



ASBL | **Centre Provincial Liégeois**
des Productions Végétales
et Maraîchères

**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

Mai 2011



Service public de Wallonie

Ce document doit être mentionné comme suit :

Deneufbourg M.¹, Vandenberghe C.¹, Fonder N.², Heens B.³, Xanthoulis D.², Marcoen J.M.¹, (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.

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 – Unité de Science du Sol (GxABT) qui assurent le secrétariat du Comité de projet;
- un représentant de l'asbl EPUVALEAU;
- un représentant de l'asbl CPL Végémar;
- un représentant du Service Agronomique de Hesbayefrost s.a;
- un représentant de l'asbl Nitrawal;
- trois agriculteurs dont les parcelles sont équipées d'un lysimètre ;
- des spécialistes éventuellement désignés par le Ministre.

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

² Epuvaleau ASBL

³ Services Agricoles de la province de Liège - Centre Provincial Liégeois des Productions Végétales et Maraîchères ASBL

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	3
1 INTRODUCTION.....	7
1.1 CONTEXTE DE L'ETUDE	7
1.2 HISTORIQUE DU PROJET	8
2 PROGRAMME DE TRAVAIL ET OBJECTIFS.....	11
3 MATERIEL ET METHODE.....	13
3.1 DESCRIPTION DES SITES RETENUS.....	13
3.2 METHODOLOGIE APPLIQUEE AUX ESSAIS MENES SUR ET HORS SITES LYSIMETRIQUES	14
3.3 METHODOLOGIE POUR LE CALCUL DE LA FUMURE AZOTEE SUR LES ESSAIS.....	15
4 CONTEXTE CLIMATIQUE.....	17
5 DONNEES D'IRRIGATION	20
6 EXPERIMENTATIONS ET RESULTATS	21
6.1 GROSSE PIERRE CHEMIN DE FER	21
6.1.1 2010 : pois-haricot.....	21
6.1.2 2011 : pomme de terre	22
6.1.3 Analyse des percolats.....	23
6.1.4 Graphique récapitulatif.....	24
6.2 GROS THIER BOVENISTIER	26
6.2.1 2010 : poireau	26
6.2.2 2011 : haricot.....	27
6.2.3 Analyse des percolats.....	28
6.2.4 Graphique récapitulatif.....	29
6.3 PL1	31
6.3.1 2010 : betterave.....	31
6.3.2 2011 : froment	33
6.3.3 Analyse des percolats	34
6.3.4 Graphique récapitulatif.....	35
6.4 PL3	37
6.4.1 2010 : fève des marais.....	37
6.4.2 2010 : épinard d'automne	38
6.4.3 2011 : froment	40
6.4.4 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles	41
6.4.5 Graphique récapitulatif.....	42
6.5 SOLE 4.....	44
6.5.1 2010 : froment	44
6.5.2 2011 : pépinière de pommiers et de poiriers.....	45
6.5.3 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles	46
6.5.4 Graphique récapitulatif.....	47
6.6 HAUTE BOVA	49
6.6.1 2010 : betterave.....	49
6.6.2 2011 : froment	50
6.6.3 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles	50
6.6.4 Graphique récapitulatif.....	52

6.7	LYSIMETRES DE GEMBLoux.....	54
6.7.1	<i>Mesures sur les lysimètres en 2010.....</i>	54
6.7.2	<i>Mesures sur les lysimètres en 2011.....</i>	54
6.7.3	<i>Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles.....</i>	55
6.7.4	<i>Graphique récapitulatif.....</i>	58
7	BILAN FINANCIER.....	60
8	ESSAIS HORS SITES LYSIMETRIQUES EN 2011.....	63
9	INTEGRATION DES RECOMMANDATIONS DE LA CONVENTION PRECEDENTE.....	64
10	CONTRIBUTION DE LA S.A. HESBAYEFROST.....	66
10.1	ESSAI DE FERTILISATION EN EPINARD D’HIVER.....	66
10.2	APL EN CULTURE DE HARICOT.....	71
10.3	PROGRAMME 2011.....	73
11	VULGARISATION DU RETOUR D’EXPERIENCE.....	74
12	CONCLUSIONS.....	75
13	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	77
	REMERCIEMENTS.....	78

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1. Profondeurs racinaires prises en compte pour le calcul du conseil de fumure	16
Tableau 2. Données météo mensuelles à la station de mesure de Geer (période 2010 – début 2011)	17
Tableau 3. Irrigations sur les parcelles suivies en 2010	20
Tableau 4. APL (kg N-NO ₃ ⁻ /ha) sur la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer (pois + haricot) –2010	21
Tableau 5 : Parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate	23
Tableau 6. Reliquats azotés (kg N-NO ₃ ⁻ /ha) sur le parcellaire expérimental de la parcelle Gros Thier Bovenistier (poireaux) - 2010	26
Tableau 7. Reliquats azotés (kg N-NO ₃ ⁻ /ha) sur le parcellaire expérimental de la parcelle Gros Thier Bovenistier (poireaux) - 2011	26
Tableau 8. Rendements et poids moyen par poireau obtenus sur l'essai de la parcelle Gros Thier Bovenistier (poireau) - 2010	27
Tableau 9 : Parcelle Gros Thier Bovenistier, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate	28
Tableau 10. Reliquats azotés (kg N-NO ₃ ⁻ /ha) sur le parcellaire expérimental de PL1 (betterave) - 2010	31
Tableau 11. Reliquats azotés (kg N-NO ₃ ⁻ /ha) sur la parcelle PL1 (à l'exception de l'essai) (betterave) - 2010	31
Tableau 12. Rendement total et rendement sucre obtenus sur l'essai de la parcelle PL1 (betterave) - 2010	32
Tableau 13 : Parcelle PL1, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate	34
Tableau 14. Reliquats azotés (kg N-NO ₃ ⁻ /ha) sur le parcellaire expérimental de PL3 (fève des marais) -2010	37
Tableau 15. Rendements et tendérométrie obtenus sur l'essai de la parcelle PL3 (fève des marais) - 2010	38
Tableau 16. Reliquats azotés (kg N-NO ₃ ⁻ /ha) sur le parcellaire expérimental de la parcelle PL3 (épinard d'automne) - 2010	38
Tableau 17. Rendements et rapports tige-feuille obtenus sur l'essai de la parcelle PL3 (épinard d'automne) - 2010	39
Tableau 18. Parcelle PL3, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate	41
Tableau 19. APL (kg N-NO ₃ ⁻ /ha) sur la parcelle Sole 4 (froment) –2010	44
Tableau 20 : Parcelle sole 4, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate	46
Tableau 21. Reliquats azotés (kg N-NO ₃ ⁻ /ha) sur le parcellaire expérimental de la parcelle Haute Bova (betterave) - 2010	49
Tableau 22. Rendement total et rendement sucre obtenus sur l'essai de la parcelle Haute Bova (betterave) - 2010	50
Tableau 23. Parcelle Haute Bova, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate	51
Tableau 24 : Lysimètre 1, Gembloux, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate	56
Tableau 25. Lysimètre 2, Gembloux, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate	57

Tableau 26. Résultats des essais 2010 en termes de rendement et de bilan financier (€/ha)	61
Tableau 27. Statistiques des conseils de fumure en fève des marais et en carotte	64
Tableau 28. Résultats de l'essai en épinard d'hiver	68
Tableau 29. Synthèse des résultats de l'essai de fertilisation en épinard d'hiver	70
Tableau 30. Synthèse des APL en culture de haricot (2001 et 2002)	71
Tableau 31. Reliquats azotés post-récolte en haricot sur le parcellaire expérimental de l'essai de fertilisation en épinard d'hiver	71
Tableau 32. Données utiles au suivi APL sur 3 parcelles en haricot en 2010	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	15
Figure 4. Précipitations et températures moyennes mensuelles à la station de mesure de Geer en 2010 et début 2011	18
Figure 5. Pluviométrie, évapotranspiration potentielle et déficit hydrique (mm/mois) en 2010 et début 2011 à Geer	19
Figure 6. Résultats APL de la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer par rapport à l'APL de référence légumes (classe A7) 2010	22
Figure 7. Synthèse des mesures et observations, parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer 25	25
Figure 8. Synthèse des mesures et observations, parcelle Gros Thier Bovenistier	30
Figure 9. Résultats APL de la parcelle PL1 par rapport à l'APL de référence 2010 (betterave – classe A1)	32
Figure 10. Synthèse des mesures et observations, parcelle PL1	36
Figure 11. Reliquats azotés post-récolte de la parcelle PL3 et APL de référence (légumes – classe A7) 2010	39
Figure 12. Synthèse des mesures et observations, parcelle PL3	43
Figure 13. Résultats APL de la parcelle Sole 4 par rapport à l'APL de référence (céréales sans CIPAN – classe A3) - 2010	45
Figure 14. Synthèse des mesures et observations, parcelle Sole 4	48
Figure 15. Synthèse des mesures et observations, parcelle Haute Bova	53
Figure 16. Synthèse des mesures et observations, lysimètres de Gembloux	59
Figure 17. Parcellaire expérimental mis en place pour l'essai de fertilisation en épinard d'hiver	67
Figure 18. Données climatiques de l'essai de fertilisation en épinard d'hiver	69

1 Introduction

Ce rapport conclut la première année de l'étude réalisée dans le cadre du « **Suivi lysimétrique de la lixiviation de l'azote nitrique et l'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 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^{er} 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^{er} 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^{er} 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^{er} 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. Dans les zones vulnérables de la région wallonne, près de 20% des prises d'eau souterraine échantillonnées entre 2004 et 2007 dépassaient la norme maximale de 50 milligrammes de nitrate par litre d'eau définie comme limite de potabilité par l'OMS (Cellule Etat de l'Environnement Wallon, 2007). Les différents secteurs de la société (domestique, industriel, agricole) contribuent de manière plus ou moins importante à la pollution des eaux par le nitrate. Chacun pour leur part sont soumis à des obligations spécifiques en la matière.

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. 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.

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 agriculteurs. 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, une couverture hivernale du sol, etc, les rotations et successions culturales semblent avoir un impact prépondérant sur la qualité des eaux observée dans les lysimètres. Au terme de ces années, il apparaît en première approximation qu'il existe une correspondance entre le reliquat azoté mesuré dans le sol (exprimé en kg N-NO₃⁻/ha) en novembre et la concentration moyenne en nitrate (exprimée en mg NO₃⁻/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). 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 matières organiques. Il est ainsi possible d'apporter la fumure minérale au moment où la plante en a 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 des quantités à apporter 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 APL⁴ 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.
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

⁴ Azote Potentiellement Lessivable : mesure du reliquat en azote nitrique dans le sol (0-90 cm) en début de période de lixiviation du nitrate

enjeux de la problématique nitrate. 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.

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 plus de 200 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., 2009). 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 Hesbayefrost 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).

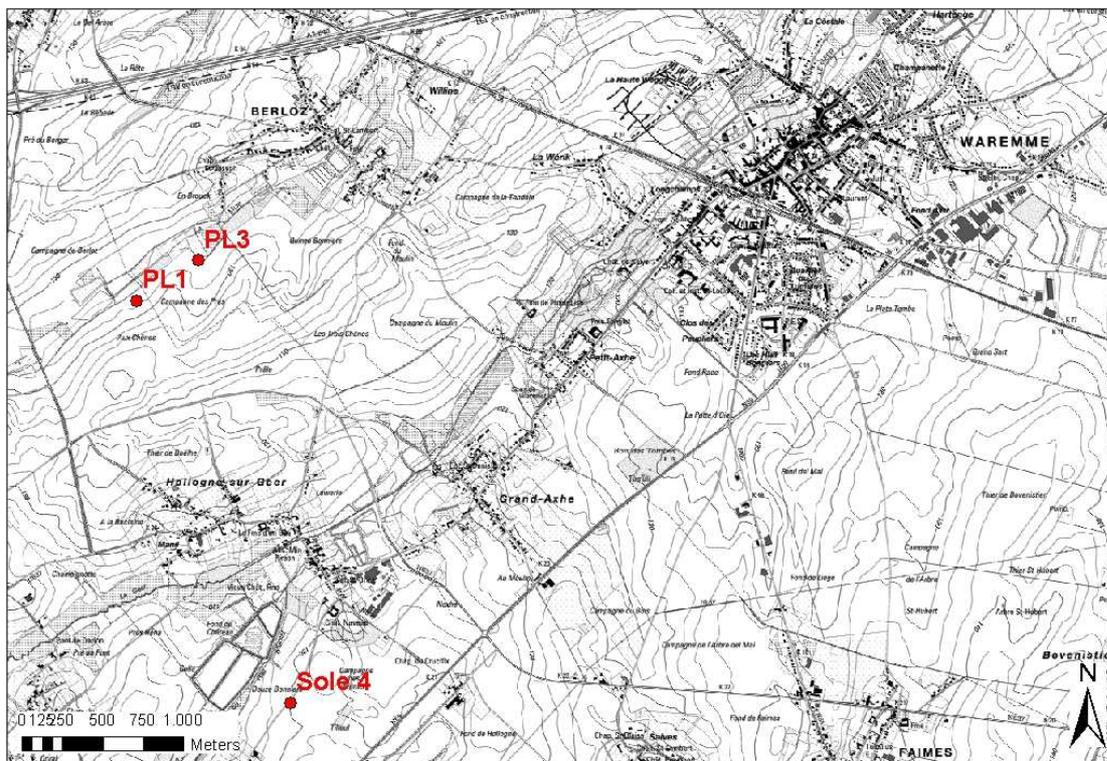


Figure 1. Carte de localisation des lysimètres PL1, PL3 et Sole 4

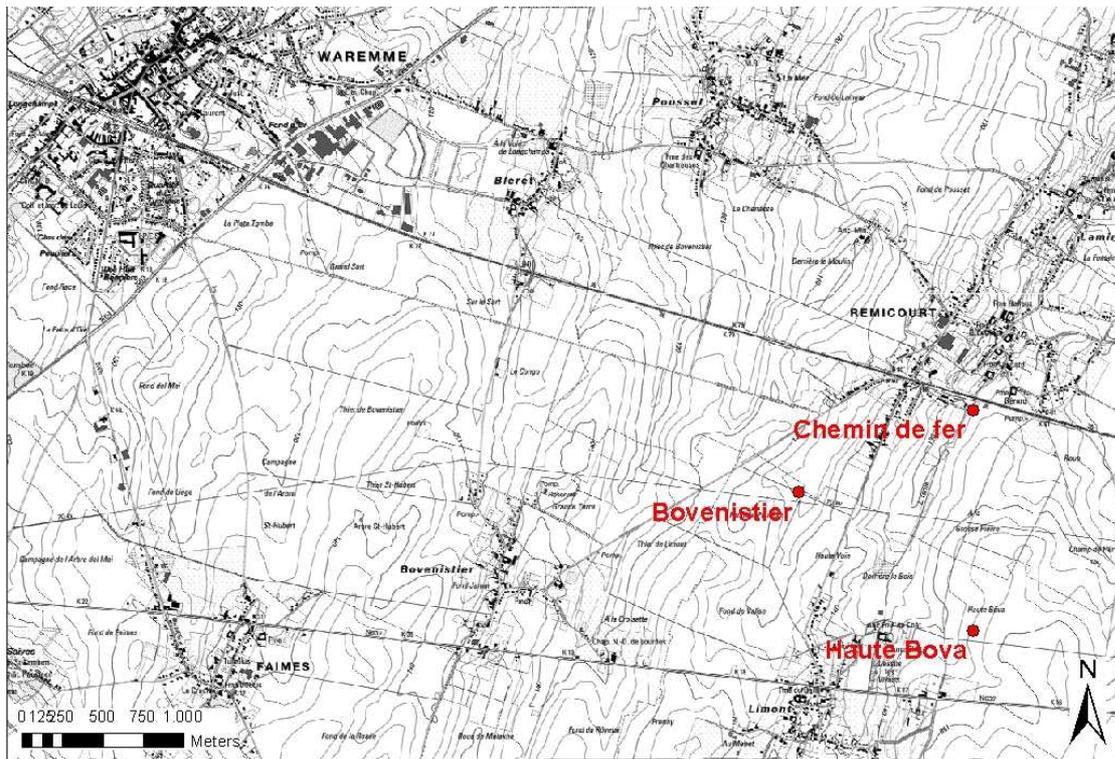


Figure 2. Carte de localisation des lysimètres Grosse Pierre Chemin de Fer, Gros Thier Bovenistier et Haute Bova

3.2 Méthodologie appliquée aux essais menés sur et hors sites lysimétriques

Au cours de l'année 2010, quatre des six parcelles équipées d'un lysimètre ont fait l'objet d'un essai. Une parcelle (Sole 4) était emblavée en froment, culture pour laquelle la fertilisation azotée est bien maîtrisée et une autre parcelle (Grosse Pierre Chemin de Fer) était emblavée en pois suivi d'un haricot, légumineuses qui ne demandent pas d'apport d'engrais azoté. En 2011, trois dispositifs expérimentaux seront installés en dehors des parcelles lysimétriques. Les sous-parcelles sont récoltées séparément en vue de la quantification de leur rendement. 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.

Le parcellaire est constitué de micro-parcelles de 30 à 40 m² selon les situations (Figure 3). L'expérimentation porte sur deux niveaux de fertilisation azotée : 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.

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.

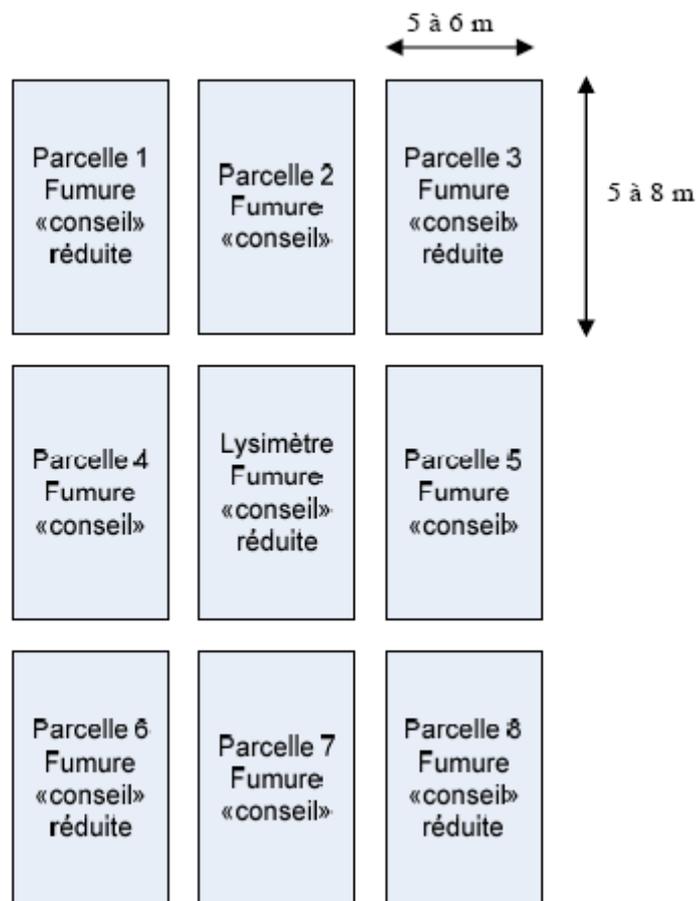


Figure 3. Exemple de parcellaire expérimental

3.3 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

Culture	Profondeur racinaire
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 météo (température minimale, température maximale, température moyenne et précipitations) mesurées à la station météo située sur le site de la s.a. Hesbayefrost à Geer sont reprises dans le Tableau 2. Le diagramme ombrothermique construit à partir de ces valeurs est présenté dans la Figure 4.

En résumé, l'hiver 2010 a été particulièrement froid, avec un enneigement important. Le printemps 2010 a été relativement sec, sans pour autant être qualifié d'anormalement sec. Le début de l'été 2010 a été particulièrement chaud, ensoleillé et sec, avec même une vague de chaleur au cours de la première moitié de juillet. Le mois d'août a connu un excès très exceptionnel des précipitations, principalement sous forme orageuse. Le mois de novembre 2010 a été marqué par des précipitations en excès. Le mois de décembre fut exceptionnellement froid et marqué par des précipitations principalement sous forme neigeuse.

