèse paru dans le Plein Champ**

## Légume industriel, APL et bonne qualité des eaux souterraines: compatibles?

*Le lessivage du nitrate se produit essentiellement en hiver, lorsque les sols sont gorgés d'eau. A cette période, les légumes industriels ainsi que certaines grandes cultures classiques laissent dans le sol des quantités de nitrate (APL) parfois importantes. La relation qui existe entre APL et qualité de l'eau de percolation dans un contexte de cultures légumières en rotation avec des grandes cultures classiques est étudiée en Hesbaye depuis bientôt 10 ans. Les enseignements de cette étude seront présentés au cours d'une conférence qui se tiendra le 9 février prochain au château de Jehay (Amay).*

MATHIEU DENEUFBOURG, CHRISTOPHE VANDENBERGHE, BENOÎT HEENS



Vue de la chambre de visite en bordure de champ

Depuis 2003, le lessivage du nitrate sous la zone racinaire est suivi par Gembloux Agro Bio-Tech et le CPL Végémar<sup>1</sup> dans six champs cultivés situés en Hesbaye limoneuse. Ces parcelles sont en cultures légumières industrielles en rotation avec les grandes cultures classiques. L'outil utilisé est un lysimètre qui permet de récolter à 2m de profondeur l'eau qui percole en vue d'en mesurer les concentrations en nitrate. Il est alors possible d'observer la relation entre pratiques culturales en surface, Azote Potentiellement Lessivable (APL) et qualité de l'eau de percolation.

percole sous la zone racinaire.

### Description des sites retenus

Les lysimètres sont installés en Hesbaye, à proximité de Waremme, sur des parcelles cultivées de légumes industriels en rotation avec les grandes cultures classiques. Cinq de ces six parcelles sont parfois sous irrigation et sont également suivies par le CPL Végémar<sup>1</sup> lorsqu'elles sont cultivées de légumes industriels.

### Descriptif des lysimètres installés en Hesbaye

Ces lysimètres sont constitués d'une cuve en inox circulaire, de 1 m<sup>2</sup> de section et de 1,5 m de hauteur. L'originalité réside dans le fait que les lysimètres sont installés en plein champ, à 50 cm sous la surface du sol, pour ne pas gêner les opérations culturales en surface. L'eau de percolation est récupérée à la base du lysimètre, à 2m sous la surface du sol et est conduite par un tuyau en Polyéthylène vers un bidon de collecte placé dans une chambre de visite en bordure de champ.

### Résultats

L'observation de la qualité de l'eau récoltée dans les lysimètres depuis 2003 a permis de confirmer que l'indicateur environnemental APL donne une tendance correcte de la quantité de nitrate qui sera présente dans les eaux de per-

### Contexte et objectifs de l'étude

Le Programme de Gestion Durable de l'Azote (PGDA) fixe entre autres des règles (quantité,



Vue du lysimètre et de son système de collecte d'eau

période) en matière d'épandage d'azote minéral et organique. L'application de ces règles devrait stabiliser la concentration en nitrate des eaux en dessous de la limite de 50 mg/l fixée par la Directive Nitrates. L'impact de l'application du PGDA est mesuré dans le sol par l'APL. Se pose alors la question de la correspondance entre APL et qualité de l'eau de percolation.

Le contexte géo-pédologique de certaines régions et en particulier la Hesbaye est tel que l'effet du PGDA sur les nappes d'eau souterraine ne sera visible que dans une dizaine d'années ou plus. Pour avoir une réponse plus rapide, six lysimètres sont ainsi exploités depuis 2003 en Hesbaye. Ces lysimètres permettent un suivi du lessivage du nitrate sous la zone racinaire.

Depuis 2008, en plus de ce suivi, des essais sont mis en place dans ces parcelles. Ces expérimentations testent l'impact d'une réduction de la fertilisation azotée sur les rendements, les APL et les concentrations en nitrate dans l'eau qui

percolation l'année suivante. Une correspondance entre les APL et les teneurs en nitrate dans les eaux de percolation est observée.

