

Suivi lysimétrique de l'azote nitrique dans le cadre du Programme de Gestion Durable de l'Azote (PGDA) en agriculture



Ce document doit être cité de la manière suivante :

Lefébure K., Vandenberghe C., Bachelart F., Colinet G. 2018. *Suivi lysimétrique de l'azote nitrrique dans le cadre du Programme de Gestion Durable de l'Azote (PGDA) en Agriculture*. Dossier GRENeRA **18-04**. 24 p. In Hawotte F.¹, De Toffoli M.², Vandenberghe C.³, Lefébure K.³, Michiels C.³, Imbrecht O.², Bachelart F.³, Weickmans B.¹, Huyghebaert B.¹, Lambert R.², Colinet G.³, 2018. *Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne et volet eau du programme wallon de réduction des pesticides – Rapport d'activités final 2018 des membres scientifiques de la Structure d'encadrement PROTECT'eau*. Centre wallon de Recherches agronomiques, Université catholique de Louvain et Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, 21 p. + annexes.

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	3
2. CONTEXTE	4
3. DESCRIPTION DES SITES D'ÉTUDE.....	6
4. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES.....	8
5. MISE À JOUR DES OBSERVATIONS DANS LES EAUX DE PERCOLATION 2017-2018	11
5.1. GROSSE PIERRE CHEMIN DE FER.....	11
5.1.1. Calendrier cultural.....	11
5.1.2. Synthèse des résultats d'analyse des percolats.....	11
5.2. GROS THIER BOVENISTIER.....	14
5.2.1. Calendrier cultural.....	14
5.2.2. Synthèse des résultats d'analyse des percolats.....	14
5.3. SOLE 4.....	17
5.3.1. Calendrier cultural.....	17
5.3.2. Synthèse des résultats d'analyse des percolats.....	17
5.4. HAUTE BOVA.....	20
5.4.1. Calendrier cultural.....	20
5.4.2. Synthèse des résultats d'analyse des percolats.....	20
6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	23
7. BIBLIOGRAPHIE.....	24

¹ Centre wallon de Recherches agronomiques

² Earth and Life Institute (UCL)

³ Gembloux Agro-Bio Tech (ULg)

1. Introduction

Depuis le milieu des années 1970, la concentration en nitrate dans les eaux souterraines a significativement augmenté en Wallonie (Vandenberghe, 2010). Cette dégradation de la qualité de l'eau est partiellement liée à l'évolution de l'agriculture (augmentation du cheptel, augmentation des superficies dévolues au maïs et à la pomme de terre, diminution des superficies de prairie, augmentation de l'utilisation d'azote minéral et organique), les secteurs « industriel » et « domestique » ayant également eu un impact sur celle-ci.

La surveillance de la qualité des eaux en Wallonie est organisée au travers du « Survey Nitrate » (Cellule Etat de l'Environnement Wallon, 2007) qui est constitué de près d'un millier de points d'observation dans les eaux souterraines. Le Survey Nitrate, tel qu'il est réalisé, présente une vue d'ensemble de l'état (en termes de concentration en nitrate) des eaux souterraines, mais ne permet pas de distinguer l'impact d'une politique environnementale mise en place pour tel ou tel secteur d'activités (agricole, industriel ou domestique).

Par ailleurs, le transit du nitrate dans la zone insaturée n'est pas encore complètement connu à l'heure actuelle. L'utilisation de lysimètres s'est révélée être un moyen efficace pour lever partiellement et dans un délai raisonnable ces inconnues. La méthode lysimétrique permet ainsi l'étude de la migration en profondeur d'éléments dans le but de réaliser des bilans entrées – sorties.

Depuis plusieurs décennies, l'utilisation de lysimètres a en effet permis d'importantes avancées dans la compréhension des processus impliqués dans la contamination des ressources en eaux souterraines par les produits phytosanitaires, le nitrate ou les micro-organismes notamment (Muller J-C., 1996 ; Goss et al, 2010).

2. Contexte

En 2003, six lysimètres ont été mis en place sur des parcelles agricoles en Hesbaye, région à vocation principalement légumière. Ces lysimètres permettent le suivi qualitatif et quantitatif de la lixiviation du nitrate au-delà de la zone racinaire. Ce suivi a pour objectifs de :

- fournir rapidement, par rapport au temps de réponse d'un aquifère, et de manière ciblée au secteur agricole, une assurance quant à la pertinence des normes d'épandage et des références APL⁴ (Dossier GRENeRA 18-02) définies dans le cadre du PGDA (Programme de Gestion Durable de l'Azote) pour évaluer la bonne gestion de l'azote ;
- vérifier l'adéquation entre ces valeurs de référence, les conseils de fumure et l'objectif de préservation de la qualité de l'eau ;
- apporter un éclairage et des conseils sur les pratiques et rotations culturales adéquates en termes de respect de la qualité de l'eau et celles qui sont à revoir ou à éviter.

Cette étude a fait l'objet de quatre conventions de recherche entre 2003 et 2013, exécutées par GRENeRA (Axe Echanges Eau-Sol-Plante – Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech) en collaboration avec l'asbl Epuvaleau et l'asbl Centre Provincial Liégeois des Productions Végétales et Maraîchères (CPL Végémar)⁵. La dernière convention (2010-2013) s'intitulait « Suivi lysimétrique de la lixiviation de l'azote nitrique et expérimentation en matière de fertilisation azotée et de successions culturales en cultures industrielles légumières » (Deneufbourg *et al.*, 2013) et a été financée par le Service Public de Wallonie (DGO3).

Plusieurs expérimentations ont ainsi été menées à l'aplomb des lysimètres afin de tester l'impact d'une réduction des niveaux de fertilisation et de l'introduction de Cultures Intermédiaires Piège à Nitrate (CIPAN) dans la rotation sur les rendements des cultures, le reliquat azoté du sol et la concentration en nitrate dans l'eau qui percole sous la zone racinaire.

Les lysimètres exploités depuis 2003 ont montré leur efficacité pour assurer le suivi de la lixiviation de l'azote nitrique en relation avec les pratiques agricoles (Deneufbourg *et al.*, 2013). Ils récoltent une fraction de la pluviométrie représentative de la quantité d'eau en voie de migration vers les eaux souterraines et permettent d'en faire un suivi qualitatif et quantitatif. Les lysimètres ont également apporté un éclairage sur la relation existant entre l'APL et la qualité de l'eau de percolation qui en résulte ; ils ont ainsi 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 la qualité des eaux de percolation sous les terres agricoles doit être appréhendée selon une approche globale et intégrée des rotations et successions culturales complètes, en ce compris la fertilisation raisonnée et les CIPAN adaptées à chaque culture présente dans la rotation.

*Nous renvoyons au rapport d'activité final (Deneufbourg *et al.*, 2013)⁶ des études précédentes pour l'ensemble des résultats, interprétations et conclusions.*

En 2017, des bilans pluriannuels ont été réalisés sur une période de plus de dix ans pour quantifier à cette échelle temporelle, les pertes d'azote (organique et minéral) par lixiviation du nitrate (Dossier GRENeRA 17-04).

⁴ Azote Potentiellement Lessivable.

⁵ Rapports disponibles sur www.gembloux.ulg.ac.be/gp/grenera/grenera_rapports_activites_lysimetres.htm.

⁶ Disponible sur http://www.gembloux.ulg.ac.be/gp/grenera/Doc1_fichiers/Rap_activites/Lysimetre/Rapport_final_2013.pdf.

La saison de drainage s'étale généralement sur deux années civiles, entre le mois de novembre d'une année jusqu'au mois de mai de l'année suivante. Des exceptions ont déjà été observées, notamment des reprises de drainage en juin suite à d'importants épisodes de précipitations au printemps.