Tableau 2. Données météo mensuelles à la station de mesure de Geer (période 2010 – début 2011)

mois	T°min (°C)	T°max (°C)	T°moyenne (°C)	Pluvio (mm)
janv-10	-11,1	7,0	-0,9	14
févr-10	-5,9	12,7	2,2	39
mars-10	-5,5	19,3	5,7	30
avr-10	-2,1	25,8	9,0	13
mai-10	0,9	25,4	10,4	52
juin-10	4,8	29,6	16,7	22
juil-10	8,0	35,4	20,5	46
août-10	8,2	28,1	16,8	155
sept-10	3,5	24,5	13,6	48
oct-10	-1,7	23,1	10,0	43
nov-10	-4,7	16,0	5,6	86
déc-10	-12,8	5,6	-1,9	24
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

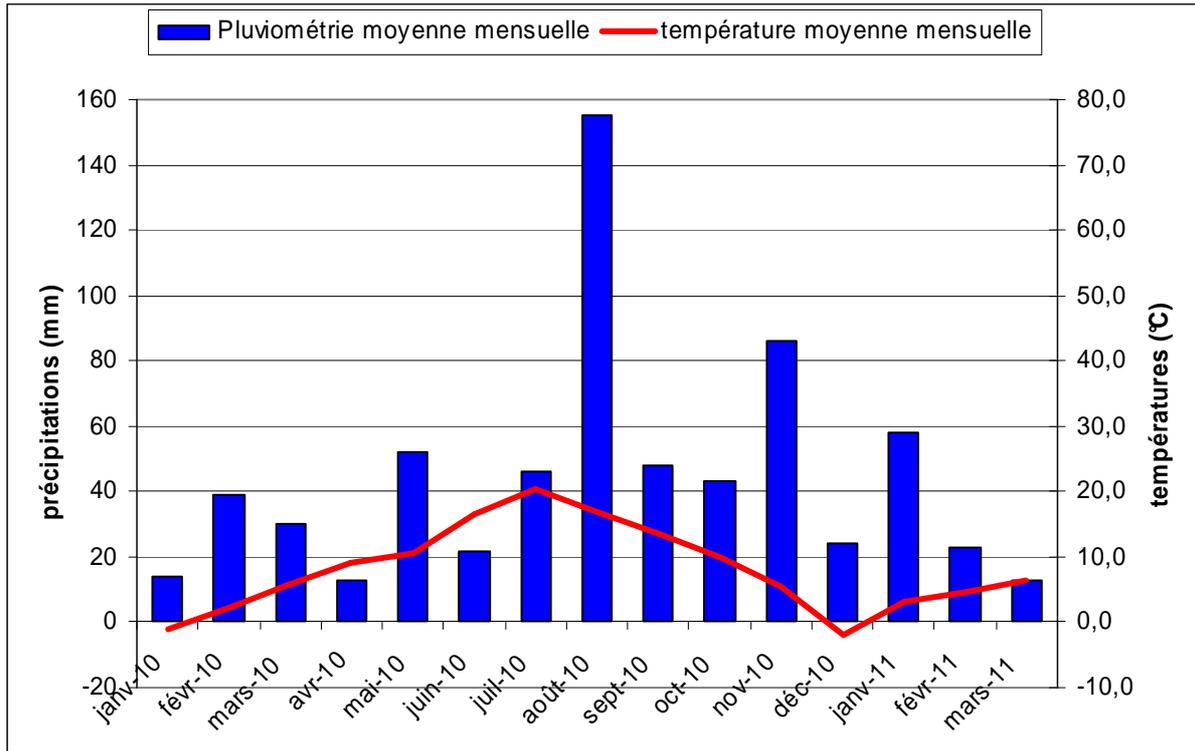


Figure 4. Précipitations et températures moyennes mensuelles à la station de mesure de Geer en 2010 et début 2011

L'évapotranspiration potentielle et le déficit hydrique ($P - ETP$) ont été calculés à partir des données de la station de mesure de l'usine Hesbayefrost S.A. à Geer (Figure 5). L'évapotranspiration a été calculée à partir de la formule empirique de Thornthwaite, qui ne nécessite que la connaissance de la température moyenne mensuelle. On peut voir que globalement d'avril à octobre 2010, on entre dans une phase de déficit hydrique ($P < ETP$), à l'exception du mois d'août au cours duquel les précipitations furent surtout sous forme orageuse, ne permettant pas la remise à saturation du sol. A partir de novembre 2010, on entre dans une phase d'excès hydrique ($P > ETP$), permettant la reprise de la percolation dans les lysimètres.

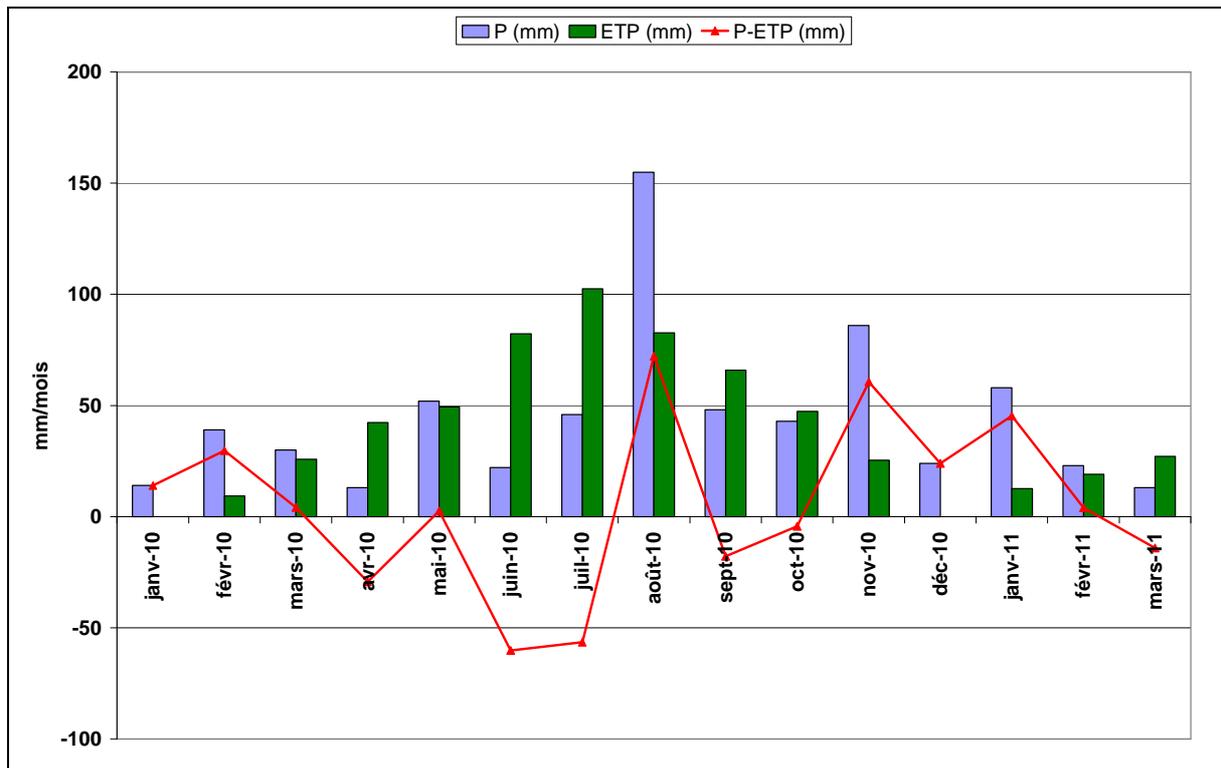


Figure 5. Pluviométrie, évapotranspiration potentielle et déficit hydrique (mm/mois) en 2010 et début 2011 à Geer

5 Données d'irrigation

En 2010, deux parcelles ont été irriguées soit à l'eau claire, soit à l'eau usée (Tableau 3). La parcelle PL3 a été irriguée avec les eaux usées de l'usine Hesbayefrost. 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. Une irrigation uniquement à l'eau usée peut apporter jusqu'à 1 UN par mm d'eau.

Tableau 3. Irrigations sur les parcelles suivies en 2010

	date	culture	quantité (mm)	type
Bovenistier				
	3-juil	poireau	20	eau claire
PL3				
	21-juin	fève	15	eau usée
	25-juin	fève	18	eau usée
	1-juil	fève	18	eau usée
	7-juil	fève	18	eau usée
	31-juil	épinard	15	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.

Une fève des marais a été implantée en 2008, suivie d'un chou frisé. La parcelle était emblavée en poireau en 2009, suivi en 2010 d'une succession pois - haricot. Une pomme de terre est implantée en 2011.

La saison de drainage 2009-2010 s'est étalée de février 2010 à juillet 2010.

La saison de drainage 2010-2011 a repris fin octobre 2010. Les prélèvements n'ont pas été possibles en décembre 2010 en raison de l'enneigement et du gel empêchant l'ouverture de la chambre de visite de ce lysimètre.

6.1.1 2010 : pois-haricot

Le semis des pois a été effectué le 23 avril. Etant donné qu'il n'y a pas eu d'apport d'azote sur ces deux légumineuses, cette parcelle n'a pas fait l'objet d'un essai de fertilisation azotée en 2010.

Les haricots ont été récoltés le 1 octobre et les prélèvements de sol pour mesurer l'APL **sur l'ensemble de la parcelle** ont eu lieu le 18 octobre et le 6 décembre (Tableau 4). L'APL d'octobre montre des quantités d'azote nitrique relativement importantes, toutefois attendues au regard de la succession pois/haricot. La répartition dans le profil est assez homogène. L'APL de décembre montre une augmentation de la quantité d'azote nitrique présente dans les 3 couches du profil, conséquence de la minéralisation des résidus de culture des haricots et de la pluviométrie importante au cours du mois de novembre. La répartition dans le profil reste relativement homogène.

Tableau 4. APL (kg N-NO₃/ha) sur la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer (pois + haricot) –2010

	18/10/2010	6/12/2010
0-30cm	24	29
30-60cm	29	35
60-90cm	22	32
total	75	96

Les APL mesurés sur cette parcelle sont comparés à l'APL de référence de 2010 en légumes (classe A7 - Figure 6). L'APL mesuré sur la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer est qualifié de bon en octobre et de limite en décembre.

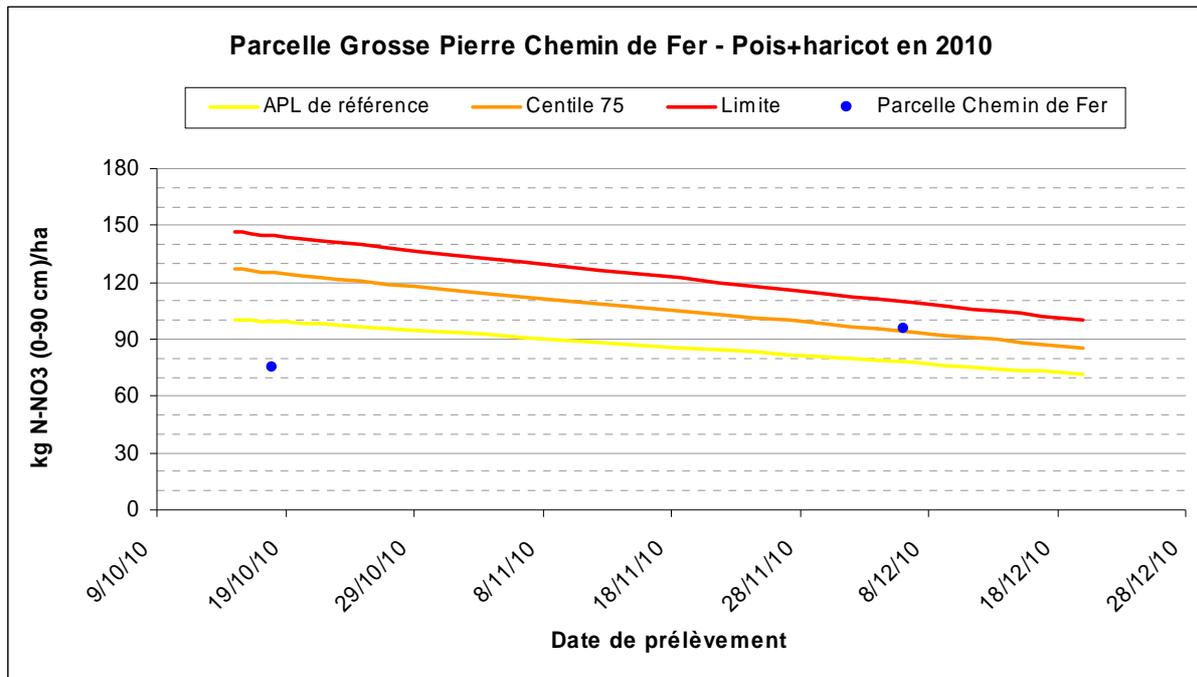


Figure 6. Résultats APL de la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer par rapport à l'APL de référence légumes (classe A7) 2010

6.1.2 2011 : pomme de terre

Les pommes de terre ont été plantées le 4 avril. Il a été décidé de tester sur cet essai l'impact d'une CIPAN après pomme de terre plutôt que de faire un essai sur la fertilisation azotée en pomme de terre. En effet, celle-ci est pilotée efficacement par un certain nombre d'outils (chlorophyllomètre,...), 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 les reliquats azotés en automne.

6.1.3 Analyse des percolats

Les données de pluviométrie sont issues de la station de Geer (cf §4).

Durant la saison de drainage 2009 – 2010, la percolation a repris au milieu du mois de février 2010 et s'est poursuivie jusque juillet 2010, permettant de récolter 13% de la pluviométrie totale. Les concentrations en nitrate dans l'eau de percolation sont élevées (152 mg NO₃⁻/l en moyenne sur la saison de drainage). L'impact d'un accident de fertilisation⁵ survenu sur cette parcelle en automne 2006 est donc toujours visible sur la qualité de l'eau de percolation plus de 3 ans après cet accident alors que seulement 120 kg N/ha ont été appliqués depuis à l'aplomb du lysimètre. Les concentrations en nitrate dans l'eau de percolation sont élevées en valeur absolue mais sont cependant en diminution par rapport à 2008 et 2009.

Au cours de la saison de drainage 2010-2011, la percolation a repris au mois de novembre 2010. Les prélèvements n'ont pas été possibles en décembre en raison du gel persistant qui a empêché l'ouverture de la chambre de visite. Une fraction relativement importante (36%) de la pluviométrie a été récoltée à l'exutoire du lysimètre durant cette période. Les teneurs en nitrate restent assez élevées (109 mg NO₃⁻/l en moyenne) mais sont toujours en diminution par rapport aux années précédentes. Les teneurs en nitrate dans l'eau de percolation sont actuellement (avril 2011) repassées sous les 100 mg NO₃⁻/l.

Tableau 5 : Parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate

Mois	Pluviométrie (mm)	Irrigation (mm)	Volumes récoltés (l)	Ions nitrate lixiviés (mg NO ₃ ⁻ /l)	Azote nitrique lixivié kg N-NO ₃ /ha
Août 2009	25	40	0	-	-
Septembre	15	60	0	-	-
Octobre	52	-	0	-	-
Novembre	65	-	0	-	-
Décembre	42	-	0	-	-
Janvier 2010	14	-	0	-	-
Février	39	-	19,0	169	7,3
Mars	30	-	31,3	161	11,4
Avril	13	-	12,7	142	4,1
Mai	52	-	18,3	129	5,3
Juin	22	-	2,5	136	0,8
Juillet	46	-	0,6	117	0,2
Août	155	-	0	-	-
DRAINAGE 2009-2010	570	100	84,4	152	29,0
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
DRAINAGE 2010-2011	295	0	105,1	109	25,9

⁵ 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 7 présente une synthèse des mesures et observations pour la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer. Cette figure reprend pour les mois d'août 2007 à avril 2011 les volumes d'eau récoltée 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. Les saisons culturales et les apports azotés à l'aplomb du lysimètre sont repris sous le graphique. Les valeurs APL mesurées à l'aplomb du lysimètre sont également données par ce graphique.

La Figure 7 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 au cours des années 2008 et 2009. 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 APL de l'automne 2006 avaient été extrêmement élevés (entre 200 et 250 kg N-NO₃⁻/ha). La culture de carotte suivie d'une moutarde en 2007 n'a pas permis de récupérer cette importante quantité d'azote nitrique présente dans le sol. Le nitrate s'est retrouvé dans les eaux de percolation récoltées à 2m de profondeur dès janvier 2008. La teneur en nitrate dans les eaux récoltées en 2008 est supérieure à 300 mg NO₃⁻/l et a continué à s'amplifier au cours de la saison de drainage. L'azote nitrique appliqué à l'automne 2006 a donc mis 15 mois pour atteindre les 2m de profondeur du fond du lysimètre et être récolté à son exutoire.

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 NO₃⁻/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 NO₃⁻/l.

En résumé, l'accident de fertilisation survenu sur cette parcelle à l'automne 2006 a eu un impact visible sur la qualité de l'eau de percolation durant plus de 4 ans ; ce n'est que lors de la saison de drainage 2010-2011 que l'impact de cet accident de fertilisation s'estompe.

Il faut également noter que durant toute cette période (4 ans), seulement 120 kg N/ha ont été appliqués à l'aplomb du lysimètre (20 kg N/ha en carotte en 2007 et 100 kg N/ha en poireau en 2009) et que les APL obtenus étaient bons.

Cet épisode nous permet donc de dire qu'un apport trop important de matière organique (équivalent à un apport de 100 t/ha de fumier par exemple) aura un impact particulièrement néfaste sur la qualité de l'eau (pic de concentration supérieur à 400 mg NO₃⁻/l) durant plusieurs années du fait d'un enrichissement important du sol en matière organique, et ce quels que soient les cultures et les modes de gestion de la fertilisation mis en place à posteriori.

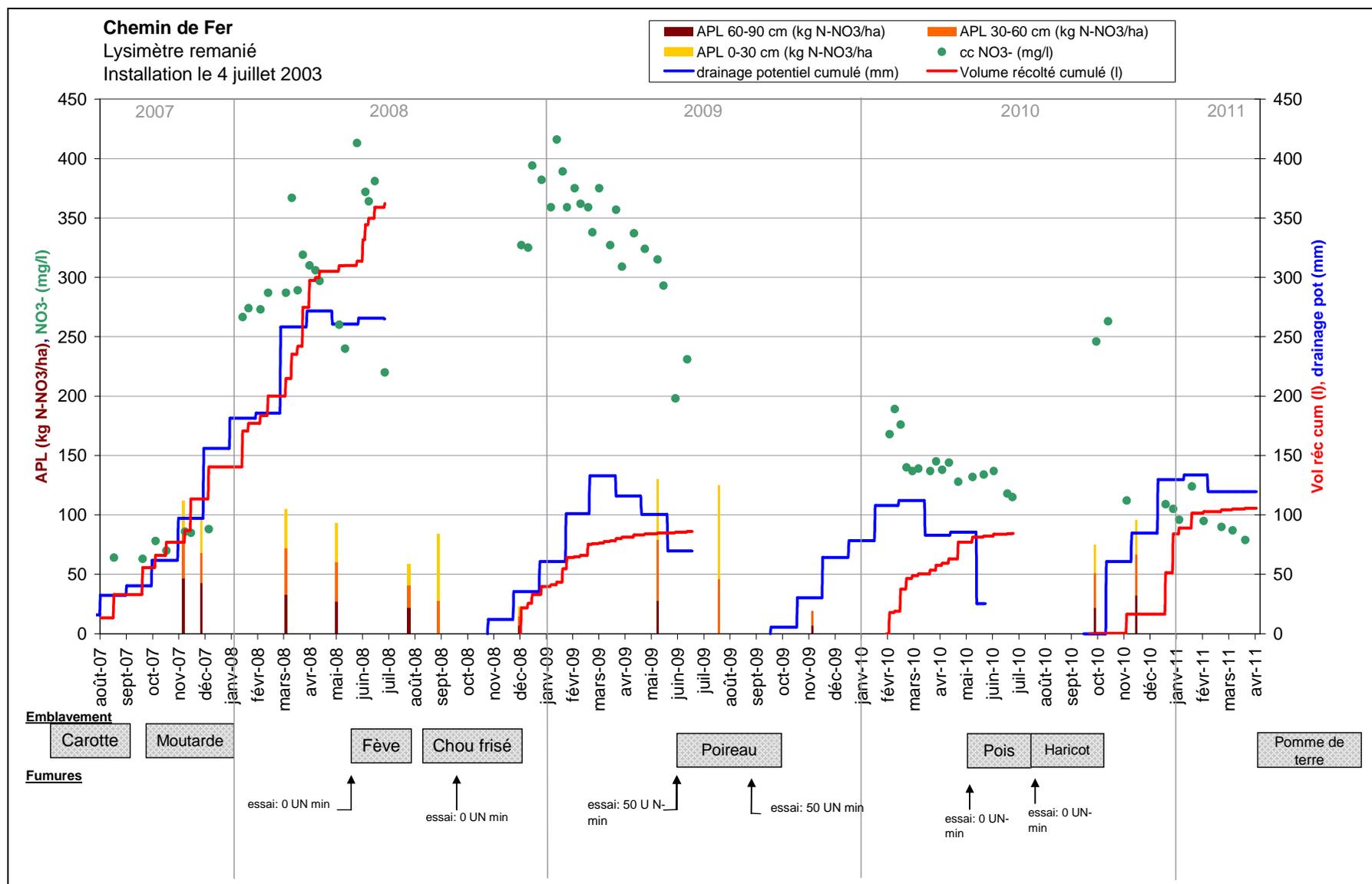


Figure 7. Synthèse des mesures et observations, parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer

6.2 Gros Thier Bovenistier

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

La parcelle a été emblavée en froment en 2008, en fève des marais suivie d'un épinard d'automne en 2009 tandis qu'une culture de poireau était implantée en 2010. Une culture de haricot est prévue en 2011.

La saison de drainage 2009-2010 s'est étalée de janvier 2010 à mai 2010.

La saison de drainage 2010-2011 a repris mi-septembre 2010.

6.2.1 2010 : poireau

Les poireaux ont été repiqués le 1^{er} juillet 2010 sur cette parcelle. Les sous-parcelles de l'essai sont de dimension 8x5m et sont séparées par des chemins d'une largeur de 1m. (Figure 3).