Il apparaît également que certaines pratiques agricoles ou successions culturales peuvent avoir un impact négatif parfois important sur la qualité de l'eau de percolation.

Enfin, les essais mis en place depuis 2008 ont montré qu'une réduction du conseil de fertilisation azotée était possible pour certaines cultures sans perte de rendement.

Cette étude est menée grâce à la participation active des agriculteurs concernés et au soutien financier du Service Public de Wallonie (DGO<sub>3</sub> – Direction du développement rural).

<sup>1</sup> GREneRA (Groupe de Recherches Environnement et Ressources Azotées) – ULg Gembloux Agro-Bio Tech, partenaire scientifique de Nitrawal Centre Provincial Liégeois des Productions Végétales et Maraîchères – Services Agricoles de la Province de Liège

**Annexe 3. Article de synthèse paru dans le Sillon Belge**

## EST-CE COMPATIBLE ?

## Légume industriel, APL et bonne qualité des eaux souterraines

Le lessivage du nitrate se produit essentiellement en hiver, lorsque les sols sont gorgés d'eau. A cette période, les légumes industriels ainsi que certaines grandes cultures classiques laissent dans le sol des quantités de nitrate (APL) parfois importantes.

La relation qui existe entre APL et qualité de l'eau de percolation dans un contexte de cultures légumières en rotation avec des grandes cultures classiques est étudiée en Hesbaye depuis bientôt 10 ans.

Les enseignements de cette étude seront présentés au cours d'une conférence qui se tiendra le 9 février prochain au château de Jehay (Amay).

Depuis 2003, le lessivage du nitrate sous la zone racinaire est suivi par Gembloux Agro Bio-Tech et le CPL Végémar<sup>2</sup> dans six champs cultivés situés en Hesbaye limoneuse. Les parcelles sont en cultures légumières industrielles en rotation avec des grandes cultures classiques.

L'outil utilisé est un lysimètre qui permet de récolter à 2 m de profondeur l'eau qui percole en vue d'en mesurer les concentrations en nitrate. Il est alors possible d'observer la relation entre pratiques culturales en surface, Azote Potentiellement Lessivable (APL) et qualité de l'eau de percolation.



Le lysimètre mesure 2 m de haut, se trouve sous la couche arable et sa surface est de 1 m<sup>2</sup>.

L'observation de la qualité de l'eau récoltée dans les lysimètres depuis 2003 a permis de confirmer que l'indicateur environnemental APL donne une tendance correcte de la quantité de nitrate qui sera présente dans les eaux de percolation l'année suivante.



Vue d'un lysimètre et de son système de collecte d'eau. Epuvaleau asbl a coordonné l'installation des lysimètres. (photos Epuvaleau)

## Contexte et objectifs de l'étude

Le Programme de Gestion Durable de l'Azote (PGDA) fixe, entre autres, des règles (quantité, période) en matière d'épandage d'azote minéral et organique. L'application de ces règles devrait stabiliser la concentration en nitrate des eaux en dessous de la limite de 50 mg/l fixée par la Directive Nitrates.

L'impact de l'application du PGDA est mesuré dans le sol par l'APL. Se pose alors la question de la correspondance entre APL et qualité de l'eau de percolation.

Le contexte géo-pédologique de certaines régions, et en particulier la Hesbaye, est tel que l'effet du PGDA sur les nappes d'eau souterraine ne sera visible que dans une dizaine d'années ou plus. Pour avoir une réponse plus rapide, six lysimètres sont

ainsi exploités depuis 2003 en Hesbaye. Ces lysimètres permettent un suivi du lessivage du nitrate sous la zone racinaire. Depuis 2008, en plus de ce suivi, des essais sont mis en place dans ces parcelles. Ces expérimentations testent l'impact d'une réduction de la fertilisation azotée sur les rendements, les APL et les concentrations en nitrate dans l'eau qui percole sous la zone racinaire.