Dans ce dossier, la saison de drainage 2017-2018 des lysimètres de Hesbaye sera analysée.

Par ailleurs, avec l'appui d'autres financements, GRENeRA suit depuis 2013 les flux ainsi que la concentration en produits phytomorphaceutiques de l'eau de percolation dans ces lysimètres.

3. Description des sites d'étude

Les sites d'étude lysimétrique sont localisés à proximité de Waremme (Hesbaye). Les lysimètres sont installés au sein de trois exploitations agricoles faisant partie du « Survey Surfaces Agricoles », réseau de 41 exploitations situées sur le territoire wallon et dans lesquelles près de 240 parcelles sont suivies en matière de gestion de l'azote, dans le but d'établir annuellement les références APL (Dossier GRENeRA 17-02). Ces parcelles sont également suivies par le CPL Végémar⁷ qui contribue notamment à la gestion du périmètre irrigué à partir des eaux usées de l'usine de surgélation et de conditionnement de légumes Hesbaye Frost s.a.

Cinq lysimètres ont été placés 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, pois) avec apport régulier de matière organique.

Les parcelles dans lesquelles sont installés les lysimètres sont dénommées selon les noms 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).

Les sols caractéristiques des parcelles dans lesquelles sont installés les lysimètres sont des limons profonds à drainage favorable. 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).

Les lysimètres sont des cylindres métalliques d'une hauteur de 150 cm et de 113 cm de diamètre (1 m² de surface). Une fois remplis de terre, ils sont placés à 2 mètres de profondeur. Il reste donc 50 cm entre le sommet du lysimètre et le niveau du sol pour travailler le sol (labour...).

⁷ Centre Provincial Liégeois de productions VEGétales et MARaichères

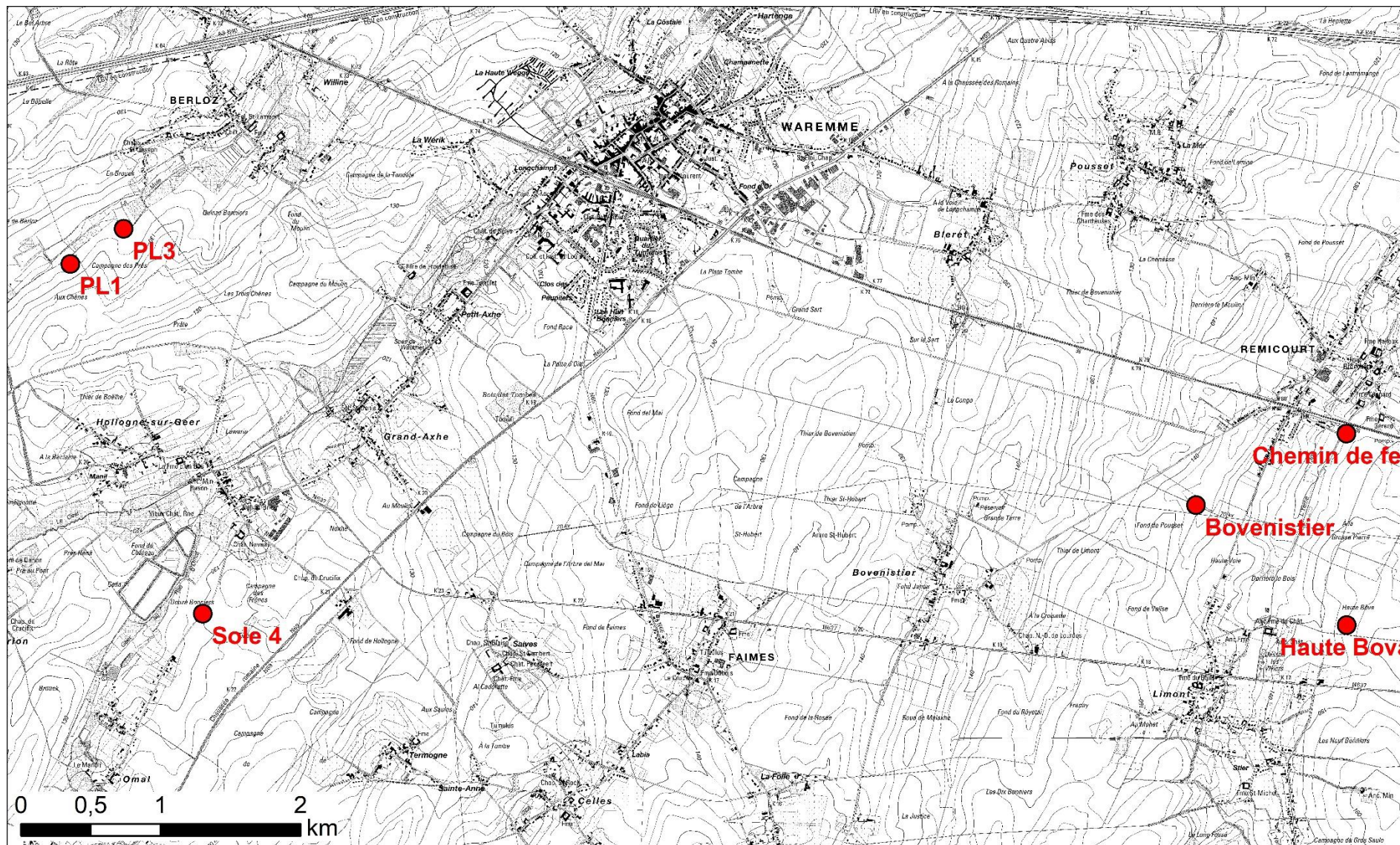


Figure 1. Carte de localisation des lysimètres Grosse Pierre Chemin de Fer, Gros Thier Bovenistier, Haute Bova, Bleret, PL1, PL3 et Sole 4.

4. Conditions météorologiques

Les données météorologiques (température moyenne mensuelle et précipitations) mesurées aux stations météo d'Uccle-Bruxelles de l'IRM⁸ et d'Alleur (Pameseb, 2019)⁹ de juillet 2017 à décembre 2018 sont reprises au tableau 1.

Les mesures de l'IRM renseignent la précipitation mensuelle et la température mensuelle moyenne. Sur base de ces valeurs, l'évapotranspiration potentielle a été évaluée par les équations de Thornthwaite (1948).

Les mesures du réseau Pameseb indiquent la température, la pluviométrie et l'estimation de l'évapotranspiration de référence qui est calculée sur base de la formule FAO de Penmann-Monteith à une fréquence journalière.

Sur la période de juillet 2017 à décembre 2018, les températures moyennes mensuelles des deux stations ne sont généralement différentes que de quelques dixièmes de degré. Par contre, les précipitations moyennes mensuelles montrent de plus grandes différences entre les deux stations. Elles sont donc liées à des phénomènes plus locaux.

Le diagramme ombrothermique construit à partir de mesures de précipitations et de températures de la station d'Alleur est présenté à la figure 2.

Tableau 1. Données météorologiques mensuelles aux stations de mesure d'Uccle (juillet 2017 – décembre 2018).

Mois	Température moyenne mensuelle (°C)		Uccle Précipitations mensuelles (mm)	
	Uccle	Alleur	Uccle	Alleur
juil-17	18,4	18,9	58,3	88,4
août-17	18,1	18,2	70,8	70,6
sept-17	14,1	14,2	77,5	75,1
oct-17	13,3	13,2	43,1	36,8
nov-17	6,6	6,4	105,9	74,7
déc-17	4,4	4,3	130,1	92,1
janv-18	6,0	5,6	80,8	127,1
févr-18	0,8	0,0	21,7	19,8
mars-18	5,4	5,2	70,5	58,2
avr-18	13,0	13,3	66,3	49,1
mai-18	16,3	16,4	13,9	52,8
juin-18	18,1	17,8	15,8	57,6
juil-18	22,0	22,0	49,7	9,5
août-18	19,4	19,7	69,2	68,5
sept-18	15,4	15,6	65,3	93,0
oct-18	12,6	12,4	48,3	43,1
nov-18	7,4	7,3	54,9	18,8
déc-18	5,8	5,6	93,2	96,3

⁸ Institut Royal Météorologique. Source des données : <https://www.meteo.be/fr/climat/bilans-climatologiques/2018/janvier-2018>

⁹ Données reçues du CRA-W le 16 mai 2019.