Deux profils azotés ont été établis en vue du conseil de fumure, avant le repiquage des poireaux (24 juin) et en cours de culture (7 septembre). Etant donné les quantités importantes d'azote présentes dans le sol au moment des prélèvements (Tableau 6), il a été décidé de ne pas appliquer d'azote à ce moment sur le parcellaire expérimental. Un nouveau profil azoté a été établi le 9 février 2011 (Tableau 7). On peut voir que les poireaux ont prélevé une quantité importante d'azote nitrique au cours de l'automne et de l'hiver, avec une diminution de 250 et 270 kg N-NO₃⁻/ha entre septembre 2010 et février 2011, laissant un profil pauvre en azote nitrique. Suite à ce profil, un scénario 0 UN a été testé sur les sous-parcelles P1, P3, P6, P8 (ainsi qu'à l'aplomb du lysimètre), tandis qu'une fraction de 50 UN minéral a été appliquée sur les sous-parcelles P2, P4, P5, P7 le 28 février 2011. Lorsque les profils sont peu chargés en azote en février (comme c'est le cas sur cette parcelle), on recommande en effet généralement une application de 50 kg N/ha pour relancer la végétation le plus tôt possible.

Tableau 6. Reliquats azotés (kg N-NO₃⁻/ha) sur le parcellaire expérimental de la parcelle Gros Thier Bovenistier (poireaux) - 2010

	24/06/2010		7/9/2010	
	0 UN à appliquer sur 5 sous-parcelles	50 UN à appliquer sur 4 sous-parcelles	0 UN à appliquer sur 5 sous-parcelles	50 UN à appliquer sur 4 sous-parcelles
0-30cm	102	93	121	104
30-60cm	48	44	111	105
60-90cm	56	57	57	58
total	206	194	289	267

Tableau 7. Reliquats azotés (kg N-NO₃⁻/ha) sur le parcellaire expérimental de la parcelle Gros Thier Bovenistier (poireaux) - 2011

	9/2/2011		28/3/2011	
	0 UN à appliquer sur 5 sous-parcelles	50 UN à appliquer sur 4 sous-parcelles	0 UN à appliquer sur 5 sous-parcelles	50 UN appliquées sur 4 sous-parcelles
0-30cm	4	4	4	23
30-60cm	4	4	4	4
60-90cm	7	5	3	5
total	15	13	11	32

Les poireaux ont été récoltés le 28 mars à l'aplomb du lysimètre et le prélèvement de sol pour mesurer le reliquat azoté post-récolte sur les sous-parcelles a eu lieu ce même jour (Tableau 7). On peut voir qu'une partie des 50 UN appliquées sur quatre sous-parcelles de l'essai un mois plus tôt n'a pas été prélevée par les poireaux et que cette partie (20UN) se retrouve dans les 30 premiers centimètres de sol à la récolte. Cette différence n'est cependant pas considérée comme significative par l'analyse statistique.

Compte tenu de la récolte tardive des poireaux, il n'a pas été possible de comparer les reliquats azotés mesurés sur cette parcelle avec l'APL de référence 2010.

Pour chaque sous-parcelle, le rendement et le poids moyen par poireau ont été quantifiés individuellement (Tableau 8).

Tableau 8. Rendements et poids moyen par poireau obtenus sur l'essai de la parcelle Gros Thier Bovenistier (poireau) - 2010

Fumure appliquée (kg N/ha)	Rendement (T/ha)	Poids moyen par poireau (g)
0	61,0	338
50	59,1	332

L'analyse statistique révèle que les différences de rendement observées entre les deux objets testés ne sont pas significatives.

Conclusions

- *Sur cette parcelle et dans les conditions (culturales, climatiques,...) de 2010 et début 2011, l'apport d'une fraction de 50 kg N/ha un mois avant la récolte des poireaux n'a pas engendré de gain de rendement ni de qualité de la récolte ; de plus, une partie de cette fraction se retrouvait dans le sol à la récolte. Cette fraction s'est donc révélée inutile à posteriori.*

6.2.2 2011 : haricot

A ce jour, le semis de haricot sur cette parcelle n'a pas encore eu lieu. Les deux niveaux de fertilisation à tester sur le parcellaire expérimental doivent encore être déterminés. Une CIPAN sera testée sur le parcellaire expérimental après récolte des haricots.

6.2.3 Analyse des percolats

La saison de drainage 2009 – 2010 a repris en janvier 2010 et s’est étalée jusque mai, permettant de récolter 11% de la pluviométrie totale à l’exutoire du lysimètre. Les teneurs en nitrate mesurées dans l’eau de percolation sont faibles (37 mg NO₃⁻/l en moyenne) et la quantité d’azote nitrique percolé sous la zone racinaire est faible (6 kg N-NO₃⁻/ha). La succession betterave – froment – moutarde observée sur cette parcelle en 2007 et 2008 a ainsi permis de récolter des eaux de percolation faiblement chargées en nitrate.

La saison de drainage 2010 – 2011 s’est étalée de septembre 2010 à avril 2011. 69% de la pluviométrie a été récoltée à l’exutoire du lysimètre durant cette période ; les fortes pluies de novembre et la fonte des neiges en janvier peuvent apporter une explication à cette proportion très élevée. Au cours de cette période, les teneurs en nitrate dans l’eau récoltée augmentent sensiblement, de 50 mg NO₃⁻/l en septembre 2010 à 120 mg NO₃⁻/l en mars 2011. Alors que 6 kg N-NO₃⁻/ha avaient été récoltés à l’exutoire de ce lysimètre entre janvier 2010 et mai 2010, cette quantité est passée à 38 kg N-NO₃⁻/ha entre septembre 2010 et mars 2011. L’impact des cultures de fève des marais et d’épinard en 2009 et de poireau en 2010 a donc commencé à se faire ressentir sur la qualité de l’eau de percolation durant cette période

Tableau 9 : Parcelle Gros Thier Bovenistier, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate

Mois	Pluviométrie (mm)	Irrigation (mm)	Volumes récoltés (l)	Ions nitrate lixiviés (mg NO ₃ ⁻ /l)	Azote nitrique lixivié kg N-NO ₃ ⁻ /ha
Août 2009	25	32	0	-	-
Septembre	15	20	0,5	31	0
Octobre	52	-	0,3	44	0
Novembre	65	-	0	-	-
Décembre	42	-	0	-	-
Janvier 2010	14	-	24,4	44	2,4
Février	39	-	18,8	29	1,2
Mars	30	-	23,8	37	2
Avril	13	-	2,3	34	0,2
Mai	52	-	0,5	48	0,1
Juin	22	-	0	-	-
Juillet	46	20	0	-	-
Août	155	-	0	-	-
DRAINAGE 2009-2010	570	72	70,5	37	5,9
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
DRAINAGE 2010-2011	295	0	205,6	82	38,3

6.2.4 Graphique récapitulatif

La Figure 8 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.

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 ($67 \text{ kg N-NO}_3^-/\text{ha}$).

En 2010, les reliquats azotés avant et en cours de culture du poireau étaient particulièrement élevés suite à la minéralisation des résidus de cultures de fève des marais et d'épinard d'automne en 2009. Le reliquat azoté post-récolte (mars 2011) est très faible à l'aplomb du lysimètre. Les teneurs en nitrate dans l'eau de percolation au cours de l'hiver 2010-2011 augmentent progressivement pour atteindre les $120 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ en fin de saison. L'introduction d'une culture de poireau dans la rotation après une succession fève des marais – épinard d'automne a donc eu un impact négatif sur la qualité de l'eau de percolation dès le début de l'année suivante, malgré le fait qu'aucun apport d'azote n'ait été effectué sur les poireaux à l'aplomb du lysimètre.

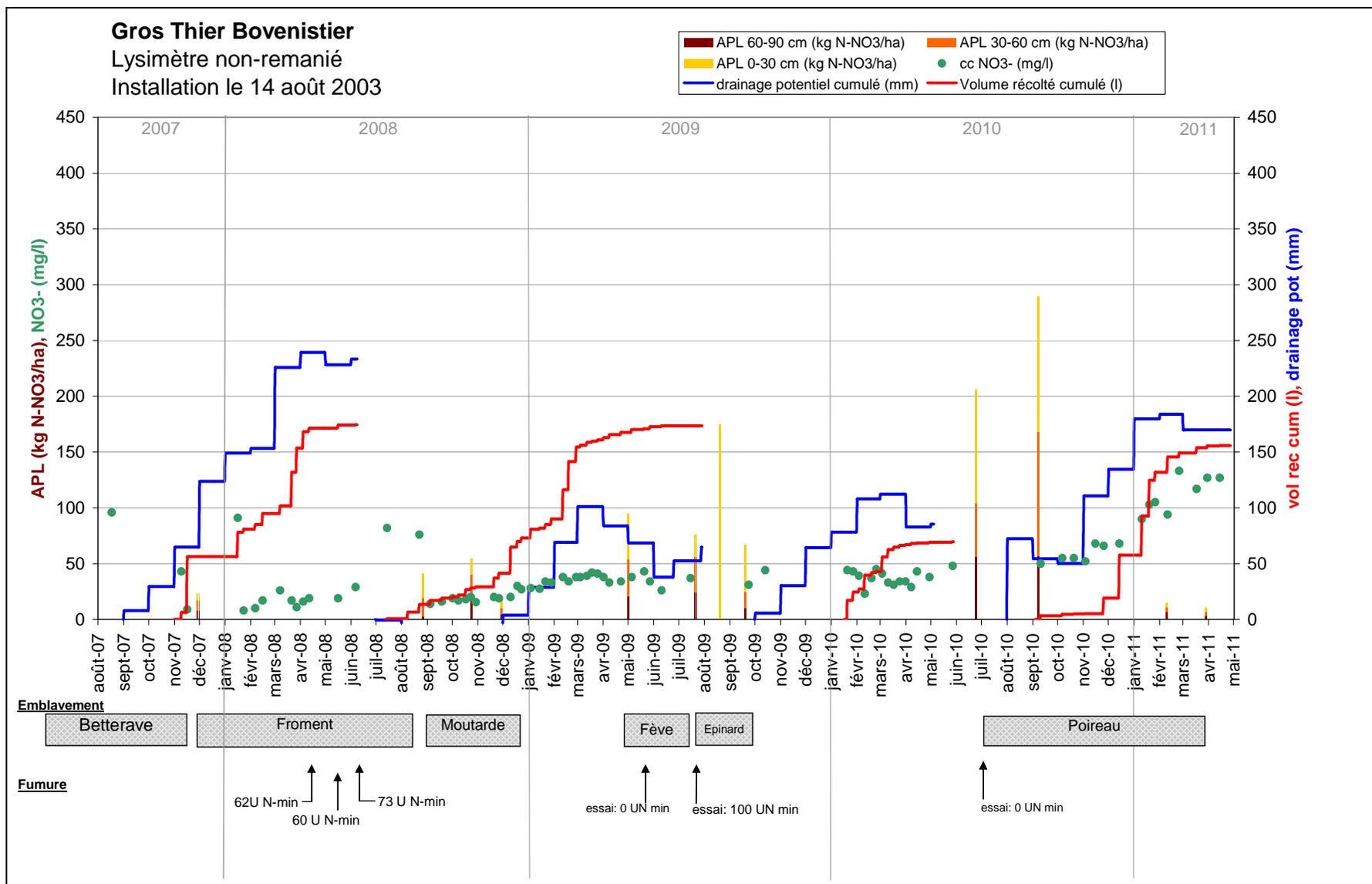


Figure 8. Synthèse des mesures et observations, parcelle Gros Thier Bovenistier

6.3 PL1

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

Une culture de froment a été implantée au cours de l'année 2008 suivie par une succession fève des marais – épinard d'automne en 2009. La parcelle a été emblavée en betterave en 2010 et un froment y est implanté en 2011.

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 2010 : betterave

Le semis des betteraves a été effectué le 14 avril. Les sous-parcelles sont de dimension 5x8m et sont séparées par des chemins d'une largeur de 1m (Figure 3).

Des profils azotés ont été établis sur les sous-parcelles de l'essai et sur l'ensemble de la parcelle avant et après la culture de betterave (Tableau 10 et Tableau 11).

Tableau 10. Reliquats azotés (kg N-NO₃/ha) sur le parcellaire expérimental de PL1 (betterave) - 2010

	15/4/2010		8/11/2010	
	0 UN à appliquer sur 5 sous-parcelles	61 UN à appliquer sur 4 sous-parcelles	0 UN appliquées sur 5 sous-parcelles	61 UN appliquées sur 4 sous-parcelles
0-30cm	46	51	11	12
30-60cm	38	43	7	6
60-90cm	31	34	4	4
total	115	128	22	22

Tableau 11. Reliquats azotés (kg N-NO₃/ha) sur la parcelle PL1 (à l'exception de l'essai) (betterave) - 2010

	10/3/2010	30/11/2010
	47 UN à appliquer sur la parcelle (sauf l'essai)	47 UN appliquées sur la parcelle (sauf l'essai)
0-30cm	35	3
30-60cm	49	5
60-90cm	32	4
total	116	12

La quantité d'azote nitrique présent dans le sol jusque 90cm de profondeur en avril 2010 (Tableau 10) est assez importante. On peut y voir l'effet de la minéralisation des résidus de fève des marais et d'épinard cultivés en 2009 sur cette parcelle. La quantité d'azote nitrique présente dans le sol reste stable entre le mois de mars (prélèvement sur l'ensemble de la parcelle) et le mois d'avril (prélèvement sur le parcellaire expérimental).

Compte tenu de ces profils azotés, un scénario 0 UN a été testé sur les sous-parcelles P1, P3, P6, P8 (Figure 3) ainsi qu'à l'aplomb du lysimètre. 61 UN minéral ont été appliquées sur les sous-parcelles P2, P4, P5, P7 le 23 avril (voir annexe pour conseil de fumure). L'agriculteur a appliqué 47 UN sur l'ensemble de sa parcelle, à l'exception de l'essai.

Les betteraves ont été arrachées le 28 octobre.

Les profils azotés établis le 8 novembre (Tableau 10) sont peu chargés en azote nitrique, surtout dans les couches intermédiaire et profonde, soulignant là une bonne utilisation de l'azote par la betterave au cours de son cycle de culture. On n'observe pas de différence entre les reliquats azotés post-récolte mesurés sur les sous-parcelles de l'essai en betterave en 2010.

Le profil azoté établi fin novembre (Tableau 11) dans l'ensemble de la parcelle, à l'extérieur de l'essai, est également très peu chargé en azote nitrique, soulignant la bonne gestion de la fertilisation par l'agriculteur et l'intérêt de la culture de betterave (avec une fertilisation raisonnée) pour la préservation de la qualité de l'eau qui percole en profondeur. L'APL obtenu sur la parcelle est qualifiée de « bon » par rapport à l'APL de référence de 2010 en betterave (classe A1 - Figure 9) ; les APL obtenus sur l'essai sont également qualifiés de « bons » pour les deux objets testés.

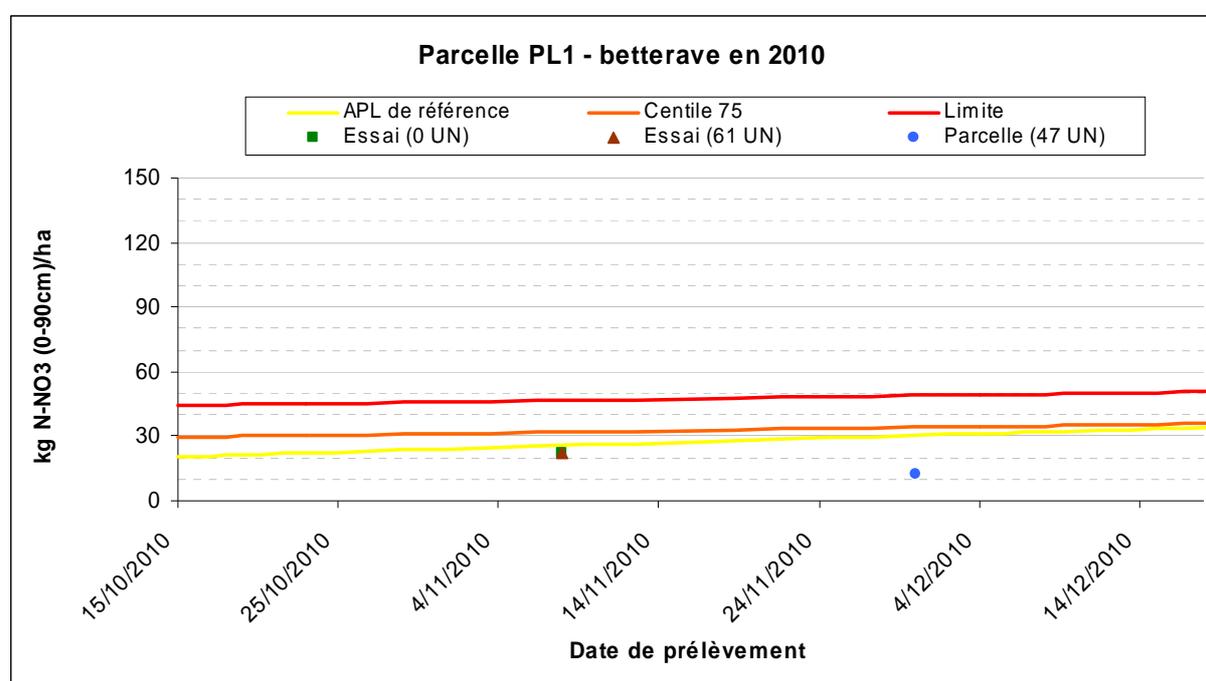


Figure 9. Résultats APL de la parcelle PL1 par rapport à l'APL de référence 2010 (betterave – classe A1)

Les rendements « matière fraîche » ainsi que les rendements « sucre » ont été mesurés individuellement sur les différentes sous-parcelles de l'essai. Les moyennes de ces rendements sont présentées dans le Tableau 12.

Tableau 12. Rendement total et rendement sucre obtenus sur l'essai de la parcelle PL1 (betterave) - 2010

Fumure appliquée (kg N/ha)	Rendement « matière fraîche » (t/ha)	Richesse (%)	Rendement « sucre » (t/ha)
0	103,7	18,0	18,7
61	98,9	17,9	17,7

L'absence de fertilisation azotée minérale n'induit pas de baisse de rendement. Au contraire, les rendements sucre obtenus sur les sous-parcelles sans apport d'azote sont supérieurs d'1

t/ha en moyenne à ceux obtenus sur les sous-parcelles qui ont reçu 61 UN ; cette différence n'est cependant pas considérée comme significative par l'analyse statistique.

A titre de comparaison, le rendement « matière fraîche » moyen obtenu sur la parcelle s'élève à 87 t/ha et le rendement « sucre » moyen s'élève à 15,7 t/ha. Il est cependant difficile de comparer les rendements obtenus par l'arrachage mécanique des betteraves sur l'ensemble de la parcelle aux rendements obtenus par l'arrachage manuel des betteraves sur le parcellaire expérimental. En outre, une partie de la parcelle a été arrachée plus tôt dans la saison ce qui accentue encore cette différence.

Conclusion

- *Sur cette parcelle et dans les conditions (culturales, climatiques,...) de 2010, la diminution du conseil de 61 kg N/ha sur 4 sous-parcelles de l'essai en betterave n'a engendré ni perte de rendement ni diminution d'APL ; l'apport de 61 kg N/ha s'est donc révélé inutile à posteriori.*

6.3.2 2011 : froment

Un froment a été implanté sur cette parcelle à l'automne 2010. L'expérimentation portera cette année sur des essais CIPAN (incluant des légumineuses) après récolte du froment.

6.3.3 Analyse des percolats

Au cours de la saison de drainage 2009-2010, la chambre de visite du lysimètre a été retrouvée inondée en septembre 2009. Ce constat, ajouté aux mesures de niveau d'eau dans les piézomètres installés à proximité, indique que le bord supérieur du lysimètre capte la nappe ou sa frange capillaire et il a dès lors été décidé de fermer la vanne à l'exutoire du lysimètre à cette période. La vanne est restée fermée jusque fin mai 2010 (Tableau 13). Après réouverture de la vanne, le lysimètre a recommencé à débiter début juin. De l'eau de percolation a été récoltée dans la chambre de visite jusque fin juillet, clôturant ainsi la saison de drainage 2009-2010. Les teneurs en nitrate sont faibles à la reprise de la percolation aux mois de juin et juillet (< 20 mg NO₃⁻/l).

La percolation a repris dans ce lysimètre en octobre 2010. Les indications des piézomètres en novembre 2010 renseignaient l'entrée du lysimètre dans une dynamique de drainage d'une partie de la parcelle associée à la percolation et la vanne à l'exutoire a été fermée jusque fin 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 NO₃⁻/l).

Tableau 13 : Parcelle PL1, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate

Mois	Pluviométrie (mm)	Irrigation (mm)	Volumes récoltés (l)	Ions nitrate lixiviés (mg NO ₃ ⁻ /l)	Azote nitrique lixivié kg N-NO ₃ /ha
Août 2009	25	34	0	-	-
Septembre	15	75	8,9	27	0,5
Octobre	52	-	fermé	-	-
Novembre	65	-	fermé	(4)	-
Décembre	42	-	fermé	-	-
Janvier 2010	14	-	fermé	-	-
Février	39	-	fermé	-	-
Mars	30	-	fermé	(8)	-
Avril	13	-	fermé	(3)	-
Mai	52	-	fermé	(6)	-
Juin	22	-	12,3	7	0,2
Juillet	46	-	0,9	18	0
Août	155	-	0	-	-
DRAINAGE 2009-2010	570	109	22,1	16	0,7
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)	-
DRAINAGE 2010-2011	295	0	0,6	55	0,1

6.3.4 Graphique récapitulatif

La Figure 10 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, 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. 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. 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.