## Description des sites retenus

Les lysimètres sont installés en Hesbaye, à proximité de Waremmes, sur des parcelles supportant des légumes industriels en rotation avec les grandes cultures classiques.

Cinq de ces six parcelles sont parfois sous irrigation et sont également suivies par le CPL Végémar lorsqu'elles sont sous légumes industriels.

## Descriptif des lysimètres

Les lysimètres installés en Hesbaye sont constitués d'une cuve en inox, circulaire, de 1 m<sup>2</sup> de section et de 1,5 m de hauteur.

L'originalité réside dans le fait que les lysimètres sont installés en plein champ, à 50 cm sous la surface du sol, pour ne pas gêner les opérations culturales en surface. L'eau de percolation est récupérée à la base du lysimètre, à 2 m sous la surface du sol et elle est conduite par un tuyau en polyéthylène vers un bidon de collecte placé dans une chambre de visite en bordure de champ.

## Résultats

L'observation de la qualité de l'eau récoltée dans les lysimètres depuis 2003 a permis de confirmer que l'indicateur environnemental APL donne une tendance correcte de la quantité de nitrate qui sera présente dans les eaux de percolation l'année suivante.

Une correspondance entre les APL et les teneurs en nitrate dans les eaux de percolation est observée.

Il apparaît également que certaines pratiques agricoles, ou successions culturales, peuvent avoir un impact négatif parfois important sur la qualité de l'eau de percolation.

Enfin, les essais mis en place depuis 2008 ont montré qu'une réduction du conseil de fertilisation azotée était possible pour certaines cultures sans perte de rendement.

Cette étude est menée grâce à la participation active des agriculteurs concernés et au soutien financier du Service Public de Wallonie (DGO3 - Direction du développement rural).

Mathieu Deneufbourg<sup>1</sup>,  
Christophe Vandenberghe<sup>1</sup>,  
Benoît Heens<sup>2</sup>

<sup>1</sup> GRENeRA (Groupe de Recherches Environnement et Ressources Azotées) - ULg Gembloux Agro-Bio Tech, partenaire scientifique de Nitrawal

<sup>2</sup> Centre Provincial Liégeois des Productions Végétales et Maraîchères - Services Agricoles de la Province de Liège

## Conférence à Amay

L'ensemble des résultats et enseignements de cette étude seront présentés au cours d'une conférence organisée jeudi 9 février à 14h par le CPL Végémar et GRE-

NeRA au Château de Jehay (Rue du Parc, 1 à 4540 Amay).

Conférence à laquelle les agriculteurs sont cordialement invités.

CONTRATS POMMES DE TERRE  
DIRECTEMENT DU CHAMP OU STOCKAGE

Agro  
Debeuckelaere  
Staden

Tél. 051/70.16.25  
www.agrodebeuckelaere.be

IND007110101.brf

**Annexe 4. Bulletins d'analyse des produits phytosanitaires dans l'eau  
récoltée à l'exutoire de deux lysimètres**



**Rapport d'essai  
Laboratoire Central  
Société wallonne des eaux**

1 / 7

LABORATOIRE SWDE  
Zoning Industriel  
Avenue de l'Espérance,14  
6220 FLEURUS  
BELGIQUE

Date : 11/05/11 07:58

**Rapport d'analyse N°: 10203-1**

**Echantillons et identifications :**

N° dem.	No échant.	Prélevé le	Réceptionné le	Information	Statut
10203	0720433	27/04/11	28/04/11 15:44:00	GX ABT PL1	
10203	0720434	27/04/11	28/04/11 15:44:00	GX ABT PL3	

La description des méthodes d'essais, les références aux méthodes d'essais et les incertitudes de mesures sont disponibles sur simple demande.