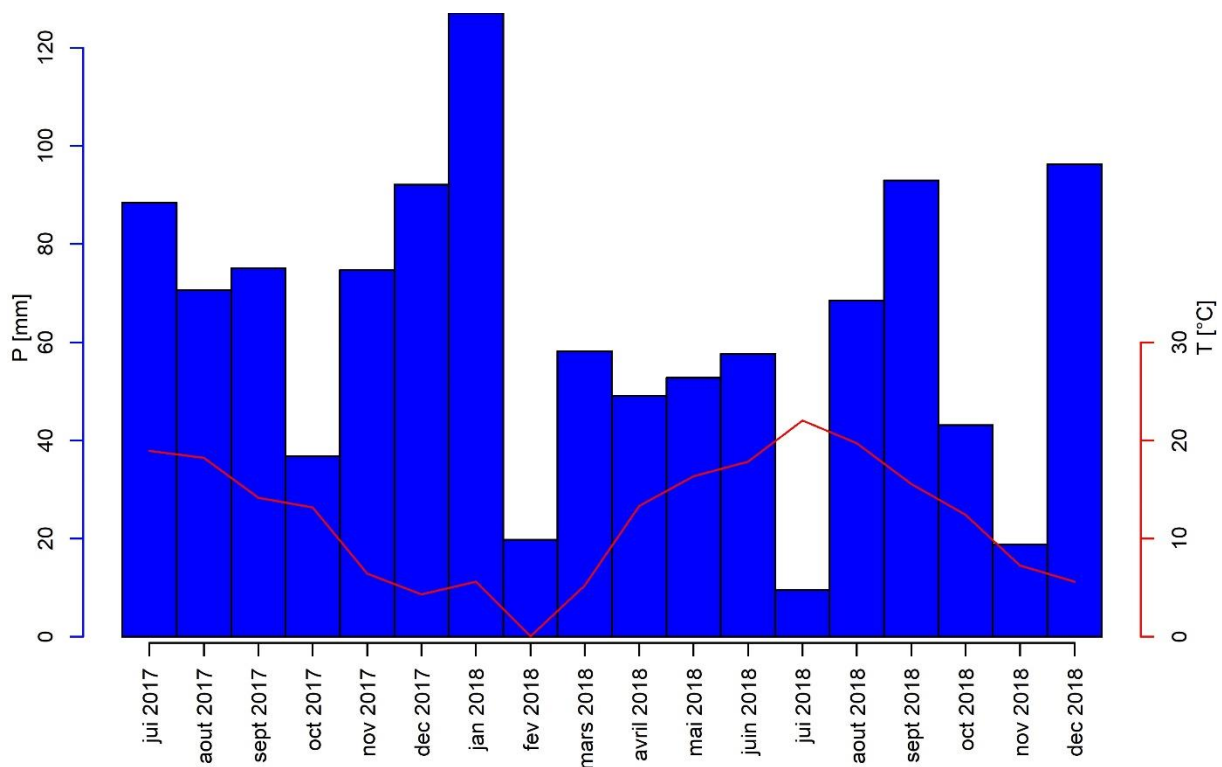


Figure 2. Précipitations et températures moyennes mensuelles (juillet 2017 – décembre 2018) à la station d'Uccle (d'après l'IRM – Institut Royal météorologique).

Selon les informations présentées sur le site de l'IRM¹⁰ pour la station d'Uccle¹¹ :

- **L'été 2017** était anormalement chaud. Les précipitations, le nombre de jours de précipitation et l'insolation étaient normaux.
- **L'automne 2017** était plus nuageux que la normale. La température et la somme des précipitations sont qualifiées de normales. Le nombre de jours de précipitation est anormalement élevé et la durée d'insolation est anormalement basse.
- **L'hiver 2017-2018** était normal à tout point de vue (température, précipitation, nombre de jours de précipitation et durée d'insolation).
- **Le printemps 2018** était très anormalement chaud. Les précipitations, le nombre de jours de précipitation et la durée d'insolation étaient normaux.
- **L'été 2018** était exceptionnellement chaud et anormalement sec. Le nombre de jours de précipitation était anormalement faible et la durée d'insolation était anormalement importante.

¹⁰ <https://www.meteo.be/fr>

¹¹ Définitions des niveaux d'anormalité

Niveaux d'anormalité	Phénomène égalé ou dépassé en moyenne une fois tous les
Normal	< 6 ans
Anormal	6 ans
Très anormal	10 ans
exceptionnel	30 ans

Les statistiques météorologiques annuelles montrent que les années 2017 et 2018 ont été en moyenne plus chaudes et moins pluvieuses qu'une année moyenne.

En 2017¹², la somme des précipitations et la température moyenne sont caractérisées de normales. Il a en effet plu 749,1 mm à Uccle (contre 852 mm en moyenne) et la température moyenne y était de 15°C (contre 14,2°C en moyenne).

En 2018¹³, la somme des précipitations et la température moyenne sont caractérisées respectivement de très anormale et d'exceptionnelle. Il n'a en effet plu que 650,2 mm à Uccle (contre 852 mm en moyenne) et la température moyenne y était de 16°C (contre 14,2°C en moyenne).

À la station d'Alleur, la somme des précipitations tombées entre de juillet 2017 à juin 2018 est de 802,3 mm. Sur la même période, l'évapotranspiration potentielle (ETP) calculée d'après formule FAO de Penman-Monteith est de 675,2 mm.

La période de drainage correspond à la période durant laquelle la précipitation est supérieure à l'évapotranspiration. Pour la saison de drainage 2017-2018, les précipitations sont supérieures à l'évapotranspiration de septembre à mars (figure 3).

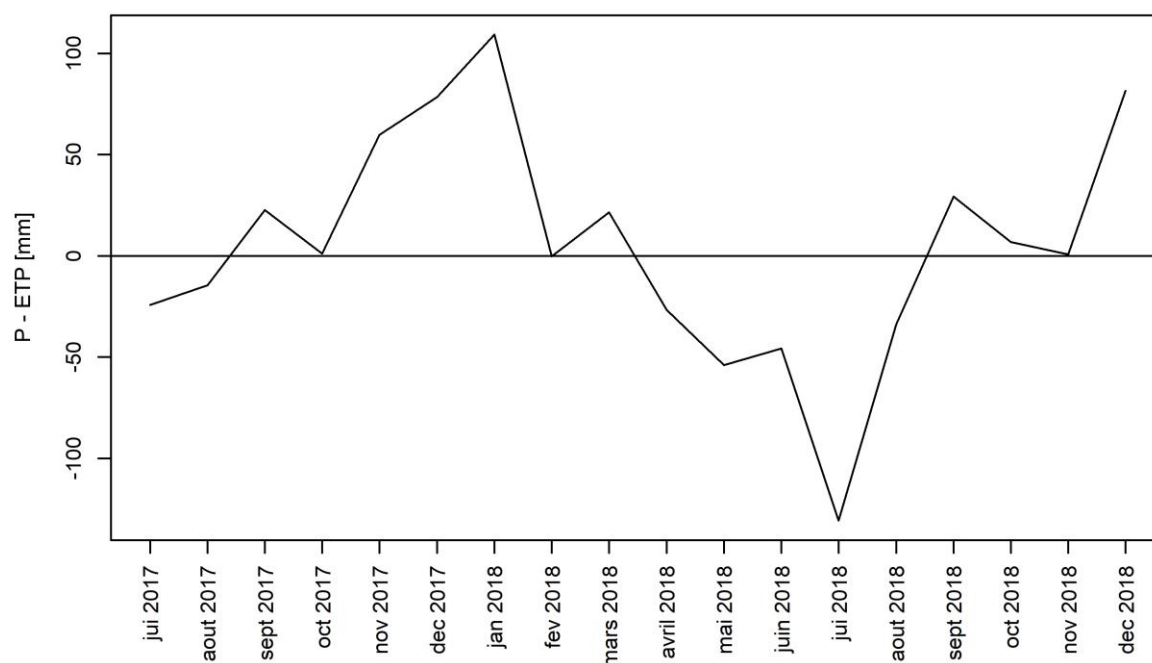


Figure 3. Évolution du déficit hydrique mensuel entre juillet 2016 et décembre 2017.