En 2010, suite à la culture de fève des marais et d'épinard d'automne, les teneurs en nitrate dans l'eau de percolation récoltée après ouverture de la vanne sont très faibles ($< 20 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$) ; elles sont d'un ordre de grandeur quelque peu inférieur à l'APL mesuré à l'automne précédent après la culture d'épinard d'automne ($78 \text{ kg N-NO}_3^-/\text{ha}$).

La culture de betterave sur cette parcelle en 2010 laisse de faibles quantités d'azote nitrique dans le sol après la récolte. Les teneurs en nitrate dans l'eau de percolation récoltée au cours de la saison de drainage suivante étaient faibles ($\sim 25 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$), confirmant à nouveau l'intérêt de la culture de betterave (avec une fertilisation raisonnée) pour une bonne qualité de l'eau de percolation (en termes de nitrate).

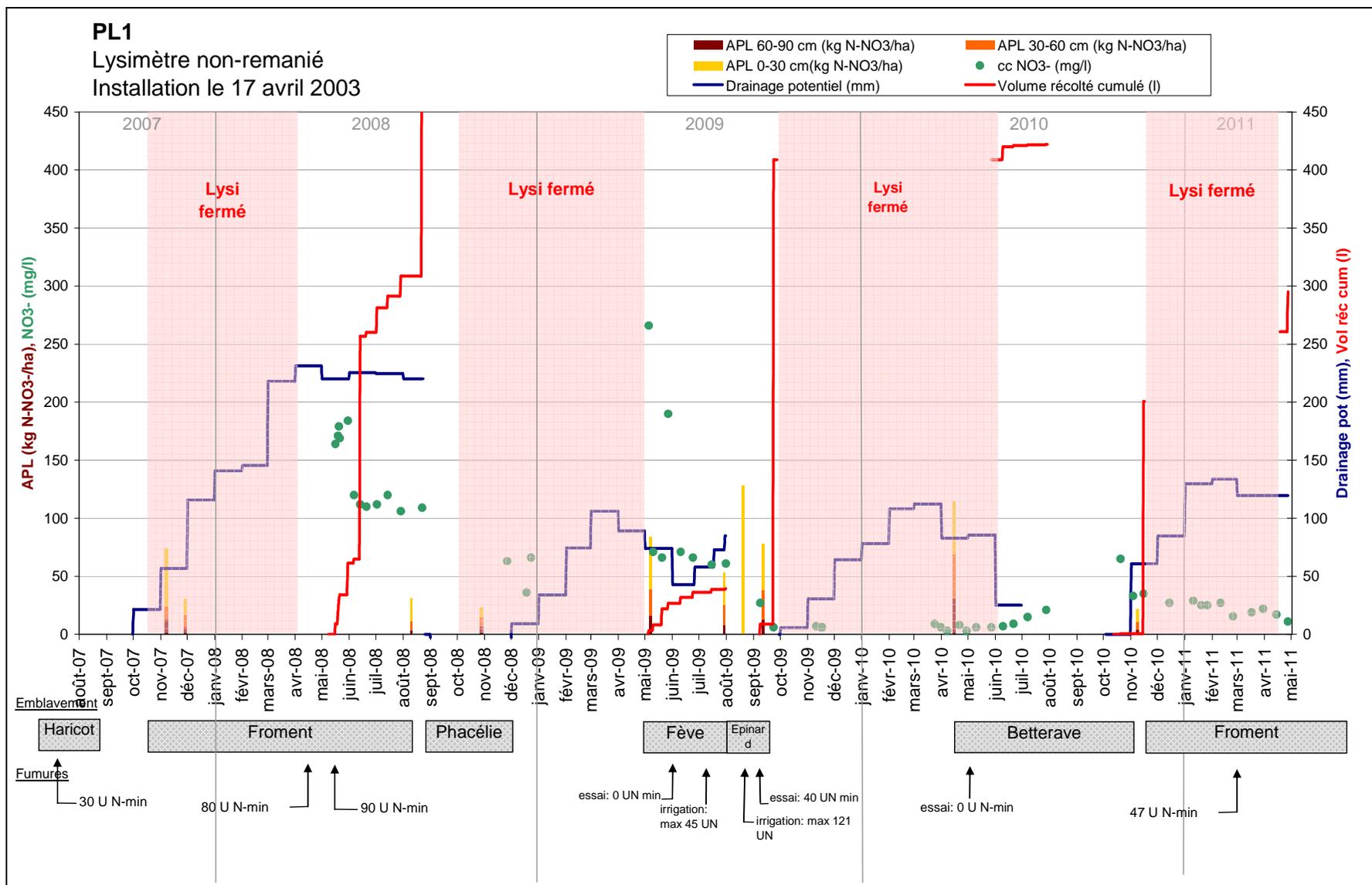


Figure 10. Synthèse des mesures et observations, parcelle PL1

6.4 PL3

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

La parcelle a été emblavée en betterave en 2008, en froment suivi d'une phacélie en 2009 et en fève des marais suivi d'un épinard d'automne en 2010. Un froment est cultivé sur cette parcelle en 2011.

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 2010 : fève des marais

Le semis des fèves des marais a été effectué le 16 avril. Les sous-parcelles sont de dimension 5x8m et sont séparées par des chemins d'une largeur de 1m (Figure 3).

Le profil azoté en vue du conseil de fumure a été établi sur les sous-parcelles de l'essai le 20 avril (Tableau 14).

Tableau 14. Reliquats azotés (kg N-NO₃/ha) sur le parcellaire expérimental de PL3 (fève des marais) - 2010

	20/4/2010		16/7/2010	
	0 UN à appliquer sur 5 sous-parcelles	26 UN à appliquer sur 4 sous-parcelles	0 UN appliquées sur 5 sous-parcelles	26 UN appliquées sur 4 sous-parcelles
0-30cm	27	23	29	36
30-60cm	13	13	14	15
60-90cm	7	7	7	8
total	47	43	50	59

Compte tenu de ces profils azotés, un scénario 0 UN a été testé sur les sous-parcelles P1, P3, P6, P8 (Figure 3) ainsi qu'à l'aplomb du lysimètre. 26 UN minéral ont été appliquées sur les sous-parcelles P2, P4, P5, P7 le 23 avril (voir annexe pour conseil de fumure). Pour rappel, ce conseil tient compte des recommandations de la convention précédente, à savoir des besoins forfaitaires de 70 kg N/ha pour la fève des marais. A titre de comparaison, l'agriculteur a appliqué 39 UN sur l'ensemble de sa parcelle, à l'exception de l'essai. Les fèves des marais ont été irriguées à l'eau usée de l'usine Hesbayefrost, pour un total de 69 mm (cf. §5).

Les fèves des marais ont été récoltées le 13 juillet.

Le reliquat azoté post-récolte mesuré après fève le 16 juillet (Tableau 14) est un peu plus élevé (+ 9 kg N/ha) dans les sous-parcelles « 26 UN » que dans les sous-parcelles « 0 UN », le surplus étant surtout localisé en surface (0 – 30 cm). L'analyse statistique révèle cependant que cette différence n'est pas significative.

Pour chaque sous-parcelle, le rendement et la tendérométrie ont été quantifiés individuellement et sont repris dans le Tableau 15.

Tableau 15. Rendements et tendérométrie obtenus sur l'essai de la parcelle PL3 (fève des marais) - 2010

Fumure appliquée (kg N/ha)	Rendement (kg/ha)	Tendérométrie
0	10790	117,0
26	10673	114,8

Les rendements obtenus sur l'essai de cette parcelle sont très bons. L'absence de fertilisation azotée minérale n'induit pas de baisse de rendement. L'analyse statistique renseigne que les différences de rendement et de tendérométrie observées entre les deux objets (0 et 26 UN) ne sont pas significatives.

A titre de comparaison, l'agriculteur a obtenu un rendement de 8900 kg/ha sur l'ensemble de sa parcelle.

Conclusion

- *Sur cette parcelle et dans les conditions (culturales, climatiques,...) de 2010, la diminution du conseil de 26 kg N/ha sur 4 sous-parcelles de l'essai en fève des marais n'a engendré ni perte de rendement ni diminution significative d'APL ; l'apport de 26 kg N/ha s'est donc révélé inutile à posteriori.*

6.4.2 2010 : épinard d'automne

Les épinards ont été semés le 19 juillet. La quantité d'azote nitrique présente dans les 40 premiers centimètres de sol et disponible pour l'épinard a été mesurée le 3 août afin de déterminer le conseil de fertilisation (Tableau 16).

Tableau 16. Reliquats azotés (kg N-NO₃/ha) sur le parcellaire expérimental de la parcelle PL3 (épinard d'automne) - 2010

	3/8/2010		6/9/2010		
	70 UN à appliquer sur 5 sous-parcelles	110 UN à appliquer sur 4 sous-parcelles		70 UN appliquées sur 5 sous-parcelles	110 UN appliquées sur 4 sous-parcelles
0-40cm	101	98	0-30cm	34	43
	-	-	30-60cm	72	65
	-	-	60-90cm	31	30
total	101	98	total	137	138

Le stock d'azote nitrique présent dans les 40 premiers centimètres de sol et disponible pour les épinards le 3 août est important, conséquence de la minéralisation des résidus de la culture de fève et des apports d'azote liés aux irrigations avec les eaux usées de Hesbayefrost. Compte tenu de cette mesure, 70 UN minéral ont été appliqués le 6 août sur les sous-parcelles P1, P3, P6, P8 (Figure 3) ainsi qu'à l'aplomb du lysimètre, et 110 UN minéral ont été appliquées sur les sous-parcelles P2, P4, P5, P7 à la même date (voir annexe pour conseil de fumure). A titre de comparaison, l'agriculteur a appliqué 67 UN sur l'ensemble de sa parcelle (à l'exception de l'essai). Les épinards d'automne ont été irrigués à l'eau usée de l'usine Hesbayefrost, pour un total de 15 mm (cf. §5).

Les épinards ont été récoltés le 3 septembre et le prélèvement de sol pour mesurer le reliquat azoté post-récolte sur les sous-parcelles a eu lieu le 6 septembre.

On remarque (Tableau 16) que la quantité d'azote nitrique présent dans le sol à la récolte est importante, conséquence de la minéralisation des résidus de culture de fève des marais ;

l'azote nitrique est principalement localisé dans la couche 30 – 60 cm, signe que celui-ci est en cours de migration vers les horizons profonds. Par ailleurs, on n'observe pas de différence significative de reliquat azoté post-récolte entre les deux objets testés (70 UN et 110 UN).

Les reliquats azotés post-récolte mesurés dans le parcellaire expérimental ne peuvent pas être comparés à l'APL de référence en légumes étant donné la date de prélèvement de l'échantillon de sol (6 septembre 2010) avant le 15 octobre (Figure 11). L'APL mesuré sur l'ensemble de la parcelle (à l'exception du parcellaire expérimental) est satisfaisant en octobre et en novembre.

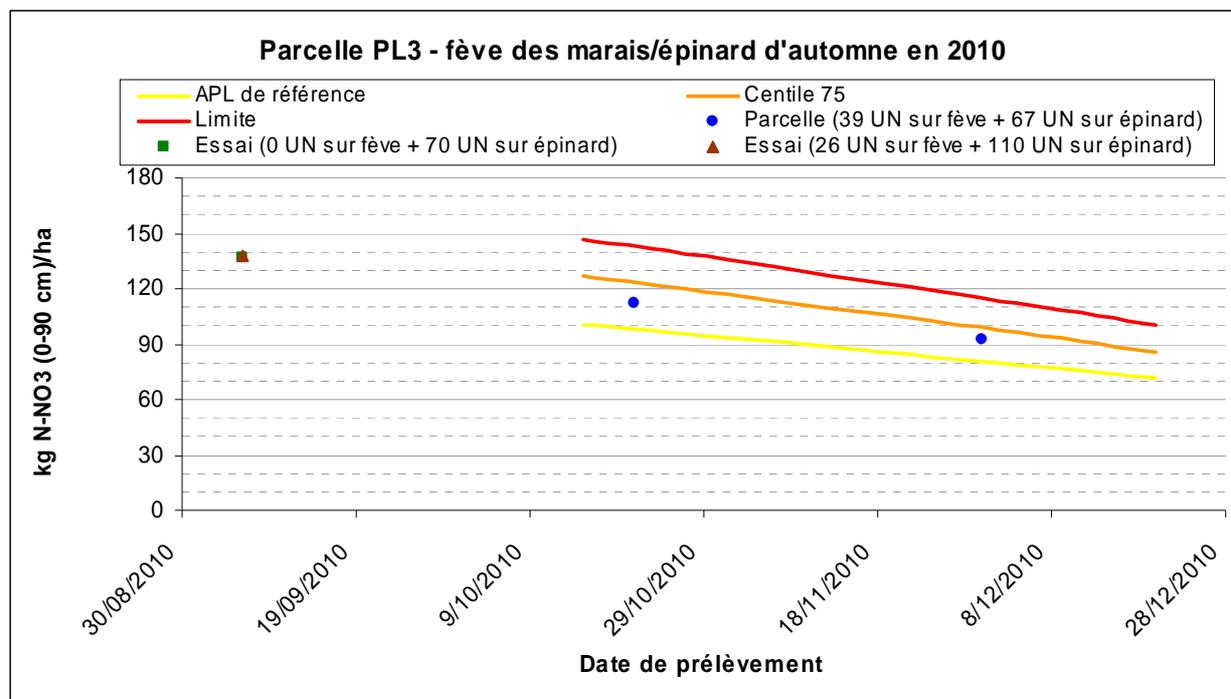


Figure 11. Reliquats azotés post-récolte de la parcelle PL3 et APL de référence (légumes – classe A7) 2010

Pour chaque sous-parcelle, le rendement en épinard et le rapport tige/feuille ont été quantifiés individuellement (Tableau 17).

Tableau 17. Rendements et rapports tige-feuille obtenus sur l'essai de la parcelle PL3 (épinard d'automne) - 2010

Fumure appliquée (kg N/ha)	Rendement (t/ha)	Rapport tige – feuille (%)
70	33,2	18,3
110	36,3	23,2

Les épinards récoltés sur l'essai étaient bien développés, comme l'attestent les rendements et les rapports tige/feuille élevés. La réduction du conseil de fumure de 40 UN a eu pour conséquence une légère diminution du rendement et du rapport tige/feuille ; cette diminution n'est cependant pas considérée comme significative par l'analyse statistique. Sur le reste de la parcelle, le rendement obtenu était plutôt médiocre (22,3 t/ha) en raison des pluies abondantes du mois d'août qui ont provoqué une asphyxie des épinards.

Conclusion

- Sur cette parcelle et dans les conditions (culturales, climatiques,...) de 2010, la diminution du conseil de 40 kg N/ha sur 4 sous-parcelles de l'essai en épinard

d'automne n'a pas engendré de perte significative de rendement ni de diminution d'APL ; la diminution du conseil de 40 kg N/ha s'est donc révélé utile à posteriori

6.4.3 2011 : froment

Un froment a été implanté sur cette parcelle à l'automne 2010. L'expérimentation portera cette année sur des essais CIPAN (incluant des légumineuses) après récolte du froment.

6.4.4 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles

Au cours de la saison de drainage 2009-2010, de faibles volumes d'eau ont été récoltés en septembre et novembre 2009, avec des teneurs en nitrate assez faibles ($\sim 30 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$). 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 janvier 2010. Des échantillons d'eau ont cependant été récoltés en mars et avril après l'ouverture de la vanne pendant un court laps de temps (une à deux heures) ; les concentrations en nitrate y sont faibles ($\sim 25 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$). La vanne a été rouverte fin avril 2010 et de l'eau de percolation a été récoltée jusque juillet 2010. Les teneurs en nitrate dans l'eau récoltée à cette période sont très faibles ($\sim 20 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$).

La saison de drainage 2010-2011 a débuté au mois de septembre 2010, suite 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 ($\sim 30 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$). Lors 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 ($\sim 140 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$). L'impact de la succession fève des marais – épinard, qui a laissé une quantité importante d'azote nitrique dans le sol à la récolte ($137 \text{ kg N-NO}_3^-/\text{ha}$) se fait donc déjà ressentir sur la qualité de l'eau de percolation.

Tableau 18. Parcelle PL3, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate

Mois	Pluviométrie (mm)	Irrigation (mm)	Volumes récoltés (l)	Ions nitrate lixiviés (mg NO ₃ ⁻ /l)	Azote nitrique lixivié kg N-NO ₃ ⁻ /ha
Août 2009	25	-	0	-	-
Septembre	15	-	0,5	31	0,0
Octobre	52	-	0	-	-
Novembre	65	-	0,4	28	0,0
Décembre	42	-	0	-	-
Janvier 2010	14	-	fermé	-	-
Février	39	-	fermé	-	-
Mars	30	-	fermé	(23)	-
Avril	13	-	fermé	(23)	-
Mai	52	-	13,8	21	0,7
Juin	22	33	1,5	23	0,1
Juillet	46	51	0,9	22	0,0
Août	155	-	0	-	-
DRAINAGE 2009-2010	570	84	17,1	22	0,8
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)	-
DRAINAGE 2010-2011	295	0	76,9	35	6,1

6.4.5 Graphique récapitulatif

La Figure 12 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. 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 est toujours fermée au moment de boucler ce rapport. 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.

Les teneurs en nitrate sont faibles (~25 mg NO₃⁻/l) dans l'eau de percolation récoltée dans ce lysimètre en 2009 et 2010, suite à une succession betterave – froment – CIPAN. Ceci confirme à nouveau l'intérêt d'une telle succession pour la récolte d'une eau de percolation peu chargée en nitrate, conformément aux observations déjà réalisées sur plusieurs parcelles au cours de ce projet.

La succession fève des marais – épinard d'automne en 2010 a laissé une quantité importante d'azote nitrique (137 kg N-NO₃⁻/ha) dans le sol à l'automne. Il s'en est suivi dès la fin du mois de novembre 2010 une augmentation brutale des teneurs en nitrate dans l'eau de percolation (~ 140 mg NO₃⁻/l). Ces teneurs ont quelque peu diminué à la fin de la saison de drainage, pour se stabiliser autour des 100 mg NO₃⁻/l.

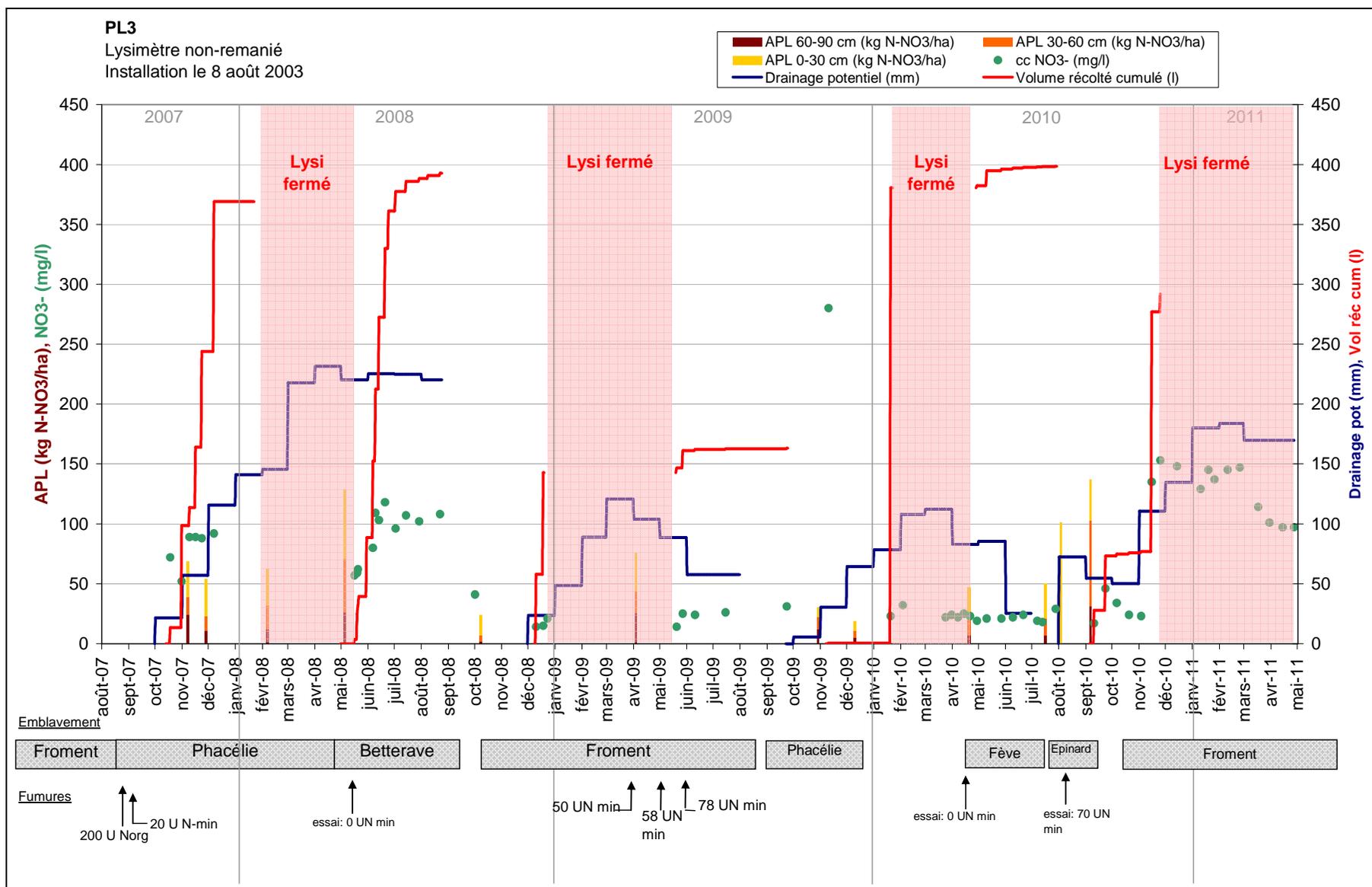


Figure 12. Synthèse des mesures et observations, parcelle PL3

6.5 Sole 4

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

La parcelle a été emblavée en carotte en 2008, en haricot en 2009 et en froment en 2010. Une avoine a été implantée sur la parcellaire expérimental uniquement (et non sur le reste de la parcelle) en 2009 entre le haricot et le froment. Une pépinière d'arbres fruitiers (pommiers et poiriers) a été installée sur cette parcelle en 2011 pour une durée prévue de 2 ans.