Laboratoire accrédité  
ISO 17025  
N°118-TEST

Echant.: 0720433, 2 / 7

## Rapport d'essai Laboratoire Central Société wallonne des eaux

**N° demande** 10203

**No échantillon** 0720433

### Prélèvement

Prélevé le 27/04/11  
Prélevé par Vos soins  
Méthode de prélèvement Manuel  
Information échantillon : GX ABT PL1

### Information LIMS

Type d'échantillon LIMS Eau souterraine  
Description échantillon LIMS Ech. d'eau souterraine, source  
Type de Client EXTERIEUR  
Client GEMBLOUX GRO-BIO TECH (grenera)  
Normes Code de l'Eau-Art. D185, annexe XXXI  
Type d'eau EAU CLAIRE

### Information Laboratoire

Réceptionné le 28/04/11 15:44:00  
Début d'analyse 29/04/11 13:27:00

### organique

Org - Pesticides et PAH	Résultats	Normes
Bentazone	8 ng/l	=< 100 ng/l
+ Bromoxynil	< 1 <sup>f</sup> ng/l	
+ Clopyralide	ng/l	=< 100 ng/l
+ Dicamba	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Dinoseb	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Dinoterb	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Fluroxypyr	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+ Ioxynil	< 1 <sup>f</sup> ng/l	
MCPA	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
MCPB	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Mecoprop	1 <sup>2</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Triclopyr	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
2,4-D	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
2,4-DB	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
2,4-DP	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
2,4,5-T	1 <sup>2</sup> ng/l	=< 100 ng/l
2,4,5-TP	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Aldicarb	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Aldicarb sulfone	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Aldicarb sulfoxyde	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+ Amidosulfuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Bromacil	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Carbetamide	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Carbofuran	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Chloridazon	196 ng/l	# =< 100 ng/l
Chlortoluron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
2,6-Dichlorobenzamide	2 <sup>2</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+ Diflufenican	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+ Dimethenamide	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Diméthoate	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l

La description des méthodes d'essais, les références aux méthodes et les incertitudes de mesures sont disponibles sur simple demande

+ : non accrédité

x : analysé hors délai

# : non-conforme

1 : < LOD, paramètre non-détecté

2 : < LOQ, valeur estimée (inférieure à la limite de quantification)

Echant.: 0720433, 3 / 7

	Diuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Flazasulfuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Imidaclopryde	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Isoproturon	1 <sup>2</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Lénacil	6 ng/l	=< 100 ng/l
	Linuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Métamitron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Methomyl	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Métobromuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Métolachlor	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Métoxuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Métribuzin	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Metsulfuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Monuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Oxadiazon	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Oxamyl	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Pendimethaline	1 <sup>2</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Prochloraz	< 1 <sup>f</sup> ng/l	
+	Prosulfocarb	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Pyridate	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Triadimephon	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Sulcotrione	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Alachlor	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Aldrine	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 30 ng/l
	Dachtal	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	DDE	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	DDT	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Dichlobényl	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Dieldrin	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 30 ng/l
+	Endosulphan alpha	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Endosulphan beta	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Endrin	< 10 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Hexachlorobenzène	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Heptachlor	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 30 ng/l
	Heptachlor epoxide A	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 30 ng/l
	Heptachlor epoxide B	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 30 ng/l
	Lindane	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Mirex	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Pentachlorophénol	< 20 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	2,4,6-Trichlorophénol	< 7 <sup>f</sup> ng/l	
	Trifluraline	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Ametryn	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Atrazine	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Cyanazine	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Déséthylatrazine	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Désisopropylatrazine	< 15 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Ethofumésate	16 ng/l	=< 100 ng/l
	Prometon	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Prométrine	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Propazine	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Simazine	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Terbutylazine	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Terbutryn	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Chlorfenvinphos	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Diazinon	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Dichlorvos	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Ethylazinphos	< 8 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Ethylparathion	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Fénitrothion	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Fenthion	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Malathion	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Méthidation	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l