¹² <https://www.meteo.be/fr/climat/bilans-climatologiques/2017/2017>

¹³ <https://www.meteo.be/fr/climat/bilans-climatologiques/2018/annee>

5. Mise à jour des observations dans les eaux de percolation 2017-2018

Les quatre lysimètres situés dans la région de Waremme font l'objet d'un suivi (bi-)mensuel. Ces lysimètres sont dénommés « Grosse Pierre Chemin de fer », « Gros Thier Bovenistier », « Sole 4 » et « Haute Bova ». Les observations réalisées pour la saison de drainage 2017-2018 sont présentées ci-après.

5.1. Grosse Pierre Chemin de fer

Ce lysimètre a été installé le 4 juillet 2003.

5.1.1. Calendrier cultural

Novembre 2015 : semis de froment

Fertilisation 2016 : apport de 169 kg N minéral ha⁻¹ en trois fractions

Aout 2016 : récolte du froment

1^{er} septembre 2016 : 15 T de digestat à 0,5 % soit 75 kg N ha⁻¹

1^{er} septembre 2016 : semis d'une CIPAN (moutarde)

Novembre 2016 : labour

Printemps 2017 : semis de pois

Été 2017 : semis de haricots

26 mars 2018 : apport de 103 kg N minéral ha⁻¹

Début avril 2018 : semis betteraves

5.1.2. Synthèse des résultats d'analyse des percolats

Le tableau 2 renseigne les volumes d'eau récoltés ainsi que les résultats d'analyse des eaux de percolation à l'exutoire du lysimètre « Grosse Pierre Chemin de fer », pour la période comprise entre août 2017 et la fin de la période de drainage 2018 (mars). On observe des flux d'eau à 2 mètres de profondeur à partir du mois de décembre. Le volume total récolté, entre décembre et mars, est d'environ 115 litres, soit 20,7 % de la pluviométrie mesurée à Alleur entre août 2017 et mars 2018.

La teneur moyenne en nitrate dans l'eau de drainage sur la saison 2017-2018 (16,8 mg NO₃⁻ l⁻¹ (tableau 2) est supérieure à celle observée durant la saison de drainage précédente (8,2 mg NO₃⁻ l⁻¹). Elle est cependant relativement faible par rapport aux valeurs déjà observées dans les lysimètres et dans la masse d'eau RWM040.

La faible concentration en nitrate dans l'eau de percolation fait suite aux faibles concentrations en nitrate observées lors de la saison de drainage 2016-2017. Les faibles valeurs APL observées en hiver 2016 continuent donc de marquer leur effet positif sur la qualité de l'eau (Dossier GRENeRA 17-04).

Tableau 2 : Parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer, observations mensuelles des volumes percolés et concentrations en nitrate au cours de la période de drainage 2017-2018.

Mois	Pluviométrie [mm]	Volumes récoltés [l] ¹⁴	Concentration [mg NO ₃ l ⁻¹]	Azote nitrique lixivié [kg N- NO ₃ ha ⁻¹]
Août 2017	70,6	/	/	/
Septembre	75,1	/	/	/
Octobre	36,8	/	/	/
Novembre	74,7	/	/	/
Décembre	92,1	31,3	15,6	1,1
Janvier 2018	127,1	68,3	16,4	2,5
Février	19,8	8,6	18,7	0,4
Mars	58,2	6,7	23,8	0,4
DRAINAGE 2017-2018	554,4	114,9	16,8 (*)	4,3

(*) Moyenne pondérée par les volumes récoltés

L'augmentation de la concentration en nitrate observée en mars 2018 est peut-être le début de l'impact de la double culture de légume installée en 2017.

Parallèlement à cette augmentation de la concentration en nitrate, un flux d'eau relativement important par rapport à ceux observés dans les autres lysimètres a été observé. Il est probablement lié à une irrigation des cultures légumières.

L'APL mesuré à deux reprises dans la couche 0-90 cm à l'automne 2017 (tableau 3) montre des valeurs d'APL relativement importante (114 et 135 kg N-NO₃ ha⁻¹ respectivement en octobre et décembre 2017). Ces valeurs s'expliquent (1) par le type de culture : la double culture de légumes qui laisse généralement un reliquat azoté important suite à la production d'azote par les bactéries symbiotiques et (2) par la minéralisation de la CIPAN semée l'année précédente.

Tableau 3. APL (kg N-NO₃ ha⁻¹) sur la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer en 2017.

	20/10/2017	4/12/2017
0-30 cm	45	38
30-60 cm	47	55
60-90 cm	22	42
total	114	135

Le flux d'azote total (4,3 kg N-NO₃ ha⁻¹) est relativement faible par rapport à ce qui a déjà été observé les années précédentes dans des contextes cultureux relativement similaires (Dossier GRENeRA 17-04).

La distribution du nitrate dans le profil tend à montrer une légère lixiviation entre la fin octobre et le début du mois de décembre. L'APL diminue légèrement dans la couche 0-30 cm et augmente dans les couches 30-60 et 60-90 cm.

La concentration en nitrate dans l'eau de percolation du lysimètre augmente à la fin de la saison de drainage (23,8 mg NO₃ l⁻¹ en mars 2018). Il semblerait donc que l'APL élevé lié à la double culture de légume ne marque son effet qu'à partir de la saison prochaine.

¹⁴ Par mètre carré de lysimètre.