6.5.1 2010 : froment

Un froment a été semé sur cette parcelle le 20 octobre 2009. Deux fractions de 62 UN et 80 UN ont été appliquées sur le froment le 19 avril 2010 et le 20 mai 2010 respectivement.

Cette parcelle n'a pas fait l'objet d'un essai de fertilisation azotée en 2010.

La moisson du froment a eu lieu le 31 juillet 2010 et les prélèvements de sol pour mesurer l'APL **sur l'ensemble de la parcelle** ont eu lieu le 28 octobre et le 15 décembre (Tableau 19).

Tableau 19. APL (kg N-NO₃/ha) sur la parcelle Sole 4 (froment) –2010

	28/10/2010	15/12/2010
0-30cm	8	8
30-60cm	7	10
60-90cm	9	9
total	24	27

Les APL obtenus sur cette parcelle en octobre et en décembre sont relativement faibles ; ils sont comparés à l'APL de référence de 2010 en céréales sans CIPAN (classe A3 - Figure 13). Les APL mesurés sur la parcelle Sole 4 sont qualifiés de bons en octobre et en décembre.

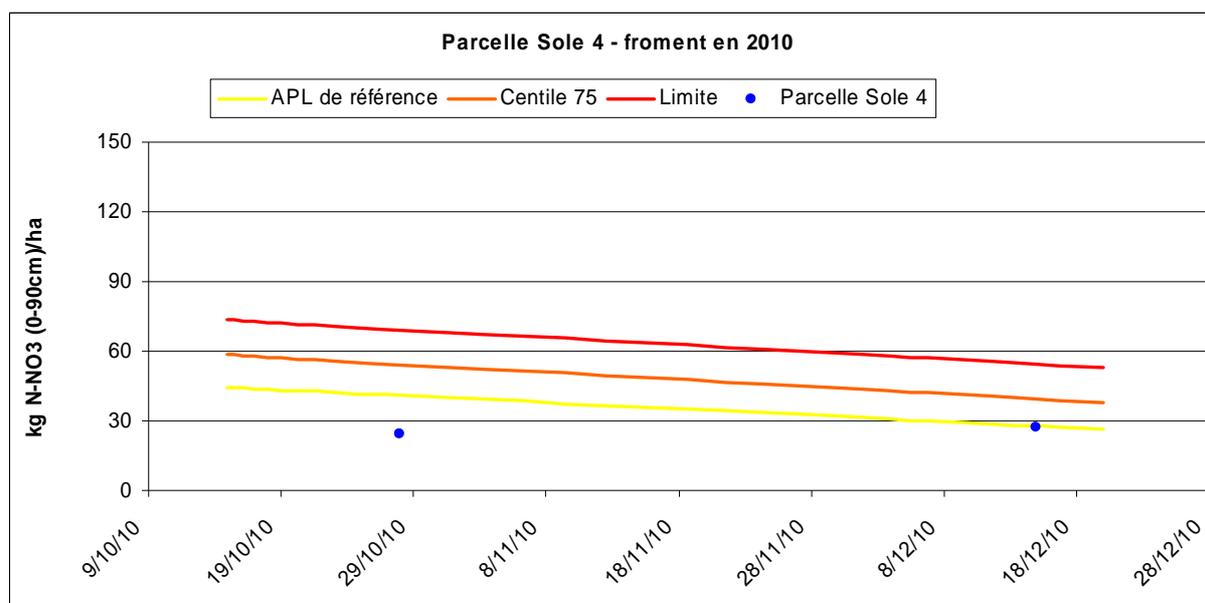


Figure 13. Résultats APL de la parcelle Sole 4 par rapport à l'APL de référence (céréales sans CIPAN – classe A3) - 2010

6.5.2 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 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 (actuellement supérieure à 200 mg/l) suite à l'implantation d'une prairie.

6.5.3 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles

La saison de drainage 2009-2010 s'est étalée de janvier 2010 à mai 2010. Elle a permis la récolte d'un volume d'eau de percolation assez important (112 l), représentant 18% de la pluviométrie totale de la période. Les teneurs en nitrate dans l'eau récoltée à l'exutoire du lysimètre en 2010 sont élevées (~ 210 mg NO₃⁻/l), dans la lignée de ce qui avait été observé en 2009. Au total, au cours de cette saison de drainage, 54 kg N-NO₃⁻/ha ont été récoltés dans les percolats à l'exutoire du lysimètre, valeur particulièrement élevée par rapport aux observations dans les autres lysimètres.

La saison de drainage 2010-2011 s'est étalée de janvier 2011 jusque fin avril 2011. 33% 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 sont légèrement en baisse mais restent élevées en valeur absolue (206 mg NO₃⁻/l en moyenne). Au total, 45 kg N-NO₃⁻ ont été récoltés à l'exutoire de ce lysimètre durant cette période.

Tableau 20 : Parcelle sole 4, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate

Mois	Pluviométrie (mm)	Irrigation (mm)	Volumes récoltés (l)	Ions nitrate lixiviés (mg NO ₃ ⁻ /l)	Azote nitrique lixivié kg N-NO ₃ ⁻ /ha
Août 2009	25	40	0	-	-
Septembre	15	-	0	-	-
Octobre	52	-	0	-	-
Novembre	65	-	0	-	-
Décembre	42	-	0	-	-
Janvier 2010	14	-	22,2	220	11,0
Février	39	-	49,2	215	23,9
Mars	30	-	32,7	208	15,4
Avril	13	-	7	192	3,0
Mai	52	-	0,8	229	0,4
Juin	22	-	0	-	-
Juillet	46	-	0	-	-
Août	155	-	0	-	-
DRAINAGE 2009–2010	570	40	111,9	213	53,7
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
DRAINAGE 2010-2011	295	0	96,0	206	44,5

6.5.4 Graphique récapitulatif

La Figure 14 présente une synthèse des mesures et observations pour la parcelle Sole 4. Une rotation carotte – haricot (+ avoine à l’aplomb du lysimètre) – froment a été mise en place sur cette parcelle depuis 2008.

Les teneurs en nitrate dans l’eau de percolation sont particulièrement élevées ($\sim 200 \text{ mg NO}_3^- / \text{l}$) sur 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 beaucoup plus faibles (24 kg N- $\text{NO}_3^- / \text{ha}$ après carotte en 2008, 103 kg N- $\text{NO}_3^- / \text{ha}$ après haricot en 2009, 24 kg N- $\text{NO}_3^- / \text{ha}$ après froment en 2010). Il s’agit là du seul lysimètre où la différence entre la valeur de l’APL et les concentrations en nitrate dans l’eau de percolation est si 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.

Lors de la saison de drainage 2010-2011, les teneurs en nitrate dans l’eau de percolation restaient assez élevées ($\sim 200 \text{ mg NO}_3^- / \text{l}$). L’implantation d’un ray-grass en interligne de la pépinière de fruitiers à l’aplomb du lysimètre durant les deux prochaines années devrait permettre de faire baisser ces concentrations.

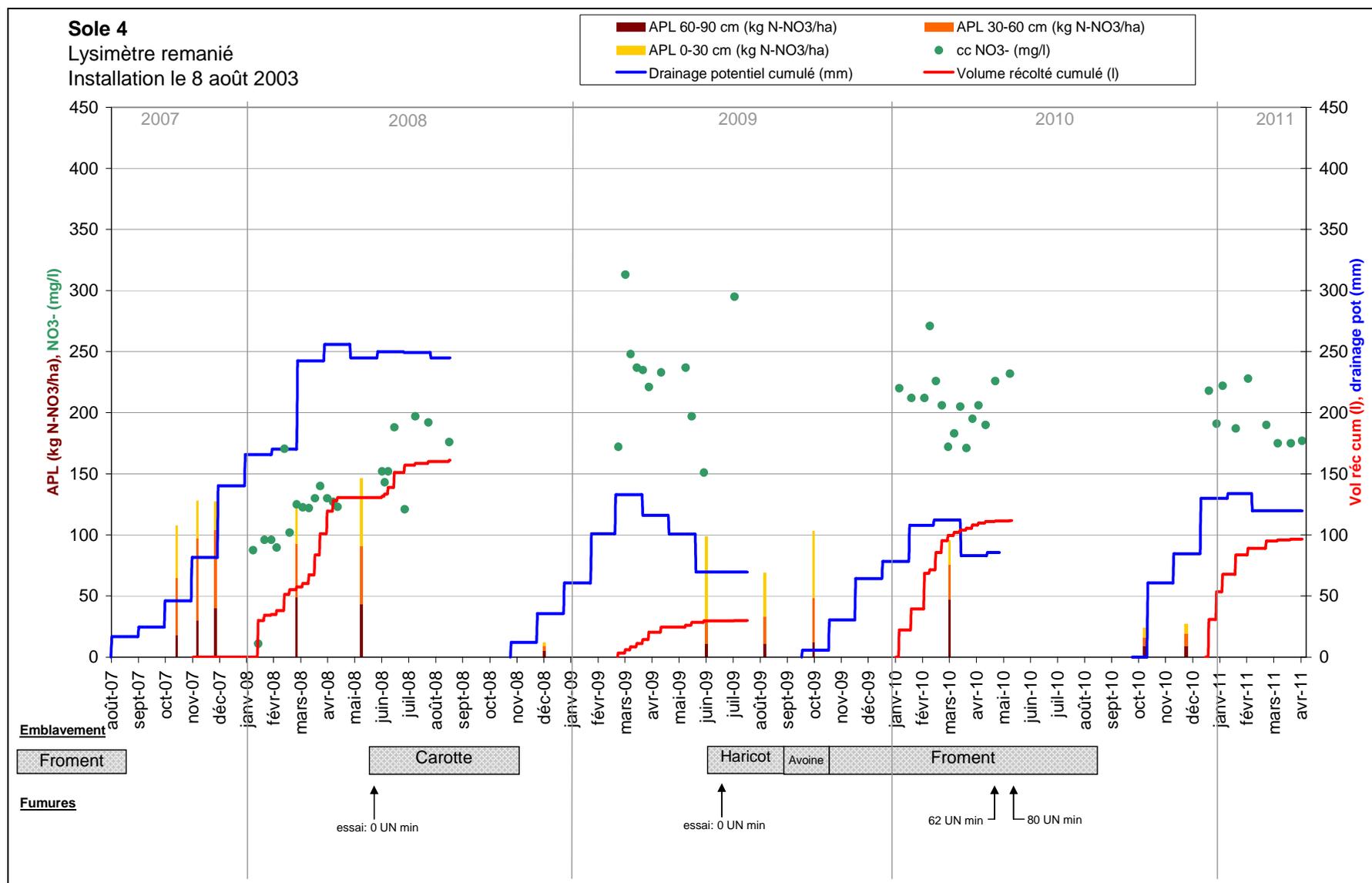


Figure 14. Synthèse des mesures et observations, parcelle Sole 4

6.6 Haute Bova

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

La parcelle a été emblavée en chicorée en 2008, en froment suivi d'une moutarde en 2009, et en betterave en 2010. Un froment a été semé à l'automne 2010.

33 t/ha de fumier de bovin ont été apportées sur cette parcelle en août 2009, après la moisson du froment.

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

6.6.1 2010 : betterave

Le semis des betteraves a été effectué le 13 avril. Les sous-parcelles sont de dimension 5x8m et sont séparées par des chemins d'une largeur de 1m (Figure 3).

Le profil azoté en vue du conseil de fumure a été établi sur les sous-parcelles de l'essai le 14 avril (Tableau 21).

Tableau 21. Reliquats azotés (kg N-NO₃/ha) sur le parcellaire expérimental de la parcelle Haute Bova (betterave) - 2010

	14/4/2010		30/9/2010	
	0 UN à appliquer sur 5 sous-parcelles	78 UN à appliquer sur 4 sous-parcelles	0 UN appliquées sur 5 sous-parcelles	78 UN appliquées sur 4 sous-parcelles
0-30cm	33	31	8	10
30-60cm	25	25	5	6
60-90cm	16	17	3	3
total	74	73	16	19

La quantité d'azote nitrique présent dans le sol jusque 90cm de profondeur en avril 2010 (Tableau 21) est relativement importante, suite à l'application de 33 t/ha de fumier bovin en août 2009, après la moisson du froment.

Suite à ces profils, un scénario 0 UN a été testé sur les sous-parcelles P1, P3, P6, P8 (Figure 3) ainsi qu'à l'aplomb du lysimètre. 78 UN minéral ont été appliquées sur les sous-parcelles P2, P4, P5, P7 le 23 avril (voir annexe pour conseil de fumure). L'agriculteur a appliqué 65 UN sur l'ensemble de sa parcelle, à l'exception de l'essai.

Les betteraves ont été arrachées le 28 septembre.

Les profils du 30 septembre (Tableau 21) sont peu chargés en azote nitrique, surtout dans les horizons intermédiaires et profonds, soulignant une bonne utilisation de l'azote par la betterave au cours de son cycle de culture. On n'observe pas de différence entre les reliquats azotés post-récolte mesurés sur les sous-parcelles de l'essai en betterave en 2010.

Compte tenu de l'arrachage précoce des betteraves sur cette parcelle (avant le 15 octobre), il n'est pas possible de comparer les reliquats azotés post-récolte mesurés sur le parcellaire expérimental avec les APL de référence établis en 2010 pour la betterave (classe A1).

Les rendements « matière fraîche » ainsi que les rendements « sucre » ont été mesurés individuellement sur les différentes sous-parcelles de l'essai. Les moyennes de ces rendements sont présentées dans le Tableau 22.

Tableau 22. Rendement total et rendement sucre obtenus sur l'essai de la parcelle Haute Bova (betterave) - 2010

Fumure appliquée (kg N/ha)	Rendement « matière fraîche »(t/ha)	Richesse (%)	Rendement « sucre » (t/ha)
0	76,7	17,4	13,3
78	82,2	17,2	14,1

L'absence de fertilisation azotée minérale induit une légère baisse de rendement (- 0,8 t/ha en sucre). La richesse est par contre légèrement plus importante sur les sous-parcelles « 0 UN ». La différence de rendement « sucre » n'est cependant pas considérée comme significative par l'analyse statistique.

A titre de comparaison, le rendement « matière fraîche » moyen obtenu sur la parcelle s'élève à 74,5 t/ha. Il est cependant difficile de comparer les rendements obtenus par l'arrachage mécanique des betteraves sur l'ensemble de la parcelle aux rendements obtenus par l'arrachage manuel des betteraves sur le parcellaire expérimental.

Conclusion

- *Sur cette parcelle et dans les conditions (culturelles, climatiques,...) de 2010, la diminution du conseil de 78 kg N/ha sur 4 sous-parcelles de l'essai en betterave n'a engendré ni perte significative de rendement ni diminution d'APL ; l'apport de 78 kg N/ha s'est donc révélé inutile à posteriori.*

6.6.2 2011 : froment

Un froment a été implanté sur cette parcelle à l'automne 2010. L'expérimentation portera cette année sur des essais CIPAN (incluant des légumineuses) après récolte du froment.

6.6.3 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles

Le lysimètre installé sur la parcelle Haute Bova a commencé à débiter de l'eau de percolation en mars 2010, soit 7 mois après son installation. Ce délai est relativement court, en comparaison avec les autres lysimètres, pour lesquels il a fallu attendre la deuxième saison de drainage après leur installation pour récolter de l'eau à leur exutoire. Au cours de cette première saison de drainage, 49 litres d'eau de percolation ont été récoltés à l'exutoire du lysimètre.

La teneur moyenne en nitrate des échantillons récoltés à l'exutoire du lysimètre s'élevait à 34 mg NO₃⁻/l durant cette première saison de drainage, suite à la culture d'un froment d'hiver suivi d'une moutarde en 2009 (avec application de fumier bovin en automne 2009). En tenant compte des volumes d'eau récoltés, ceci correspond à 4 kg d'azote nitrique par hectare qui ont été lixiviés sous la zone racinaire (2m de profondeur).

Il convient cependant de considérer ces premiers résultats avec précaution étant donné la sensibilité du lysimètre aux perturbations dues à l'installation. En effet, la validité de cette technique repose sur un suivi sur de plus longues périodes, afin de permettre au sol de se

remettre en place et de corrélérer les actions en surface avec les phénomènes observés à 2m de profondeur (Fonder et al., 2007).

La saison de drainage 2010-2011 a repris en octobre 2010 et s'est étalée jusqu'en avril 2011. 113 l ont été récoltés à l'exutoire du lysimètre durant cette période, prouvant là le bon fonctionnement hydrologique de ce lysimètre, qui est ainsi de moins en moins sensible aux perturbations dues à son installation. Mises à part en octobre et en novembre 2010, les teneurs en nitrate sont faibles (14 mg NO₃⁻/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 NO₃⁻) de l'eau de percolation récoltée à 2m de profondeur.

Tableau 23. Parcelle Haute Bova, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate

Mois	Pluviométrie (mm)	Irrigation (mm)	Volumes récoltés (l)	Ions nitrate lixiviés (mg NO ₃ ⁻ /l)	Azote nitrique lixivié kg N-NO ₃ /ha
Août 2009	25	-	0	-	-
Septembre	15	-	0	-	-
Octobre	52	-	0	-	-
Novembre	65	-	0	-	-
Décembre	42	-	0	-	-
Janvier 2010	14	-	0	-	-
Février	39	-	0	-	-
Mars	30	-	25,8	40	2,3
Avril	13	-	16,2	26	0,9
Mai	52	-	1,3	33	0,1
Juin	22	-	4,6	31	0,3
Juillet	46	-	0,8	27	0,1
Août	155	-	0	-	-
DRAINAGE 2009-2010	570	0	48,7	34	3,8
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
DRAINAGE 2010-2011	295	0	113,0	14	3,7

6.6.4 Graphique récapitulatif

La Figure 15 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-NO₃⁻/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). On peut aussi remarquer que l'apport de matière organique (fumier de bovin) à l'automne 2009 n'a pas eu d'impact immédiat sur la qualité de l'eau de percolation récoltée à 2m de profondeur.