La description des méthodes d'essais, les références aux méthodes et les incertitudes de mesures sont disponibles sur simple demande

+ : non accrédité

x : analysé hors délai

# : non-conforme

1 : < LOD, paramètre non-déecté

2 : < LOQ, valeur estimée (inférieure à la limite de quantification)

Echant.: 0720433, 4 / 7

+	Méthylaziphos	< 8 <sup>1</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Méthylparathion	< 8 <sup>1</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Acénaphène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Acénaphthylène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Anthracène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Benzo(a)anthracène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Benzo(a)pyrène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	=< 10 ng/l
	Benzo(b)fluoranthène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Benzo(ghi)pérylène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Benzo(k)fluoranthène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Biphényl	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Chrysène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Dibenzo(a,h)anthracène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Fluoranthène	2 <sup>2</sup> ng/l	
	Fluorène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	9-Fluorénone	2 <sup>2</sup> ng/l	
	Hydroxy biphényl	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Indénopyrène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Phénanthrène	2 <sup>2</sup> ng/l	
	Pyrène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Somme PAH (AGw 04)	0 ng/l	=< 100 ng/l
	Somme PAH (AERW89)	2 ng/l	
	Recherche PCB	absence	
	Pesticides	233 ng/l	=< 500 ng/l

En ce qui concerne les paramètres analysés, l'échantillon ne répond pas aux normes prescrites par le Code de l'Eau-Art. D185, annexe XXXI.

**Ce rapport d'essai a été signé électroniquement**

Ing. J-M BAURET

Directeur du Laboratoire

La description des méthodes d'essais, les références aux méthodes et les incertitudes de mesures sont disponibles sur simple demande

+ : non accrédité

x : analysé hors délai

# : non-conforme

1 : < LOD, paramètre non-déecté

2 : < LOQ, valeur estimée (inférieure à la limite de quantification)



Laboratoire accrédité  
ISO 17025  
N°118-TEST

Echant.: 0720434, 5 / 7

## Rapport d'essai Laboratoire Central Société wallonne des eaux

**N° demande** 10203

**No échantillon** 0720434

### Prélèvement

Prélevé le 27/04/11  
Prélevé par Vos soins  
Méthode de prélèvement Manuel  
Information échantillon : GX ABT PL3

### Information LIMS

Type d'échantillon LIMS Eau souterraine  
Description échantillon LIMS Ech. d'eau souterraine, source  
Type de Client EXTERIEUR  
Client GEMBLOUX GRO-BIO TECH (grenera)  
Normes Code de l'Eau-Art. D185, annexe XXXI  
Type d'eau EAU CLAIRE

### Information Laboratoire

Réceptionné le 28/04/11 15:44:00  
Début d'analyse 29/04/11 13:27:00

### organique

Org - Pesticides et PAH	Résultats	Normes
Bentazone	1 <sup>2</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+ Bromoxynil	< 1 <sup>f</sup> ng/l	
+ Clopyralide	ng/l	=< 100 ng/l
+ Dicamba	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Dinoseb	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Dinoterb	2 <sup>2</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Fluroxypyr	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+ Ioxynil	< 1 <sup>f</sup> ng/l	
MCPA	1 <sup>2</sup> ng/l	=< 100 ng/l
MCPB	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Mecoprop	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Triclopyr	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
2,4-D	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
2,4-DB	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
2,4-DP	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
2,4,5-T	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
2,4,5-TP	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Aldicarb	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Aldicarb sulfone	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Aldicarb sulfoxyde	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+ Amidosulfuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Bromacil	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Carbetamide	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Carbofuran	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Chloridazon	7 ng/l	=< 100 ng/l
Chlortoluron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
2,6-Dichlorobenzamide	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+ Diflufenican	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+ Dimethenamide	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
Diméthoate	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l