Chemin de Fer
Lysimètre remanié
Installation le 4 juillet 2003

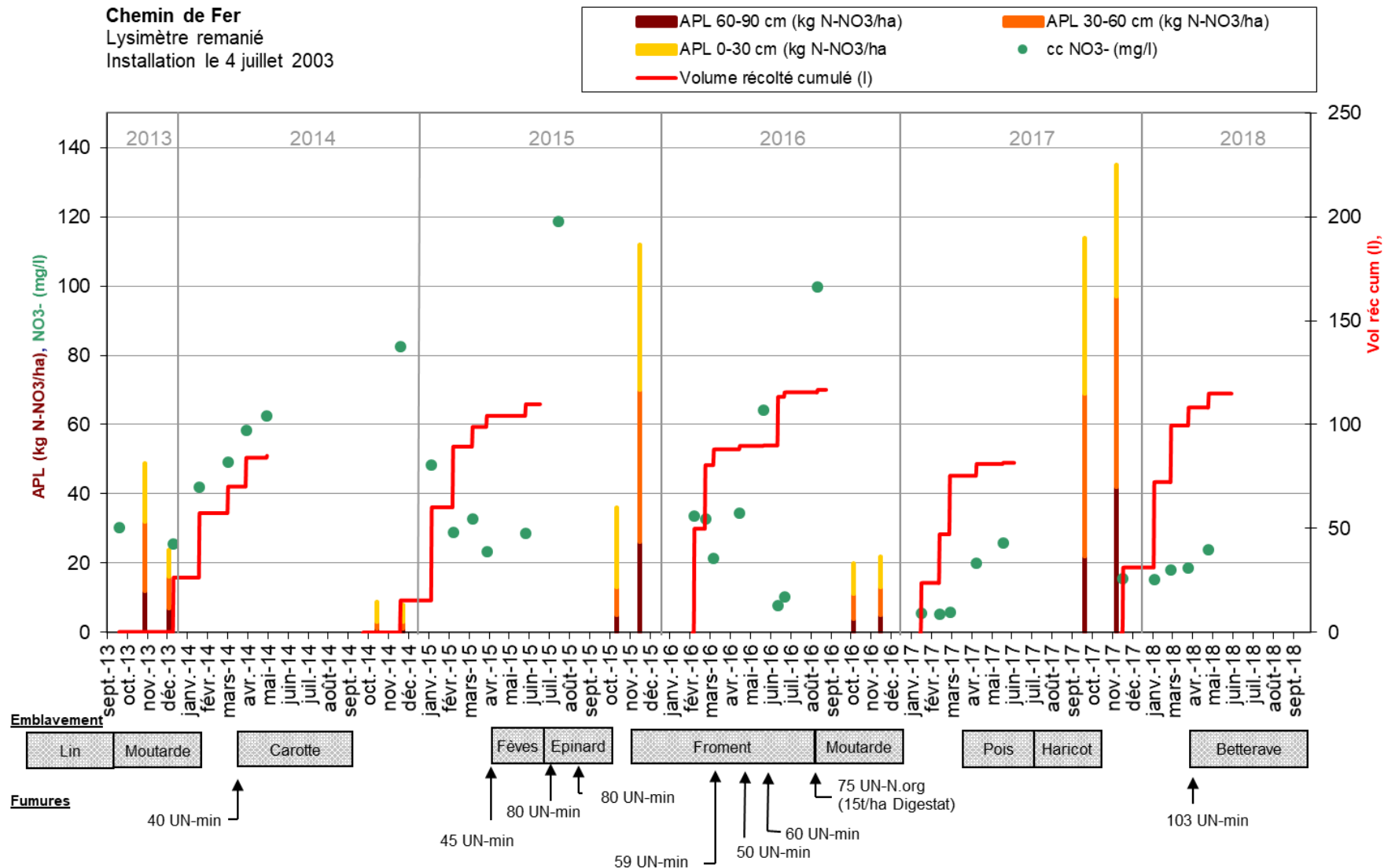


Figure 4. Synthèse des mesures et observations sur la parcelle Grosse Pierre Chemin de Fer (2013-2018).

5.2. Gros Thier Bovenistier

Ce lysimètre a été installé le 14 août 2003.

5.2.1. Calendrier cultural

Mai 2016 : semis de fèves

11 mai 2016 : apport de 39 kg N minéral ha⁻¹

Août 2016 : semis d'épinard

6 août 2016 : apport azoté de 100 kg N minéral ha⁻¹

2 septembre 2016 : apport azoté de 45 kg N minéral ha⁻¹

Octobre 2016 : semis moutarde

Avril 2017 : apport azoté de 39 kg N minéral ha⁻¹

Avril 2017 : semis de lin

Septembre 2017 : 20 T de compost à 0,85 % soit 169 kg N ha⁻¹

Septembre 2017 : semis d'une CIPAN (moutarde)

Avril 2018 : semis de pois

5.2.2. Synthèse des résultats d'analyse des percolats

Le tableau 4 renseigne les volumes d'eau récoltés ainsi que les résultats d'analyse des eaux de percolation à l'exutoire du lysimètre parcelle « Gros Thier Bovenistier », pour la période comprise entre août 2017 et la fin de la période de drainage 2018 (mars). On observe des flux d'eau à 2 mètres de profondeur à partir du mois de décembre. Le volume total récolté, entre décembre et mars, est d'environ 61 litres, soit 11 % de la pluviométrie mesurée à Alleur entre août 2017 et mars 2018.

Tableau 4. Parcelle Gros Thier Bovenistier, observations mensuelles des volumes percolés et concentrations en nitrate au cours de la période de drainage 2017-2018.

Mois	Pluviométrie [mm]	Volumes récoltés [l] ¹⁵	Concentration [mg NO ₃ l ⁻¹]	Azote nitrique lixivié [kg N- NO ₃ ha ⁻¹]
Août 2017	70,6	/	/	/
Septembre	75,1	/	/	/
Octobre	36,8	/	/	/
Novembre	74,7	/	/	/
Décembre	92,1	0,1	22,7	0,0
Janvier 2018	127,1	52,8	19,6	2,3
Février	19,8	4,9	24,6	0,3
Mars	58,2	3,0	25,4	0,2
DRAINAGE 2017-2018	554,4	60,8	20,3 (*)	2,8

(*) Moyenne pondérée par les volumes récoltés

¹⁵ Par mètre carré de lysimètre.

La concentration en nitrate montre une augmentation par rapport à la valeur moyenne observée durant la saison de drainage 2016-2017. On voyait à la fin de cette saison que la concentration était passée de 6-7 mg NO₃ l⁻¹ à 24 mg NO₃ l⁻¹. La concentration en nitrate observée durant la saison 2017-2018 est dans la continuité de la chronique observée à la fin de la saison 2016-2017.

En 2016, la CIPAN semée après la culture d'épinard avait permis de diminuer sensiblement l'APL, de 150 kg N-NO₃ ha⁻¹ en octobre à 39 kg N-NO₃ ha⁻¹ en décembre (Dossier GRENeRA 17-04). Malgré cela, la concentration en nitrate avait augmenté (de 6-7 à 24 mg NO₃ l⁻¹). La CIPAN, en piégeant l'azote nitrique a sensiblement contribué à améliorer la qualité de l'eau.

L'APL mesuré dans la couche 0-90 cm de la parcelle à l'automne 2017 (tableau 5) montre des valeurs de 91 et 19 kg N-NO₃ ha⁻¹ respectivement en octobre et décembre 2017. L'importante valeur d'APL d'octobre s'explique par (1) la culture de lin qui conduit généralement à une minéralisation importante après son arrachage et (2) l'apport de la fertilisation organique.

L'effet de la CIPAN est très prononcé. L'APL diminue jusqu'à 19 kg N-NO₃ ha⁻¹. La distribution de l'azote dans le profil tend à montrer que l'azote a été prélevé par la CIPAN plutôt que lixivié vers les eaux souterraines, car la distribution de l'azote est homogène dans le profil. On n'observe pas d'augmentation de la teneur dans les couches inférieures.

Tableau 5. APL (kg N-NO₃ ha⁻¹) sur la parcelle Gros Thier Bovenistier en 2017.

	20/10/2017	4/12/2017
0-30 cm	17	6
30-60 cm	51	6
60-90 cm	23	7
total	91	19

La figure 3 montre que l'eau utile après le mois de décembre est faible. La lixiviation de l'azote au cours de cette période est faible puisque la teneur en azote nitrique dans le sol est faible et les flux d'eau également. On peut donc s'attendre à ce que la concentration en nitrate reste autour des 20 mg NO₃ l⁻¹.