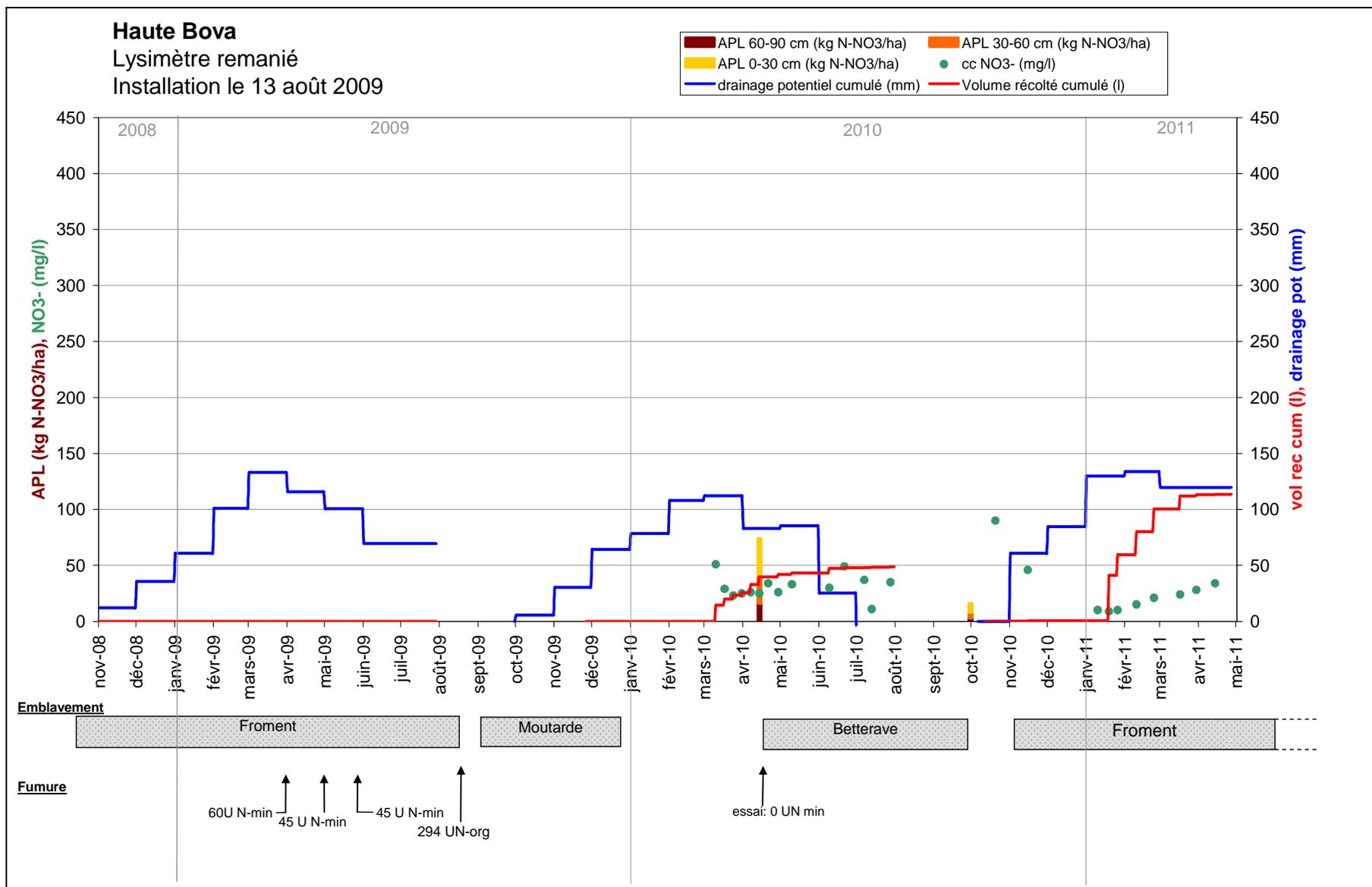


Figure 15. Synthèse des mesures et observations, parcelle Haute Bova

6.7 Lysimètres de Gembloux

Parallèlement aux parcelles suivies *in situ* dans la région de Waremmes, deux lysimètres sont suivis à Gembloux. Ces lysimètres sont installés depuis 25 ans sur le site de Gembloux Agro-Bio Tech ; ils ont un diamètre de 2m et une profondeur de 2m.

Ces lysimètres, qui avaient été laissés en friche pendant plusieurs années, ont été remis en service en 2006. Une succession épinard – haricot a occupé ces deux lysimètres en 2006. En 2007, une culture de froment d'hiver y a été mise en place suivie en 2008 de maïs. Des betteraves y ont été cultivées en 2009. Durant les premières années de remise en service des lysimètres, des différences ont pu être mises en évidence dans leurs modes de fonctionnement (Deneufbourg et al, 2010b). Les concentrations en nitrate récoltées à l'exutoire du lysimètre 1 étaient très faibles durant les premiers mois de remise en service ($< 10 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$), alors qu'elles étaient très élevées (près de $500 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$) sur le lysimètre 2. L'explication se situerait dans le travail du sol dans ces lysimètres laissés en friche pendant plusieurs années auparavant. Si un important pic de minéralisation est observé dans le lysimètre 2, celui-ci ne l'est pas dans le lysimètre 1 suite au développement d'espèces ligneuses induisant un processus d'immobilisation microbienne. En 2009, après 3 années de remise en service des lysimètres, on observe que leurs comportements sont comparables et des scénarios différenciés de fertilisation azotée ont pu être envisagés sur ces lysimètres à partir de cette période.

Un froment d'hiver a été semé fin octobre 2009. Etant donné la mauvaise levée du froment d'hiver constatée au début de l'année 2010, un froment de printemps a été semé sur les lysimètres en mars 2010 (cf. §6.7.1).

En 2011, une orge de printemps a été semée sur le lysimètre 1 et un escourgeon a été semé sur le lysimètre 2 (cf. §6.7.2).

6.7.1 Mesures sur les lysimètres en 2010

Un essai sur le fractionnement de la fumure azotée en froment de printemps (en collaboration avec l'unité de phytotechnie des régions tempérées de Gembloux Agro-Bio Tech) a été mis en place en 2010 sur les lysimètres de Gembloux. La fumure azotée était identique sur les deux lysimètres (180 kg N/ha) mais le fractionnement différait : 3 apports de 60 kg N/ha sur le lysimètre 1 et 2 apports de 80 kg N/ha et 100 kg N/ha sur le lysimètre 2.

Le froment de printemps a été semé le 17 mars 2010 sur les deux lysimètres et a été récolté le 25 août. Compte tenu de dégâts importants sur une partie du lysimètre 1 (les épis du froment de printemps ont été détruits par un animal, sans doute un rongeur), il n'a pas été possible de mesurer le rendement sur ce lysimètre. Le rendement mesuré sur le lysimètre 2 s'élevait à $9,1 \text{ t/ha}$.

Il a été décidé de ne pas effectuer de suivi APL sur ces lysimètres, le prélèvement de carottes de sol risquant de créer des écoulements préférentiels dans les lysimètres et d'ainsi fausser les résultats.

6.7.2 Mesures sur les lysimètres en 2011

Un escourgeon a été semé sur les lysimètres le 8 octobre 2010. Il est apparu au bout d'un mois que l'escourgeon ne germait pas sur le lysimètre 1 car les graines y avaient été déterrées

et mangées par un rongeur. Un second semis sur ce lysimètre a alors été réalisé, sans plus de succès. Il a été décidé de semer, après renforcement du grillage de protection autour des lysimètres, une orge de printemps sur le lysimètre 1 le 15 mars 2011.

6.7.3 Tableau récapitulatif des moyennes mensuelles

La pluviométrie mensuelle prise en compte (Tableau 24) est celle donnée par des pluviomètres installés à proximité des lysimètres et rapportée à la surface des lysimètres.

La saison de drainage 2009-2010 a permis la récolte de 28% des précipitations totales de la période sur le lysimètre 1; cette valeur est comparable à ce qui avait été observé sur ce lysimètre les années précédentes. Les teneurs en nitrate dans l'eau de percolation sont élevées (112 mg NO₃⁻/l en moyenne), dans la continuité de ce qui avait été observé sur ce lysimètre en 2009. Au total, 35 kg N-NO₃⁻/ha ont été lessivés à deux mètres de profondeur au cours de cette saison de drainage.

En 2010-2011, 634 l ont été récoltés à l'exutoire de ce lysimètre, représentant 39% des précipitations totales de la période. Les mois de décembre 2010 et de janvier 2011 ont permis la récolte de volumes d'eau particulièrement importants suite aux pluies de novembre et à la fonte des neiges en janvier. Les teneurs en nitrate à l'exutoire de ce lysimètre ont fort augmenté par rapport à la saison de drainage précédente, atteignant 230 mg NO₃⁻/l en moyenne durant cette période. On peut certainement y voir l'impact :

- des dégâts constatés sur le froment de printemps en 2010 induisant une perte de rendement et ;
- de l'absence de levée de l'escourgeon laissant le sol non couvert lors de l'hiver 2011.

L'enseignement principal à tirer des mesures sur ce lysimètre est donc que l'impact d'accidents culturels est particulièrement visible et quantifiable sur la qualité de l'eau, en termes de nitrate. En effet, plus de 105 kg N-NO₃⁻ ont été lixiviés lors de cette saison de drainage en raison de l'absence de couverture de sol en hiver et aux précipitations particulièrement importantes durant cette période.

Tableau 24 : Lysimètre 1, Gembloux, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate

Mois	Pluviométrie		Volumes récoltés	Ions nitrate lixiviés	Azote nitrique lixivié
	mm	l/3,14m ²			
Août 2009	29	91	0	-	-
Septembre	32	100	0	-	-
Octobre	27	85	0	-	-
Novembre	79	248	0	-	-
Décembre	80	251	0	-	-
Janvier 2010	98	308	81,8	132	7,8
Février	58	182	135,9	116	11,4
Mars	36	113	144,3	106	11,0
Avril	11	35	66,3	93	4,4
Mai	11	35	3,8	91	0,3
Juin	7	22	0	-	-
Juillet	29	91	0	-	-
DRAINAGE 2009-2010	497	1561	432,0	112	34,8
Août	202	634	0	-	-
Septembre	0	0	0	-	-
Octobre	35	110	0	-	-
Novembre	92	289	77,0	273	15,1
Décembre	78	245	129,3	262	24,4
Janvier 2011	87	273	302,6	215	46,8
Février	18	57	58,8	200	8,4
Mars	5	16	47,2	207	7,0
Avril	6	19	19,5	234	3,3
DRAINAGE 2010-2011	523	1642	634,4	230	105,0

Sur le lysimètre 2, 20% des précipitations se retrouvent à l'exutoire du lysimètre au cours de la saison de drainage 2009-2010. La concentration moyenne en nitrate dans l'eau de percolation y est près de deux fois plus faible que sur l'autre lysimètre; ceci marque l'effet de la différence (importante) de rendement en betterave en 2009 entre les deux lysimètres (Tableau 25). La quantité d'azote prélevé par la betterave sur ce lysimètre étant plus importante que sur l'autre, la lixiviation du nitrate s'en trouve diminuée ($14 \text{ kg N-NO}_3^- \ll 35 \text{ kg N-NO}_3^-$).

Lors de la saison de drainage 2010-2011, 14% des précipitations sont récoltées à l'exutoire du lysimètre. Cette proportion est plus faible que sur le lysimètre 1. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'escourgeon s'est bien développé sur ce lysimètre 2 lors de l'hiver 2011, contrairement au lysimètre 1; l'évapotranspiration était donc plus importante sur ce lysimètre.

La concentration moyenne en nitrate dans l'eau de percolation lors de la saison de drainage 2010-2011 s'élève à $114 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$. Cette concentration, élevée en valeur absolue, est toutefois deux fois plus faible que sur le lysimètre 1. En termes de quantité d'azote lixivié, 19 kg N-NO_3^- ont été lixiviés durant cette période, soit plus de 5 fois moins que sur le lysimètre 1. L'impact de l'accident de culture en escourgeon sur le lysimètre 1 s'est donc marqué aussi bien sur les concentrations en nitrate dans l'eau de percolation que sur les quantités d'azote lixivié, par l'intermédiaire de volumes d'eau de percolation plus importants.

Tableau 25. Lysimètre 2, Gembloux, observations mensuelles des volumes et concentrations en nitrate

Mois	Pluviométrie		Volumes récoltés l	Ions nitrate lixiviés mg NO ₃ -/l	Azote nitrique lixivié Kg N-NO ₃ /ha
	mm	l/3,14m ²			
Août 2009	29	91	0	-	-
Septembre	32	100	0	-	-
Octobre	27	85	0	-	-
Novembre	79	248	0	-	-
Décembre	80	251	0	-	-
Janvier 2010	98	308	0	-	-
Février	58	182	116,4	59	5,0
Mars	36	113	129,5	67	6,3
Avril	11	35	66,8	62	3,0
Mai	11	35	4,3	72	0,2
Juin	7	22	0	-	-
Juillet	29	91	0	-	-
DRAINAGE 2009-2010	497	1561	316,9	63	14,4
Août	202	634	0	-	-
Septembre	0	0	0	-	-
Octobre	35	110	0	-	-
Novembre	92	289	0	-	-
Décembre	78	245	23,4	122	2,1
Janvier 2011	87	273	172,4	110	13,7
Février	18	57	15,9	118	1,3
Mars	5	16	12,7	129	1,2
Avril	6	19	4,9	131	0,5
DRAINAGE 2010-2011	523	1642	229,3	113,6	18,7

6.7.4 Graphique récapitulatif

La Figure 16 présente une synthèse des mesures et observations pour les lysimètres de Gembloux.

En 2009, les comportements des deux lysimètres sont comparables. Après trois années de remise en service, les lysimètres sont le reflet des conditions de plein champ comme attendu.

En 2010, les volumes d'eau de percolation récoltée et les teneurs en nitrate dans celle-ci sont plus faibles sur le lysimètre 2 que sur le lysimètre 1. On peut y voir l'effet du meilleur développement des betteraves implantées en 2009 sur le lysimètre 2 que sur le lysimètre 1. Elles y ont ainsi laissé un profil plus asséché et plus pauvre en azote nitrique ; la percolation et la lixiviation de l'azote sont ainsi plus faibles sur le lysimètre 2 que sur le lysimètre 1.

En 2010, un essai sur le fractionnement de la fertilisation azotée en froment de printemps a été mis en place sur les deux lysimètres. Malheureusement, le froment a subi des dégâts sur le lysimètre 1, induisant une perte de rendement (cf. §6.7.1).

Un escourgeon a ensuite été implanté sur les deux lysimètres ; cependant, celui-ci n'a pu se développer que sur le lysimètre 2 et une orge a été semée au printemps sur le lysimètre 1, laissant ainsi le sol non couvert lors de l'hiver 2011. Cette différence de couverture hivernale de sol entre les deux lysimètres, conjuguée aux dégâts subis par le froment sur le lysimètre 1, a eu un impact important aussi bien au niveau des volumes d'eau récoltés à l'exutoire des lysimètres (près de trois fois plus d'eau récoltée dans le lysimètre 2 que dans le lysimètre 1) qu'au niveau des teneurs en nitrate. L'impact d'un accident cultural aura donc été particulièrement visible sur la qualité de l'eau de percolation récoltée à l'exutoire des lysimètres. Il aura aussi malheureusement masqué les enseignements qu'on aurait pu tirer de l'essai de fractionnement de la fertilisation en froment de printemps.

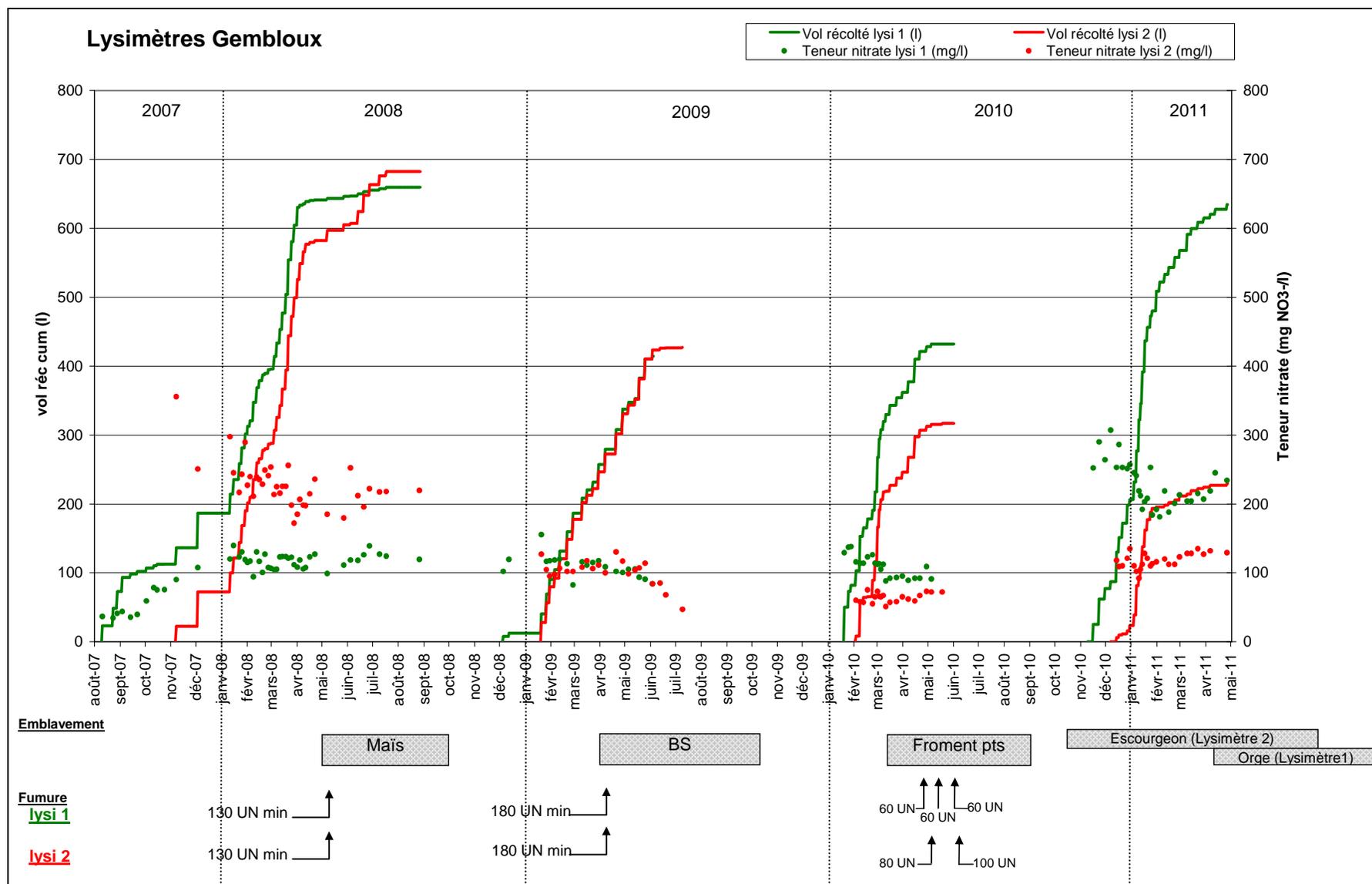


Figure 16. Synthèse des mesures et observations, lysimètres de Gembloux

7 Bilan financier

Un des objectifs du projet était 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.

Le Tableau 26 reprend les résultats des essais 2010 en termes de rendement par rapport à la fertilisation azotée et la différence financière entre les deux niveaux de fumure (exprimée en €/ha). Cette différence est calculée à partir du chiffre d'affaires (C.A. = prix brut payé par l'industrie duquel il faut soustraire les coûts de production) 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. Hesbayefrost. 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 :

- 0,56 €/kg d'azote liquide ;
- 0,69 €/kg d'azote sous forme solide (nitrate d'ammonium);
- 12 €/ha pour le coût d'épandage.

Les chiffres financiers du Tableau 26 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 2010 en termes de rendement et de bilan financier (€/ha)

Parcelle	Culture	Résultats 2010				Financier 2010				
		Fumure réduite		Fumure normale		Fumure réduite (FR)		Fumure normale (FN)		Différence (FN - FR)*
		Fumure	Rendement	Fumure	Rendement	C.A.	Coût Fert. Az.	C.A.	Coût Fert. Az.	
P1	Pois	pas d'essai - fumure de 0 UN								
	Haricot	pas d'essai - fumure de 0 UN								
P2	Poireau	0 UN	61,0 T/ha	50 UN	59,1 T/ha	24 777 €	0 €	23 999 €	47 €	-825 €
P3	Betterave	0 UN	18,69 T/ha	61 UN	17,69 T/ha	3 505 €	0 €	3 317 €	54 €	-242 €
P4	Fève des marais	0 UN	10790 kg/ha	26 UN	10673 kg/ha	3 210 €	0 €	3 333 €	30 €	93 €
	Epinard	70 UN	33,15 T/ha	110 UN	36,30 T/ha	2 092 €	60 €	1 960 €	88 €	-160 €
P5	Froment	pas d'essai								
P6	Betterave	0 UN	13,33 T/ha	78 UN	14,11 T/ha	2 500 €	0 €	2 645 €	66 €	79 €

* Une valeur négative indique un gain financier sur les sous-parcelles "fumure conseil réduite" par rapport aux sous-parcelles "fumure conseil"

On voit dans le Tableau 26 que sur les 5 essais mis en place à l'aplomb des lysimètres en 2010, 2 se sont révélés être plus rentables d'un point de vue financier avec l'application de la fumure conseil plutôt que la fumure conseil réduite. Ces 2 essais concernent :

- la fève des marais sur la parcelle PL3 : le gain (non significatif) de rendement sur les sous-parcelles « fumure conseil réduite » est compensé par le passage dans une catégorie de qualité inférieure. L'application de la fumure « conseil » aura permis à l'agriculteur d'obtenir un surplus de 93€/ha par rapport à la « fumure conseil réduite »;
- la betterave sur la parcelle Haute Bova : le gain (non significatif) de rendement sur les sous-parcelles où a été appliquée la fumure « conseil » aura permis à l'agriculteur d'obtenir un surplus de 79€/ha par rapport à la « fumure conseil réduite »;

Sur les 3 autres essais mis en place en 2010, l'application de la fumure réduite a permis à l'agriculteur de toucher un surplus financier ; ces différences sont assez marquées, notamment en poireau sur la parcelle Gros Thier Bovenistier, où on observe une différence de 825€/ha en faveur des sous-parcelles « fumure conseil réduite ».

On voit donc que si les différences de rendements observées sur les essais n'étaient pas significatives, les réductions de fertilisation ont permis d'obtenir, sur une majorité de parcelles, des gains financiers parfois importants.

8 Essais hors sites lysimétriques en 2011

Sur base des conseils de fumure établis en début de saison pour les cultures de fève des marais et de carotte, deux parcelles ont été sélectionnées pour leur conseil de fumure élevé. En fève des marais, la parcelle se situe à Berloz et en carotte à Forville.