La description des méthodes d'essais, les références aux méthodes et les incertitudes de mesures sont disponibles sur simple demande

+ : non accrédité

x : analysé hors délai

# : non-conforme

1 : < LOD, paramètre non-déteçté

2 : < LOQ, valeur estimée (inférieure à la limite de quantification)

Echant.: 0720434, 6 / 7

	Diuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Flazasulfuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Imidaclopryde	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Isoproturon	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Lénacil	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Linuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Métamitron	1 <sup>2</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Methomyl	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Métobromuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Métolachlor	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Métoxuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Métribuzin	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Metsulfuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Monuron	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Oxadiazon	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Oxamyl	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Pendimethaline	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Prochloraz	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Prosulfocarb	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Pyridate	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Triadimephon	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Sulcotrione	< 1 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Alachlor	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Aldrine	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 30 ng/l
	Dachtal	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	DDE	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	DDT	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Dichlobényl	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Dieldrin	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 30 ng/l
+	Endosulphan alpha	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Endosulphan beta	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Endrin	< 10 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Hexachlorobenzène	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Heptachlor	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 30 ng/l
	Heptachlor epoxide A	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 30 ng/l
	Heptachlor epoxide B	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 30 ng/l
	Lindane	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Mirex	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Pentachlorophénol	< 20 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	2,4,6-Trichlorophénol	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Trifluraline	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Ametryn	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Atrazine	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Cyanazine	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Déséthylatrazine	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Désisopropylatrazine	< 15 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Ethofumésate	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Prometon	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Prométrine	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Propazine	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Simazine	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Terbutylazine	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Terbutryn	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Chlorfenvinphos	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Diazinon	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Dichlorvos	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Ethylazinphos	< 8 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Ethylparathion	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Fénitrothion	< 7 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Fenthion	< 2 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Malathion	< 5 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Méthidation	< 3 <sup>f</sup> ng/l	=< 100 ng/l

La description des méthodes d'essais, les références aux méthodes et les incertitudes de mesures sont disponibles sur simple demande

+ : non accrédité

x : analysé hors délai

# : non-conforme

1 : < LOD, paramètre non-détecté

2 : < LOQ, valeur estimée (inférieure à la limite de quantification)

Echant.: 0720434, 7 / 7

+	Méthylaziphos	< 8 <sup>1</sup> ng/l	=< 100 ng/l
+	Méthylparathion	< 8 <sup>1</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Acénaphène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Acénaphylène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Anthracène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Benzo(a)anthracène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Benzo(a)pyrène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	=< 10 ng/l
	Benzo(b)fluoranthène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Benzo(ghi)pérylène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Benzo(k)fluoranthène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Biphényl	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Chrysène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Dibenzo(a,h)anthracène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Fluoranthène	2 <sup>2</sup> ng/l	
	Fluorène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	9-Fluorénone	2 <sup>2</sup> ng/l	
	Hydroxy biphényl	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	=< 100 ng/l
	Indénopyrène	2 <sup>2</sup> ng/l	
	Phénanthrène	2 <sup>2</sup> ng/l	
	Pyrène	< 1,5 <sup>1</sup> ng/l	
	Somme PAH (AGw 04)	2 ng/l	=< 100 ng/l
	Somme PAH (AERW89)	4 ng/l	
	Recherche PCB	absence	
	Pesticides	12 ng/l	=< 500 ng/l

En ce qui concerne les paramètres analysés, l'échantillon répond aux normes prescrites par le Code de l'Eau-Art. D185, annexe XXXI.

***Ce rapport d'essai a été signé électroniquement***

Ing. J-M BAURET

Directeur du Laboratoire

La description des méthodes d'essais, les références aux méthodes et les incertitudes de mesures sont disponibles sur simple demande

+ : non accrédité

x : analysé hors délai

# : non-conforme

1 : < LOD, paramètre non-détecté

2 : < LOQ, valeur estimée (inférieure à la limite de quantification)