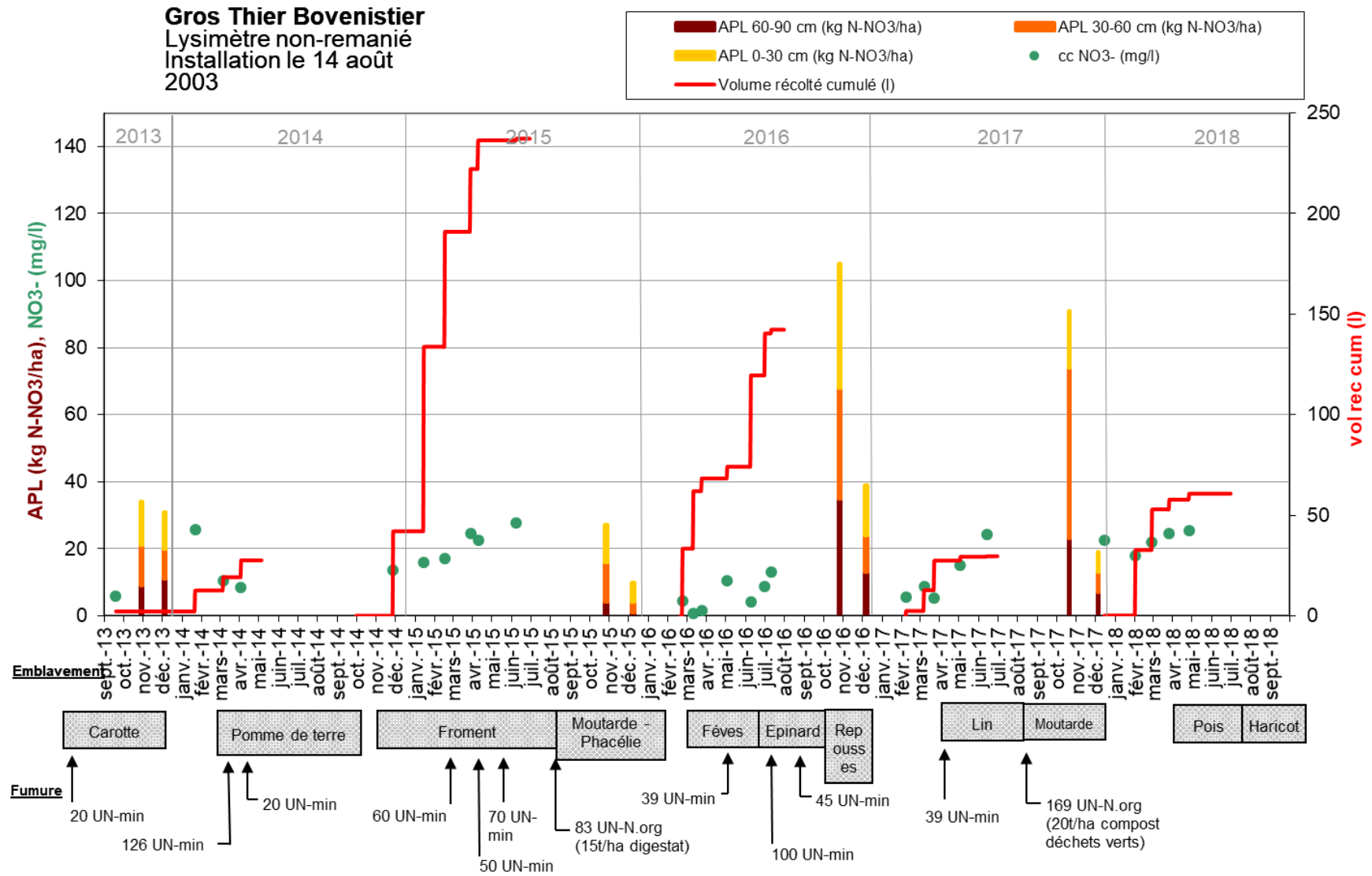


Figure 5. Synthèse des mesures et observations sur la parcelle Gros Thier Bovenistier (2013-2018).

5.3. Sole 4

Ce lysimètre a été installé en date du 8 août 2003.

5.3.1. Calendrier cultural

Novembre 2015 : semis de froment

20 mars 2016 : apport de 48 kg N minéral ha⁻¹

10 avril 2016 : apport de 82 kg N minéral ha⁻¹

20 mai 2016 : apport de 55 kg N minéral ha⁻¹

Septembre 2016 : 25 T fumier bovin à 0,59 % soit 147 kg N ha⁻¹

Septembre 2016 : semis de phacélie

Mars 2017 : semis de betteraves

Novembre 2017 : semis de froment

Fertilisation 2018 : apport de 185 kg N minéral ha⁻¹ en trois fractions

Août 2018 : semis d'une CIPAN (phacélie)

5.3.2. Synthèse des résultats d'analyse des percolats

Le tableau 6 renseigne les volumes d'eau récoltés ainsi que les résultats d'analyse des eaux de percolation à l'exutoire du lysimètre parcelle « Sole 4 », pour la période comprise entre août 2017 et la fin de la période de drainage 2018 (avril). On observe des flux d'eau à 2 mètres de profondeur à partir du mois de février. Le volume total récolté au cours de cette période est d'environ 42 litres, soit 7 % de la pluviométrie mesurée à Alleur durant cette même période de drainage (603,5 l m⁻²).

Le flux d'eau dans ce lysimètre a un retard de deux mois au démarrage et continue un mois de plus par rapport à ceux observés dans les deux lysimètres précédents.

Tableau 6. Parcelle Sole 4, observations mensuelles des volumes percolés et concentrations en nitrate au cours de la période de drainage 2017-2018.

Mois	Pluviométrie [mm]	Volumes récoltés [l] ¹⁶	Concentration [mg NO ₃ l ⁻¹]	Azote nitrique lixivié [kg N- NO ₃ ha ⁻¹]
Août 2017	70,6	/	/	/
Septembre	75,1	/	/	/
Octobre	36,8	/	/	/
Novembre	74,7	/	/	/
Décembre	92,1	/	/	/
Janvier 2018	127,1	/	/	/
Février	19,8	21,8	47,6	2,3
Mars	58,2	10,8	26,9	0,7
Avril	49,1	9,8	27,5	0,6
DRAINAGE 2017-2018	603,5	42,4	37,7 (*)	3,6

(*) Moyenne pondérée par les volumes d'eau récoltés

¹⁶ Par mètre carré de lysimètre.

Entre 2011 et 2013, une pépinière d'arbres fruitiers avait été installée à l'aplomb de ce lysimètre. La qualité de l'eau s'était fortement dégradée suite à cette culture (Dossier GRENeRA 17-04). La concentration en nitrate à la sortie du lysimètre a dépassé les 450 mg NO₃ l⁻¹ durant la saison de drainage 2015-2016. Il est vraisemblable que le pic de pollution ait eu lieu à ce moment-là. Durant la saison de drainage 2017-2018 (tableau 6), la concentration moyenne en nitrate s'affiche sous les 40 mg NO₃ l⁻¹. Cette nette amélioration avait été prédite en 2017 dans le Dossier GRENeRA 17-04. En effet, les APL observés en octobre et décembre 2016, mesurés dans la phacélie étaient inférieurs à 15 kg N-NO₃ ha⁻¹. Par ailleurs, la betterave cultivée en 2017, grâce à son système racinaire profond a « nettoyé » le profil en profondeur.

On voit au tableau 7 que les APL laissés après la culture de betterave sont à nouveau bas. La qualité de l'eau devrait continuer à s'améliorer.

Tableau 7. APL (kg N-NO₃ ha⁻¹) sur la parcelle Sole 4 en 2017.