Trois niveaux de fertilisation seront testés : un premier correspondant à l'ancien conseil de fumure établi à partir des besoins de 120 kg N/ha en fève des marais et de 150 kg N/ha en carotte, le suivant correspondant au conseil de fumure actuel établi à partir des besoins de 70 kg N/ha en fève des marais et de 110 kg N/ha en carotte, et enfin le dernier ne recevant aucune fertilisation azotée. L'objectif poursuivi par le niveau de fertilisation le plus élevé est de confirmer les recommandations de la précédente convention, recommandation concernant la réduction des besoins forfaitaires des cultures de fève des marais et de carotte.

Le semis de la parcelle de fève des marais date du 18 avril et les fertilisations de 0, 50 et 100 kg N/ha ont été appliquées le 29 avril. A ce jour (6 mai 2011), le semis de la parcelle de carotte n'a pas encore eu lieu.

9 Intégration des recommandations de la convention précédente

Suite aux propositions de modification faites au terme de la précédente convention, la s.a. Hesbayefrost a demandé au CPL Végémar, partenaire principal dans l'encadrement de ses producteurs, d'intégrer ces modifications dans les conseils de fertilisation pour la saison 2010. Il faut savoir que depuis de nombreuses années, toutes les cultures de légumes contractées avec la s.a. Hesbayefrost font l'objet d'un conseil de fumure. Ces conseils de fumure sont tous établis par le CPL Végémar. Dès lors, tous les conseils de fertilisation établis par le CPL Végémar depuis 2010 et jusqu'à ce jour ont tenu compte de toutes les modifications proposées.

Tous les producteurs de légumes de la s.a. Hesbayefrost reçoivent chaque année une fiche culturale par culture c'est-à-dire un guide de bonne conduite de la culture qui intègre tout l'itinéraire phytotechnique. Ces fiches culturales sont revues et adaptées chaque année. Ce travail est également confié au CPL Végémar et les modifications de pratiques en matière de fertilisation proposées dans les conclusions de la précédente convention ont été intégrées dans la version 2010 de ces fiches culturales. Tous les producteurs de légumes de la s.a. Hesbayefrost sont donc informés chaque année de l'évolution des pratiques pour chaque culture.

Les statistiques des conseils de fumure reprises dans le Tableau 27 montrent clairement l'impact de ces modifications sur les cultures de carotte et de fève des marais pour 2010 et 2011. Les chiffres du respect du conseil de fumure vont croissants de 2007 à 2009 mais retombent à 71 % en fève des marais et 59 % en carotte suite aux modifications des pratiques. Les habitudes en matière de pratiques agricoles sont toujours difficiles à faire changer mais par le biais d'une communication régulière et argumentée, elles évoluent dans le sens souhaité.

Tableau 27. Statistiques des conseils de fumure en fève des marais et en carotte

<i>en fève des marais</i>								
Année	Date de prélèvement	Reliquats sur 60 cm (kg N/ha)	Besoins (kg N/ha)	Conseils de fumure (kg N/ha)	Nombre de parcelles	Superficie (ha)	Quantité de N conseillé (tonne)	Respect du conseil de fumure (%)
2007	du 1 mars au 20 avr	de 16 à 279 (moy: 98)	120	de 0 à 105 (moy: 30)	64	602	18,1	59
2008	du 27 févr au 10 avr	de 18 à 175 (moy: 55)	120	de 0 à 91 (moy: 51)	61	580	29,6	84
2009	du 11 mars au 31 mars	de 12 à 123 (moy: 39)	120	de 0 à 95 (moy: 66)	61	622	41,1	96
2010	du 3 mars au 30 mars	de 13 à 134 (moy: 47)	70	de 0 à 41 (moy: 16)	72	632	10,1	71
2011	du 1 mars au 9 mars	de 7 à 82 (moy: 36)	70	de 0 à 58 (moy: 22)	66	627	13,8	

<i>en carotte</i>								
Année	Date de prélèvement	Reliquats sur 60 cm (kg N/ha)	Besoins (kg N/ha)	Conseils de fumure (kg N/ha)	Nombre de parcelles	Superficie (ha)	Quantité de N conseillé (tonne)	Respect du conseil de fumure (%)
2007	du 1 mars au 29 mars	de 22 à 197 (moy: 65)	150	de 0 à 94 (moy: 49)	36	218	10,7	71
2008	du 29 févr au 18 mars	de 32 à 120 (moy: 69)	150	de 0 à 74 (moy: 32)	29	190	6,1	65
2009	du 11 mars au 14 avr	de 20 à 111 (moy: 59)	150	de 0 à 88 (moy: 45)	27	192	8,6	83
2010	du 3 mars au 18 mars	de 25 à 120 (moy: 51)	110	de 0 à 57 (moy: 21)	28	204	4,3	59
2011	du 14 mars au 23 mars	de 18 à 124 (moy: 58)	110	de 0 à 41 (moy: 13)	31	204	2,7	

Les conclusions de la précédente convention relèvent également le problème de la gestion de l'interculture surtout après une légumineuse comme le haricot, le pois ou encore la fève des marais qui peuvent laisser des APL largement supérieurs à 50 kg N-NO₃⁻/ha. En culture de haricot, beaucoup de parcelles sont précédées d'une culture d'épinard. Contrairement au

haricot semé en 1^{ère} culture, le haricot précédé d'une culture d'épinard d'hiver ou de printemps ne reçoit aucune fertilisation azotée. La minéralisation des résidus de culture d'épinard et le reliquat azoté sont généralement suffisants pour couvrir les besoins en azote pour assurer un bon démarrage de la culture de haricot. Un reliquat azoté élevé en post-récolte de l'épinard aura une influence sur l'APL après culture du haricot.

Consciente du problème des APL après le haricot, la s.a. Hesbayefrost a adopté les propositions de modification en termes de pratique de fertilisation azotée de l'épinard de printemps pour la saison 2010 en vue d'améliorer le reliquat azoté post-récolte. Elle a également souhaité revoir la fertilisation de l'épinard d'hiver. Une expérimentation a été mise en place en ce sens début mars 2010. Elle est reprise au point suivant.

10 Contribution de la S.A. Hesbayefrost

10.1 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 1^{ère} 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 expérimentation en blocs aléatoires a été mise en place (Figure 17). Le parcellaire expérimental est constitué de parcelles de 2 x 10 m. Des prélèvements de sol ont permis d'établir un conseil de fumure à 202 unités d'azote par ha. Les objets testés sont les suivants:

- Application de 180 unités le 5 mars (objet 1)
- Application de 220 unités le 5 mars (objet 6)
- Application de 180 unités le 30 mars (objet 9)
- Application de 220 unités le 30 mars (objet 4)
- Application de 70 unités le 5 mars et 110 unités le 5 avril (objet 5)
- Application de 70 unités le 5 mars et 150 unités le 5 avril (objet 2)
- Application de 130 unités le 5 mars et 50 unités le 5 avril (objet 7)
- Application de 130 unités le 5 mars et 90 unités le 5 avril (objet 10)
- Application de 130 unités le 30 mars et 50 unités le 15 avril (objet 3)
- Application de 130 unités le 30 mars et 90 unités le 15 avril (objet 8)

210	301
209	302
208	303
207	304
206	305
205	306
204	307
203	308
202	309
201	310
110	401
109	402
108	403
107	404
106	405
105	406
104	407
103	408
102	409
101	410

Figure 17. Parcelle expérimental mis en place pour l'essai de fertilisation en épinard d'hiver

Les applications d'azote des 5 mars, 30 mars, 5 avril et 15 avril définies dans le protocole ont été effectuées respectivement les 5 mars, 31 mars, 6 avril et 16 avril.

La récolte a été réalisée le 29 avril par fauchage de 15 m² 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). Un second prélèvement d'épinard a été effectué et pour chaque objet, un échantillon a été constitué des prélèvements des 4 répétitions s'y rapportant. Sur chacun de ces échantillons une mesure de la teneur en nitrate a été réalisée.

Des mesures de reliquat azoté sur 40 cm en post-récolte ont été réalisées le 30 avril.

Les résultats par parcelle sont repris dans le Tableau 28.

Tableau 28. Résultats de l'essai en épinard d'hiver

Objet	Bloc	Parcelle	Rendement	Tige/Feuille	Reliquats azotés
			en t/ha	en %	post-récolte sur 40 cm en kg N/ha
1	1	108	28,5	8,6	24
1	2	210	29,3	11,2	25
1	3	306	28,5	7,1	35
1	4	406	25,5	10,7	26
2	1	109	26,3	4,9	40
2	2	209	24,0	5,0	74
2	3	310	21,8	5,2	64
2	4	407	22,5	10,8	82
3	1	107	22,5	10,6	41
3	2	208	23,3	9,7	29
3	3	307	21,8	6,5	89
3	4	408	19,5	7,4	49
4	1	110	27,0	9,5	56
4	2	207	25,3	10,0	60
4	3	309	25,5	11,6	41
4	4	409	24,8	6,2	98
5	1	106	26,3	8,2	35
5	2	206	26,3	8,1	29
5	3	308	22,5	8,5	36
5	4	410	21,0	6,0	26
6	1	101	36,0	11,5	52
6	2	203	27,0	9,0	45
6	3	305	26,3	9,8	36
6	4	405	30,0	7,6	42
7	1	102	29,3	10,0	10
7	2	202	25,5	8,3	25
7	3	304	26,3	8,8	64
7	4	401	24,0	13,7	56
8	1	103	24,8	11,0	50
8	2	204	24,0	6,7	53
8	3	303	23,3	7,9	60
8	4	404	20,3	7,1	48
9	1	104	24,0	7,4	33
9	2	201	23,3	8,6	53
9	3	302	29,3	8,8	45
9	4	402	22,5	6,6	47
10	1	105	28,5	9,1	54
10	2	205	23,3	6,4	56
10	3	301	30,8	8,4	80
10	4	403	27,8	7,3	81

Afin d'appréhender les conditions de croissance de l'épinard et de minéralisation de l'azote, la pluviométrie et les températures ont été enregistrées grâce à un dispositif installé sur le parcellaire. Ces mesures sont reprises graphiquement ci-dessous.

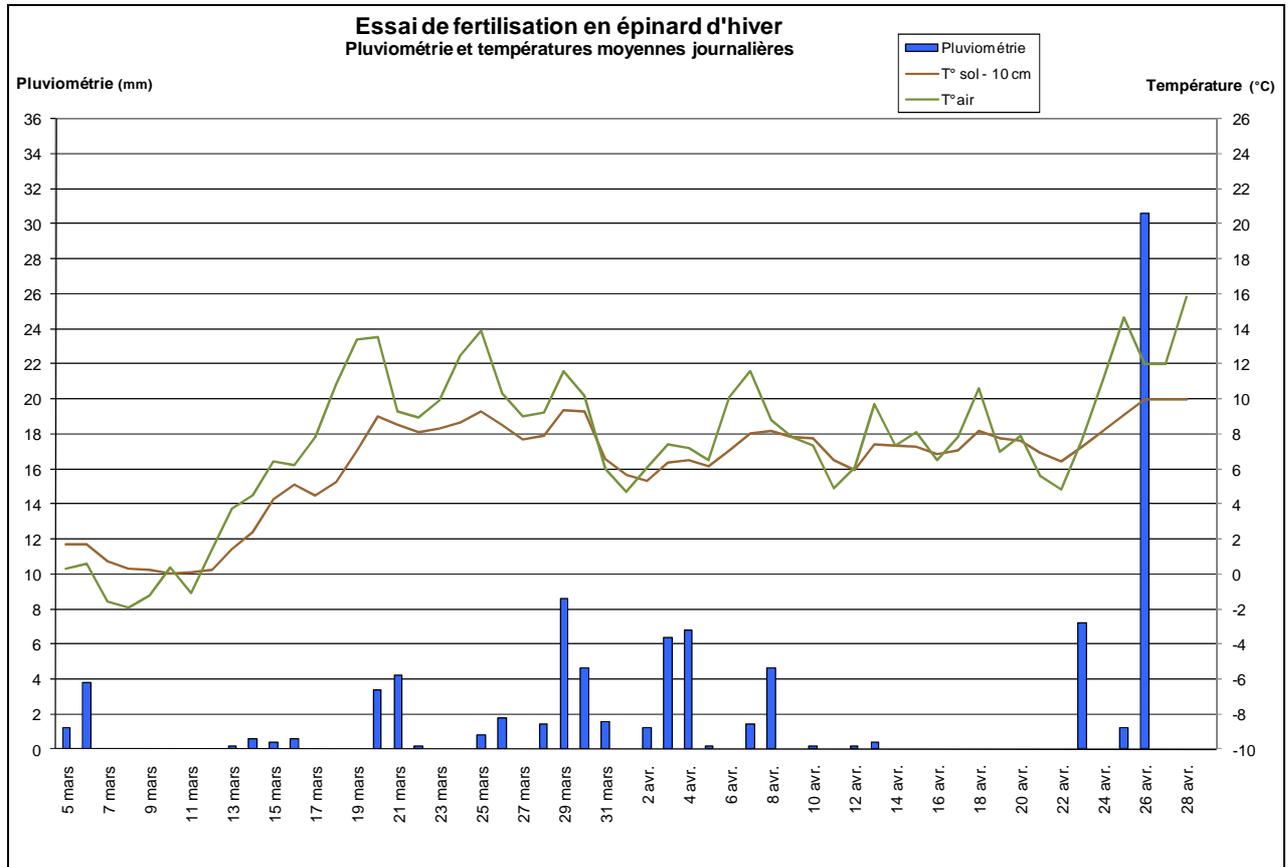


Figure 18. Données climatiques de l'essai de fertilisation en épinard d'hiver

La synthèse des résultats est reprise dans le Tableau 29. L'analyse statistique n'a pu être faite que sur les valeurs de rendement, du rapport tige/feuille et de reliquats azotés post-récolte. Les teneurs en nitrate de l'épinard ne sont données qu'à titre indicatif puisqu'elles ne sont le résultat que d'une seule analyse par objet. Pour l'objet 4 un problème est survenu lors de l'analyse et le résultat n'est pas exploitable.

Tableau 29. Synthèse des résultats de l'essai de fertilisation en épinard d'hiver

Objet		Rendement	Tige/Feuille	Reliquats azotés post-récolte	Teneur en nitrate
N°	Intitulé	en t/ha	en %	sur 40 cm en kg N/ha	en mg/kg MB
1	180 U N le 5 mars	27,9	9,4	28	578
6	220 U N le 5 mars	29,8	9,5	44	940
9	180 U N le 30 mars	24,8	7,9	45	828
4	220 U N le 30 mars	25,6	9,3	64	-
5	70 U N le 5 mars + 110 U N le 5 avril	24,0	7,7	32	639
2	70 U N le 5 mars + 150 U N le 5 avril	23,6	6,5	65	671
7	130 U N le 5 mars + 50 U N le 5 avril	26,3	10,2	39	664
10	130 U N le 5 mars + 90 U N le 5 avril	27,6	7,8	68	703
3	130 U N le 30 mars + 50 U N le 15 avril	21,8	8,6	52	957
8	130 U N le 30 mars + 90 U N le 15 avril	23,1	8,2	53	1243

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

La courbe de température de l'air montre que sur 55 jours de croissance, seulement 16 jours ont affichés des températures moyennes supérieures à 10 °C. Ce n'est qu'à partir du 18 mars que les températures du sol sont passées au-dessus des 5 °C. Ces températures sont ensuite restées sous les 10 °C jusqu'au 26 avril. Les conditions froides de ce début de printemps n'ont été favorables ni à la croissance de l'épinard ni à la minéralisation de l'azote.

Le meilleur rendement (29,8 t/ha) est obtenu avec la fumure de 220 U appliquée le 5 mars (objet 6). Le 2ème meilleur rendement (27,9 t/ha) est obtenu avec la fumure de 180 U appliquée le 5 mars (objet 1) suivi de très près (27,6 t/ha) par la fumure de 220 U appliquée en 2 fois avec 130 U le 5 mars et 90 U le 5 avril (objet 10). Mais pour ce dernier objet (objet 10), le reliquat azoté de post-récolte (68 kg N/ha) est significativement plus élevé que celui de l'objet avec une fumure de 180 U appliquée le 5 mars (28 kg N/ha, objet 1). Cela signifie que la dernière fraction de 90 U appliquée le 5 avril n'a pas été complètement valorisée par l'épinard. Des fumures trop faibles à la sortie de l'hiver comme une application de seulement 70 U le 5 mars (objets 2 et 5) ou des fumures trop tardives comme des applications de 130 U le 30 mars (objets 3 et 8) ou même de 180 U le 30 mars (objet 9) donnent des rendements significativement plus faibles que le meilleur rendement.

Les 2 meilleurs rendements sont obtenus sur les objets où toute la fumure est appliquée tôt dans la saison (objets 1 et 6) mais ces mêmes objets ont présenté des traces de brûlure au niveau des feuilles de l'épinard peu de temps après l'application de l'azote. Ces brûlures n'ont pas engendré cette fois de perte de plants d'épinard mais par le passé, il a été constaté que de telles applications d'azote avaient déjà provoqué des réductions de population très importantes. La différence de 40 unités entre ces 2 objets donne un rendement supérieur pour l'objet à 220 U mais avec un épinard présentant une teneur en nitrate plus élevée et un reliquat azoté en post-récolte également plus élevé. Il faut également souligner que l'objet à 180 U offre l'épinard à la teneur en nitrate la plus faible et le reliquat azoté en post-récolte le plus bas.

Au terme de cette expérimentation, il semble qu'une part importante du conseil de fumure doive être apportée tôt à la sortie de l'hiver. La seconde application devra également être

apportée assez rapidement après la première. En l'occurrence, un objet avec 130 U le 5 mars et 70 U le 20 mars aurait certainement été d'un grand intérêt.

10.2 APL en culture de haricot

Avant même la mise en place du système de contrôle des APL, des mesures de reliquats azotés en post-récolte ont été réalisées de manière systématique sur toutes les parcelles en 2001 et 2002. La synthèse de ces mesures est reprise pour le haricot dans le Tableau 30.

Tableau 30. Synthèse des APL en culture de haricot (2001 et 2002)

Reliquats azotés post-récolte du haricot (en kg N/ha)								
Année	2001				2002			
Nombre de parcelles	57				82			
Horizon	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Minimum	7	7	5	23	12	16	7	39
Maximum	69	94	68	194	98	139	70	277
Médiane	26	28	23	80	26	37	22	83
Moyenne	30	31	26	87	29	40	23	93
Ecart moyen	10	13	10	29	10	14	8	27

Les valeurs observées en 2002 sont légèrement supérieures à celles de 2001 mais les médianes sont comparables avec un profil de 80 kg N/ha en 2001 et 83 kg N/ha en 2002.

La baisse du niveau de ces reliquats azotés post-récolte passe d'abord par une bonne maîtrise de la fertilisation du haricot ou de l'épinard qui le précède. En l'occurrence, le parcellaire de l'essai de fertilisation en épinard d'hiver, présenté au point précédent, a été suivi par une culture de haricot semée le 8 juin et récoltée le 24 août. La mesure des reliquats azotés de post-récolte a été effectuée le 31 août pour chaque objet de l'essai en épinard d'hiver ; l'échantillon de sol par objet étant constitué des prélèvements des 4 répétitions s'y rapportant. Le Tableau 31 reprend les résultats de l'essai en épinard d'hiver avec les valeurs de reliquats azotés de post-récolte du haricot.

Tableau 31. Reliquats azotés post-récolte en haricot sur le parcellaire expérimental de l'essai de fertilisation en épinard d'hiver

Objet		Rendement en t/ha	Reliquats azotés post-récolte sur 40 cm en kg N/ha	Reliquats azotés post-récolte du haricot (en kg N/ha)			
N°	Intitulé			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
1	180 U N le 5 mars	27,9	28	24	35	19	78
6	220 U N le 5 mars	29,8	44	15	14	10	39
9	180 U N le 30 mars	24,8	45	15	11	7	33
4	220 U N le 30 mars	25,6	64	17	15	11	43
5	70 U N le 5 mars + 110 U N le 5 avril	24,0	32	17	15	9	41
2	70 U N le 5 mars + 150 U N le 5 avril	23,6	65	27	22	14	63
7	130 U N le 5 mars + 50 U N le 5 avril	26,3	39	15	13	8	36
10	130 U N le 5 mars + 90 U N le 5 avril	27,6	68	14	16	13	43
3	130 U N le 30 mars + 50 U N le 15 avril	21,8	52	25	23	12	60
8	130 U N le 30 mars + 90 U N le 15 avril	23,1	53	19	16	13	48

La comparaison statistique entre ces valeurs de reliquats azotés post-récolte n'est pas possible mais quelque soit l'objet, ces valeurs sont toutes inférieures aux médianes des mesures

réalisées en 2001 et 2002 présentées au Tableau 30. Pour les objets 7 et 9, les reliquats azotés sont inférieurs au minimum obtenu en 2002 et pour les objets 4, 5, 6, et 10, elles sont fort proches de ce minimum. Ces chiffres confirment donc qu'une bonne maîtrise de la fertilisation de l'épinard d'hiver a une influence favorable sur le niveau des reliquats azotés de post-récolte de la culture du haricot qui suit cet épinard.