	20/10/2017	5/12/2017
0-30 cm	7	10
30-60 cm	4	5
60-90 cm	1	2
total	12	17

Sole 4
Lysimètre remanié
Installation le 8 août 2003

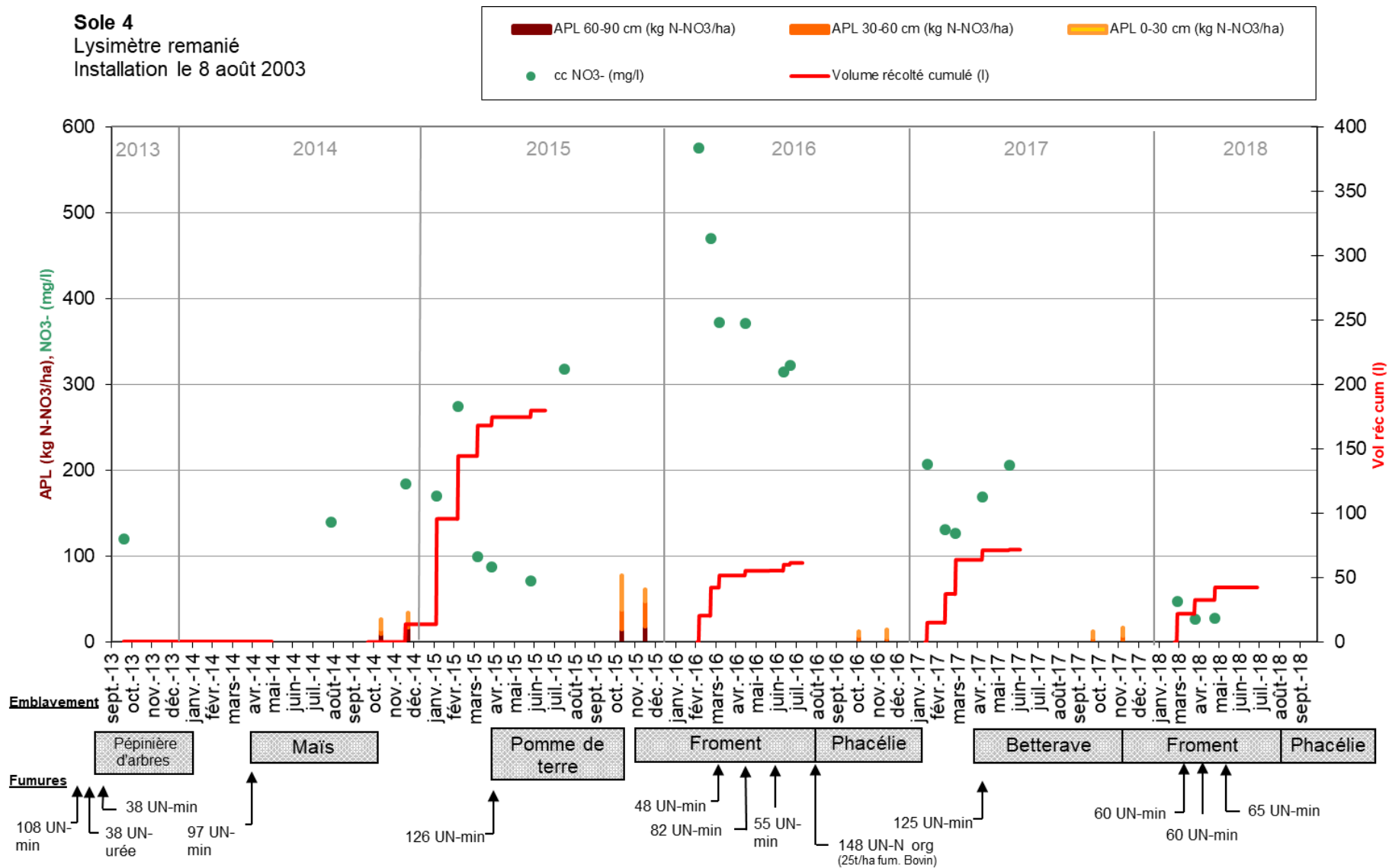


Figure 6. Synthèse des mesures et observations sur la parcelle Sole 4 (2013-2018).

5.4. Haute Bova

Ce lysimètre a été le dernier installé. Initialement positionné dans une parcelle située à proximité, il a été déplacé en août 2009.

5.4.1. Calendrier cultural

Mi-février 2016 : destruction de la CIPAN

20 avril 2016 : apport de 60 kg N minéral ha⁻¹

Mai 2016 : plantation de pomme de terre (plants)

Octobre 2016 : semis de froment

Fertilisation 2017 : apport de 110 kg N minéral ha⁻¹ en trois fractions

Septembre 2017 : 20 T de fumier de bovins à 0,59 % soit 118 kg N ha⁻¹

Septembre 2017 : semis d'une CIPAN (moutarde)

Mars 2018 : apport de 80 kg N minéral ha⁻¹

Mars 2018 : semis de betteraves

5.4.2. Synthèse des résultats d'analyse des percolats

Au cours de la saison de drainage 2017-2018, 0,4 litre de percolat ont été récoltés (tableau 8), soit 0,1 % de la précipitation sur la même période. La concentration moyenne en nitrate est de 251 mg NO₃ l⁻¹.

À la fin de la saison de drainage 2016-2017, la concentration en nitrate dans le percolat était d'environ 240 mg NO₃ l⁻¹. Même s'il est probable que la concentration de décembre 2017 soit directement liée à la concentration observée durant la période 2016-2017, aucune conclusion ne sera tirée vu le faible volume d'eau.

Tableau 8. Parcelle Haute Bova, observations mensuelles des volumes percolés et concentrations en nitrate au cours de la période de drainage 2017-2018.

Mois	Pluviométrie [mm]	Volumes récoltés [l] ¹⁷	Concentration [mg NO ₃ l ⁻¹]	Azote nitrique lixivié [kg N- NO ₃ ha ⁻¹]
Août 2017	70,6	/	/	/
Septembre	75,1	/	/	/
Octobre	36,8	/	/	/
Novembre	74,7	/	/	/
Décembre 2017	92,1	0,4	251	0,2
DRAINAGE 2017-2018	349,3	0,4	251 (*)	0,2

(*) Moyenne pondérée par les volumes d'eau récoltés

¹⁷ Par mètre carré de lysimètre.

Les APL de l'hiver 2017 (tableau 9) assez sont bas. La CIPAN semée dans de bonnes conditions a permis un bon prélèvement de nitrate durant sa croissance.

Tableau 9. APL (kg N-NO₃ ha⁻¹) sur la parcelle Haute Bova en 2017.