Un niveau de reliquats azotés de post-récolte en culture de haricot de l'ordre de 60 kg d'azote par ha ne veut pas dire que l'APL sera acceptable. Comme pour toute légumineuse, la minéralisation des résidus de culture du haricot peut libérer beaucoup d'azote et une bonne gestion de l'interculture est donc nécessaire pour éviter une augmentation trop importante de l'APL.

Soucieux de ce problème d'APL après une culture de haricot, un suivi de 3 parcelles a été effectué cette année. Des mesures de reliquats azotés en post-récolte 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 32.

Les parcelles 1 et 2 présentent des reliquats azotés en post-récolte du même ordre de grandeur (151 et 164 kg N/ha) mais supérieurs à celui de la parcelle 3 (97 kg N/ha).

Le haricot de la parcelle 1 a été précédé d'un épinard de printemps. Pour une question de qualité, la hauteur de coupe lors de la récolte a été relevée et le rendement obtenu était donc faible. Les résidus de récolte étaient par contre importants. Ils ont été enfouis par labour et ont largement contribué à l'enrichissement en azote de la couche 30-60 cm. Cet azote n'étant que partiellement exploitable par le haricot, il se retrouve dans les reliquats du 16 septembre.

Les 119 kg d'azote par ha mesurés le 16 septembre sur les 2 couches inférieures de la parcelle 2 ne s'expliquent que par l'influence du précédent. La fertilisation appliquée sur la pépinière de fruitiers et le travail important du sol engendré par l'arrachage sont les 2 éléments explicatifs d'un tel enrichissement en azote.

La parcelle 3, grâce à l'implantation d'une moutarde, a atteint des niveaux d'APL acceptable à la mi-novembre tandis que pour les 2 autres l'APL restait au-dessus des 100 kg d'azote par ha.

Tableau 32. Données utiles au suivi APL sur 3 parcelles en haricot en 2010

Parcelle		Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3
Précédent 2009		Betterave	Pépinière de fruitiers	Froment
Année du dernier apport organique		2008	1999	2007
Teneur en humus en %		2,6	2,5	2,3
Précédent 2010		Epinard de printemps	Aucun	Epinard d'hiver
Reliquat azoté le 22 févr 2010 sur 0-40 cm en kg N/ha		-	-	8
Reliquat azoté le 18 mai 2010 sur 0-40 cm en kg N/ha		109	68	-
Conseil précédent 2010 en kg N/ha		116	-	210
Fumure précédent 2010 en kg N/ha		98 + 113	-	208
Récolte du précédent 2010	Date	21/06/2010	-	21/04/2010
	Rendement en t/ha	13,16	-	18,95
	Tige/feuille en %	10,6	-	12,9
Conseil haricot en kg N/ha		0	45	0
Fumure haricot en kg N/ha		0	45	0
Date de semis du haricot		30/06/2010	22/06/2010	17/06/2010
Récolte du haricot	Date	15/09/2010	6/09/2010	5/09/2010
	Rendement en t/ha	10,98	14,6	12,36
	Grain/gousse en %	1,96	2,27	2,85
CIPAN	Nom	Avoine	Aucun	Moutarde
	Date de semis	30/09/2010	-	21/09/2010
Culture suivante	Nom		Froment	
	Date de semis		18/10/2010	
Reliquats azotés le 10 sept 2010	0-30 cm en kg N/ha			29
	30-60 cm en kg N/ha			42
	60-90 cm en kg N/ha			26
	total 0-90 cm en kg N/ha			97
Reliquats azotés le 16 sept 2010	0-30 cm en kg N/ha	23	45	
	30-60 cm en kg N/ha	84	63	
	60-90 cm en kg N/ha	44	56	
	total 0-90 cm en kg N/ha	151	164	
Reliquats azotés le 12 oct 2010	0-30 cm en kg N/ha	39	44	72
	30-60 cm en kg N/ha	43	57	32
	60-90 cm en kg N/ha	26	60	26
	total 0-90 cm en kg N/ha	108	161	130
Reliquats azotés le 16 nov 2010	0-30 cm en kg N/ha	25	29	21
	30-60 cm en kg N/ha	48	40	28
	60-90 cm en kg N/ha	30	34	16
	total 0-90 cm en kg N/ha	103	103	65

10.3 Programme 2011

L'essai de fertilisation en épinard d'hiver de 2010 a montré clairement qu'il est important d'apporter la fumure azotée tôt et en 2 fractions pour éviter les phénomènes de brûlure (les 2 fractions à 15 jours d'intervalle). Un nouvel essai, mis en place en 2011, a pour objectif de tester sur les épinards plus tardifs si ce fractionnement rapproché se justifie toujours ou s'il peut être espacé, et de suivre également l'évolution de la minéralisation de l'azote apporté par des mesures régulières de reliquats azotés sur sol nu.

Un essai en épinard de printemps a également été mis en place en 2011. L'objectif poursuivi est le suivi de la minéralisation de l'azote par des prélèvements tous les 15 jours comme pour l'essai de fertilisation en épinard d'hiver. Nombreux sont les agriculteurs travaillant à l'azote liquide. Comment cet azote évolue il dans le sol et quand est il réellement disponible pour l'épinard sont des questions qui devraient trouver réponse dans cet essai.

11 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 nitrate. 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.

- Organisation de deux visites de terrain (1 par an) : la période de l'année la plus propice pour rassembler un maximum de personnes (et où des essais sont mis en place) se situe en arrière saison (mois de septembre – octobre). Cette période permettrait également de faire découvrir la gestion de l'interculture sur les essais (notamment après pomme de terre sur la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer). La visite de terrain sur un des lysimètres sera donc organisée durant le mois de septembre ou d'octobre.
- Organisation d'une conférence pour présenter et réfléchir aux conclusions du projet : l'organisation d'une conférence reprenant une thématique "azote" élargie au cours de laquelle les enseignements du projet lysimètres seraient présentés est à l'étude. La date la plus propice pour ce genre d'évènement est la première quinzaine de février 2012.
- Diffusion dans la presse d'un article de synthèse : les enseignements du projet ont été proposés à la publication d'un article synthétique dans un numéro des « Nouvelles de l'Agriculture ». A ce jour, aucun numéro des « Nouvelles de l'Agriculture » n'est paru depuis le début du projet. La parution d'un article synthétique dans le « Plein Champ » et le « Sillon Belge » est envisagée pour l'été ou l'automne 2011.

12 Conclusions

Ce rapport clôture la première année d'activités de la convention. Après un rappel du contexte et de l'historique de l'étude, les objectifs du projet sont présentés. La caractérisation des sites lysimétriques est exposée, ainsi que la méthodologie appliquée pour le calcul des conseils de fumure sur les essais. Les conditions météorologiques de 2010 ont été décrites, tout comme les données d'irrigation. Les résultats obtenus sur six parcelles de la région de Waremme et sur deux lysimètres de Gembloux sont exposés par la suite, avec une synthèse graphique par parcelle et une discussion des résultats, notamment en termes financiers. La contribution de l'usine Hesbayefrost SA en termes d'essais est également décrite.

Conclusions des essais 2010

Au cours de l'année 2010, cinq essais ont été mis en place sur les parcelles expérimentales à l'aplomb des lysimètres en Hesbaye : deux essais en betterave, un essai en fève des marais, un essai en épinard d'automne et un essai en poireau. Tous ces essais ont été menés en réduisant le conseil de fumure établi sur base d'une mesure du reliquat azoté au semis. Les rendements et les reliquats azotés post-récolte ont été quantifiés individuellement pour chaque objet testé. Au final, aucune différence significative de rendement ni de reliquat azoté n'a été observée sur les essais en 2010.

Les 2 essais en betterave ont montré que les réductions du conseil de fumure de 61 kg N/ha d'une part et de 78 kg N/ha d'autre part n'ont pas engendré de perte significative de rendement sucre. Les reliquats post-récolte étaient tout à fait comparables entre les deux objets testés. Ces conclusions confirment ce qui avait déjà été observé au cours de l'essai mené en betterave en 2008 sur la parcelle PL3, à savoir une réduction possible du conseil de fumure en betterave de l'ordre de 70 kg N/ha sans perte significative de rendement ni modification de reliquat azoté.

L'essai en fève des marais a montré qu'une réduction du conseil de fumure de 26 kg N/ha (établi sur base de besoins forfaitaires de 70 kg N/ha déterminés à partir des enseignements de la précédente convention) était possible sans perte de rendement ni de reliquat azoté. A première vue, il semble donc qu'il soit encore possible de diminuer les conseils de fertilisation en fève des marais. L'essai qui sera mené cette année hors site lysimétrique confirmera éventuellement ceci.

L'essai en épinard d'automne a testé une réduction du conseil de fumure de 40 kg N/ha. Si on observe une légère baisse de rendement, celle-ci n'est pas considérée comme significative par l'analyse statistique. Les reliquats azotés sont similaires entre les objets testés. Il est difficile de comparer les résultats obtenus sur cet essai en 2010 avec les résultats obtenus sur deux autres essais en épinard d'automne en 2009, en raison des problèmes rencontrés sur ceux-ci (attaques de mouches et récolte hâtive des épinards).

Enfin, sur l'essai en poireau, une fraction de 50 kg N/ha a été appliquée en février, un mois avant l'arrachage des poireaux, afin de favoriser la reprise de la végétation. Il apparaît qu'une partie de cette fraction se retrouve dans les 30 premiers cm de sol à la récolte, même si les différences de reliquats azotés ne sont pas significatives. On n'observe pas non plus de différence significative de rendement entre les objets testés. Des conclusions identiques avaient été tirées après l'essai en poireau sur la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer en 2009.

Il convient donc de mener une réflexion sur le mode de fertilisation du poireau en tenant compte des impératifs en termes de qualité de la récolte.

En termes financiers, seuls deux essais sur les cinq mis en œuvre en 2010 étaient plus rentables avec l'application de la fumure conseil. Les trois autres essais ont abouti à des gains financiers, parfois importants, sur les sous-parcelles concernées par une réduction de la fertilisation. Au total, depuis le début des essais en 2008, sur 15 essais mis en place, 10 se sont révélés être plus rentables avec une réduction de fertilisation.

Suivi de la qualité de l'eau

L'observation de la qualité de l'eau récoltée à l'exutoire des lysimètres lors de la saison de drainage 2010-2011 a permis de confirmer les tendances déjà mises en avant depuis le début du projet :

- les rotations classiques betterave – céréale – CIPAN permettent d'obtenir des eaux de percolation faiblement chargées en nitrate (parcelle PL1), même avec un apport de matière organique à l'automne (parcelle Haute Bova) ;
- l'absence de CIPAN après une céréale a pour conséquence une augmentation des teneurs en nitrate dans l'eau de percolation (parcelle Sole 4) ;
- l'introduction d'une double culture légumière avec légumineuse a pour conséquence une augmentation parfois importante des teneurs en nitrate dans l'eau de percolation (parcelles Gros Thier Bovenistier et PL3).

L'observation de la qualité de l'eau dans le lysimètre de la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer nous montre que l'impact de l'accident de fertilisation survenu en 2006 s'est maintenant presque entièrement estompé.

Enfin, la comparaison de la qualité de l'eau récoltée à l'exutoire des deux lysimètres de Gembloux nous montre l'impact que peut avoir un accident cultural (baisse de rendement d'un froment et pas de couverture hivernale du sol en raison de l'absence de levée d'un escourgeon) sur les quantités d'azote nitrique lixivié : plus de 80 kg N-NO₃⁻/ha de différence.

13 Références bibliographiques

1. **Cellule Etat de l'Environnement Wallon** (2007). Rapport Analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007. MRW – DGRNE, Namur. 736 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^{er} janvier 2008 au 30 juin 2010. Université de Liège, gembloux Agro-Bio Tech. 92p. + annexes.
5. **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.
6. **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.
7. **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>
8. **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>
9. **Nitrawal** (2007). Eau-nitrate, informations et conseils techniques pour la gestion durable de l'azote (2^{ème} édition). 162p.
10. **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.
11. **Vandenberghe C., Marcoen J.M., Benoit J.** (2009). Survey Surfaces Agricoles. Etablissement des APL de référence 2009. Dossier GRENeRA 09-02. 25p. In Marcoen J.M., Lambert R., Vandenberghe C., De Toffoli M., Benoit J., Deneufbourg M., 2010. Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne – Rapport d'activités annuel intermédiaire 2009 des membres scientifiques de la Structure d'encadrement Nitrawal. Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech et Université Catholique de Louvain, 62p. + annexes

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude :

- aux agriculteurs chez qui se déroule le projet et sans qui celui-ci ne pourrait se mener ;
- à l'unité de phytotechnie des régions tempérées de Gembloux Agro-Bio Tech (ULg) pour la gestion des essais en céréale sur les lysimètres de Gembloux.

Annexe : conseils de fumure sur les essais en 2010

MONSIEUR PIRLOT EMMANUEL
RUE D'OMAL, 1
B-4250 HOLLOGNE-SUR-GEER

Bulletin d'analyse des nitrates

Nom de la parcelle : **PL1 - lysimètre**

Culture en 2010 : **betterave**
Précédent cultural : **épinard d'automne**
Engrais vert : **aucun**
Apports organiques : **aucun**

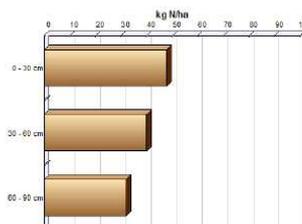
N° échantillon : **10N3106-10N3108**

Date de prélèvement : **15/04/2010**

Date d'expédition : **19/04/2010**

Azote minéral sur le profil

Profondeur	kg N par ha
0 - 30 cm	48
30 - 60 cm	40
60 - 90 cm	32
Total	120



Analyse réalisée par la Station Provinciale d'Analyses Agricoles - rue de Dinant, 110 4557 Tinlot

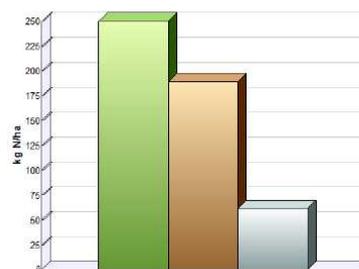
Conseil de fumure azotée

Besoins de la culture : **250 kg d'azote par ha**

Fournitures par le sol : **189 kg d'azote par ha**

Teneur en humus : **2,6 %**
Année du précédent apport organique : **2002**
Valeur des apports organiques : **0 kg**
Valeur du précédent : **30 kg**
Valeur de l'engrais vert : **0 kg**
Date prévisionnelle de récolte : **01/11/2010**
Minéralisation disponible : **99 kg**

Fumure conseillée : **61 kg d'azote par ha**



Besoins Fournitures Conseil

ir **Benôit HEENS**

Conseil de fumure calculé par le Centre Provincial Liégeois des productions végétales et maraîchères

CPL Végémar a.s.b.l. - rue de Huy, 123 4300 Waremmes - Tél 019 69 66 82 - Fax 019 69 66 99

MONSIEUR PIRLOT EMMANUEL
RUE D'OMAL, 1
B-4250 HOLLOGNE-SUR-GEER

Bulletin d'analyse des nitrates

Nom de la parcelle : **PL3 - lysimètre**

Culture en 2010 : **fève des marais**

Précédent cultural : **froment**

Engrais vert : **phacélie**

Apports organiques : **aucun**

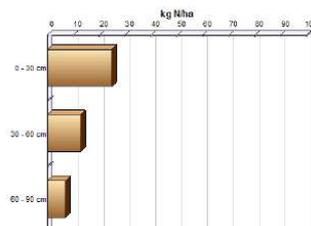
N° échantillon : **10N3129-10N3131**

Date de prélèvement : **20/04/2010**

Date d'expédition : **22/04/2010**

Azote minéral sur le profil

Profondeur	kg N par ha
0 - 30 cm	25
30 - 60 cm	13
60 - 90 cm	7
Total	45



Analyse réalisée par la Station Provinciale d'Analyses Agricoles - rue de Dinant, 110 4557 Tinlot

Conseil de fumure azotée

Besoins de la culture : **70 kg d'azote par ha**

Fournitures par le sol : **44 kg d'azote par ha**

Teneur en humus : **2,6 %**

Année du précédent apport organique : **2007**

Valeur des apports organiques : **0 kg**

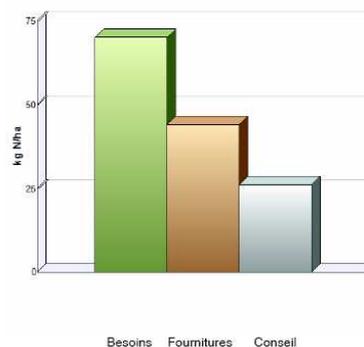
Valeur du précédent : **0 kg**

Valeur de l'engrais vert : **20 kg**

Date prévisionnelle de récolte : **15/07/2010**

Minéralisation disponible : **26 kg**

Fumure conseillée : **26 kg d'azote par ha**



ir Benoît HEENS

Conseil de fumure calculé par le Centre Provincial Liégeois des productions végétales et maraîchères

CPL Végémar a.s.b.l. - rue de Huy, 123 4300 Waremme - Tél 019 69 66 82 - Fax 019 69 66 99

LYSIMÈTRE

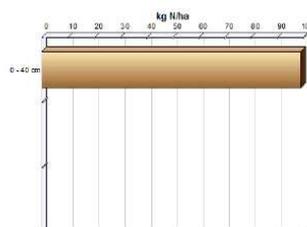
B-0

Bulletin d'analyse des nitrates

Nom de la parcelle : **PL3**Culture en 2010 : **épinard d'automne**Précédent cultural : **fève des marais**Engrais vert : **aucun**Apports organiques : **aucun**N° échantillon : **10N3644**Date de prélèvement : **03/08/2010**Date d'expédition : **03/05/2011**

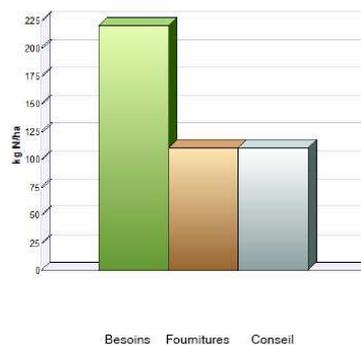
Azote minéral sur le profil

Profondeur	kg N par ha
0 - 40 cm	99
Total	99



Analyse réalisée par la Station Provinciale d'Analyses Agricoles - rue de Dinant, 110 4557 Tinlot

Conseil de fumure azotée

Besoins de la culture : **220 kg d'azote par ha**Fournitures par le sol : **110 kg d'azote par ha**Teneur en humus : **2,6 %**Année du précédent apport organique : **2007**Valeur des apports organiques : **0 kg**Valeur du précédent : **35 kg**Valeur de l'engrais vert : **0 kg**Date prévisionnelle de récolte : **05/09/2010**Minéralisation disponible : **24 kg**Fumure conseillée : **110 kg d'azote par ha**

ir Benoît HEENS

Conseil de fumure calculé par le Centre Provincial Liégeois des productions végétales et maraîchères

CPL Végémar a.s.b.l. - rue de Huy, 123 4300 Waremme - Tél 019 69 66 82 - Fax 019 69 66 99

MONSIEUR L'HOEST HENRI

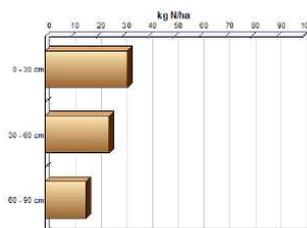
B-0

Bulletin d'analyse des nitrates

Nom de la parcelle : **Haute bova - lysimètre**Culture en 2010 : **betterave**Précédent cultural : **froment**Engrais vert : **moutarde**Apports organiques : **33 t/ha de fumier de bovins en août**N° échantillon : **10N3082-10N3084**Date de prélèvement : **14/04/2010**Date d'expédition : **21/04/2010**

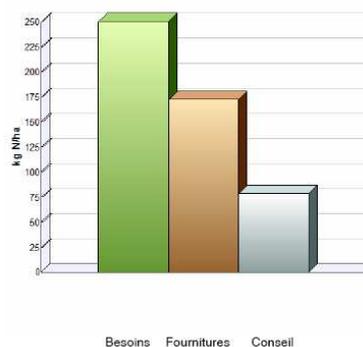
Azote minéral sur le profil

Profondeur	kg N par ha
0 - 30 cm	32
30 - 60 cm	25
60 - 90 cm	16
Total	73



Analyse réalisée par la Station Provinciale d'Analyses Agricoles - rue de Dinant, 110 4557 Tinlot

Conseil de fumure azotée

Besoins de la culture : **250 kg d'azote par ha**Fournitures par le sol : **172 kg d'azote par ha**Teneur en humus : **2,7 %**Année du précédent apport organique : **2008**Valeur des apports organiques : **50 kg**Valeur du précédent : **0 kg**Valeur de l'engrais vert : **20 kg**Date prévisionnelle de récolte : **01/11/2010**Minéralisation disponible : **129 kg**Fumure conseillée : **78 kg d'azote par ha**

ir Benoît HEENS

Conseil de fumure calculé par le Centre Provincial Liégeois des productions végétales et maraichères

CPL Végémar a.s.b.l. - rue de Huy, 123 4300 Waremmes - Tél 019 69 66 82 - Fax 019 69 66 99