	20/10/2017	5/12/2017
0-30 cm	11	8
30-60 cm	8	4
60-90 cm	7	2
total	26	14

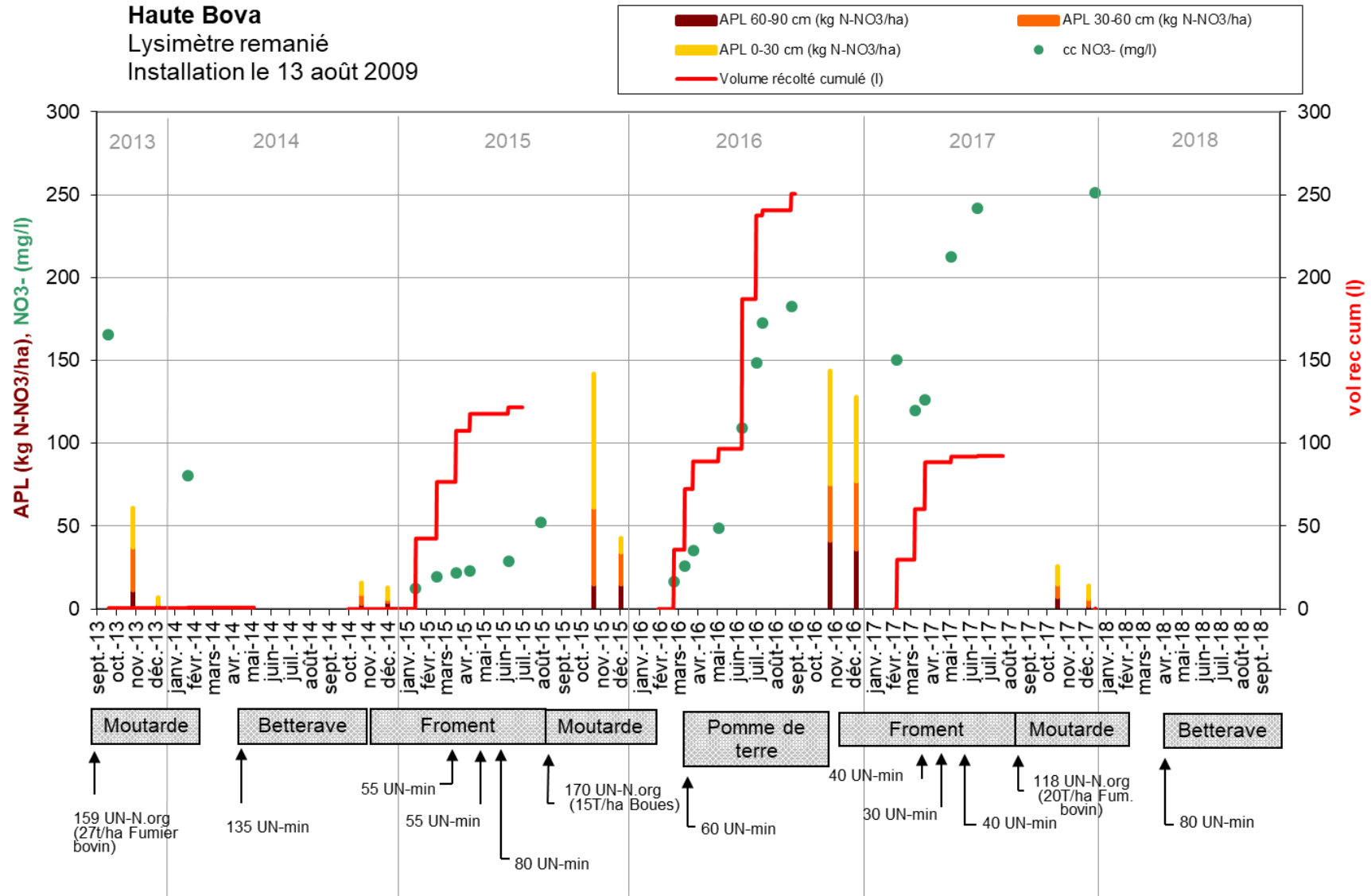


Figure 7. Synthèse des mesures et observations sur la parcelle Haute Bova (2013-2018).

6. Conclusions et perspectives

Depuis 2003, GRENeRA suit la percolation du nitrate à deux mètres de profondeur, en conditions de plein champ dans quatre parcelles limoneuses situées dans la région de Waremme.

L'analyse du nitrate dans les eaux de percolation, combinée à l'observation du reliquat azoté dans le sol et au suivi des cultures, intercultures et fertilisation azotée, permet d'évaluer l'impact des pratiques culturales sur la qualité de l'eau.

L'analyse et l'interprétation des résultats de la saison de drainage 2017-2018, faisant l'objet de ce dossier, ont permis de confirmer les tendances observées depuis le début de l'étude (Deneufbourg *et al.*, 2013) ainsi que lors de l'épisode de drainage précédent (Dossier GRENeRA 17-04). Notamment :

- la bonne qualité de l'indicateur environnemental APL : la teneur moyenne en nitrate dans l'eau de percolation est du même ordre de grandeur que l'APL avec un décalage de 6 à 18 mois en fonction de conditions locales (culture en place, pluviométrie) ;
- l'implantation d'une pépinière d'arbres fruitiers a eu pour conséquence des APL particulièrement élevés. Le semis d'un ray-grass dans les interlignes des arbres fruitiers permet de maintenir les APL à des niveaux beaucoup plus faibles et par conséquent de limiter la pollution de l'eau de percolation par le nitrate. Par la suite, la destruction du ray-grass dans les interlignes s'est marquée par la détérioration de la qualité de l'eau de percolation ;
- les successions classiques betterave – céréale – CIPAN (correctement gérées au niveau de la fertilisation azotée) permettent d'obtenir des eaux de percolation faiblement chargées en nitrate.

Les volumes percolés à deux mètres de profondeur sont faibles voire nuls. En moyenne durant l'hiver 2017-2018, 55 l (par mètre carré) ont été récoltés. Durant les hivers 2016-2017 et 2015-2016, respectivement 66,5 et 144 l avaient été récoltés. On constate donc une diminution des flux d'eau à l'exutoire des lysimètres ces deux dernières années.

Le prochain Dossier GRENeRA se focalisera également sur l'évolution des volumes d'eau récoltée en tenant compte des données météorologiques et des pratiques culturales appliquées à l'aplomb des lysimètres.

Les concentrations moyennes en nitrate observées à l'exutoire des lysimètres durant la saison de drainage 2017-2018 étaient largement sous la limite maximum de la norme de potabilisation. Vu les faibles flux d'eau observés entre 2016 et 2018, la relation « APL-concentration en nitrate » a un temps de réponse plus lent que ceux observés précédemment. Il est donc possible qu'une part importante de la masse de nitrate stagne entre 90 cm (profondeur d'échantillonnage APL) et deux mètres (profondeur de l'exutoire des lysimètres).

Réponse l'année prochaine ...

7. Bibliographie

Lefébure K., Vandenberghe C., Bachelart F., Colinet G. 2017. *Suivi lysimétrique de l'azote nitrique dans le cadre du Programme de Gestion Durable de l'Azote (PGDA) en Agriculture*. Dossier GRENeRA **17-04**. 33 p. In Vandenberghe C., De Toffoli M., Bah B., Imbrecht O., Bachelart F., Lambert R., Colinet G., 2017. *Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne – Rapport d'activités annuel intermédiaire 2017 des membres scientifiques de Nitrawal*. Université catholique de Louvain et Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech, 20p. + annexes.

Cellule Etat de l'Environnement Wallon (2007). *Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007*. Namur : MRW - DGRNE. 736 pp.

Deneufbourg M., Vandenberghe C., Heens B., Marcoen J.M. (2013) *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 final, juin 2013. Convention Service Public de Wallonie n° 3523/4. Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech. 125p. + annexes¹⁸.

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.

Goss M.J., Ehlers W., Unc A. (2010). The role of lysimeters in the development of our understanding of processes in the vadose zone relevant to contamination of groundwater aquifers. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35 (15-18), 913-926.

Muller J-C. (1996). Trente ans de lysimétrie en France (1960-1990). *INRA Editions*. 390 p.

Thorntwaite C.W. (1948). An approach towards a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38, 55-94.

Vandenberghe C., Detoffoli M., Bachelart F., Imbrecht O., Colinet G. 2017. *Survey surfaces agricoles. Etablissement des références APL 2017*. Dossier GRENeRA **17-02**. 26p. In Vandenberghe C., De Toffoli M., Bah B., Imbrecht O., Bachelart F., Lambert R., Colinet G., 2017. *Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne – Rapport d'activités annuel intermédiaire 2017 des membres scientifiques de Nitrawal*. Université catholique de Louvain et Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech, 20p. + annexes.

Vandenberghe C., Marcoen J.M. (2010). *Atelier nitrate-eau. Evaluation du Programme de Gestion Durable de l'Azote*. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14 N° spécial 1, 125.

¹⁸ Disponible sur

http://www.gembloux.ulg.ac.be/gp/grenera/Doc1_fichiers/Rap_activites/Lysimetre/Rapport_final_2013.pdf.