Projet de recherche sur l'impact de la fertilisation des pelouses sur les pertes en éléments nutritifs par lessivage et ruissellement

Phase 1
2011-2013
Rapport final

Guillaume Grégoire, Ph.D. agr.
Catherine Bajzak, M.Sc. biol.
Yves Desjardins, Ph.D. agr.

Centre de recherche en horticulture
Faculté des sciences de l'Agriculture et de l'alimentation
Université Laval

Résumé

Depuis quelques années, certaines municipalités québécoises ont adopté des règlements qui encadrent, ou même interdisent la fertilisation de la pelouse, dans le but de diminuer les pertes en éléments nutritifs, et ainsi protéger les cours d'eau. Cependant, l'impact de ces règlements sur les pertes en éléments nutritifs n'a jamais été mesuré dans des conditions contrôlées.

Un projet de recherche, visant à mesurer les pertes en éléments nutritifs par lessivage et ruissellement provenant de différentes régies de fertilisation de la pelouse à l'aide de parcelles expérimentales instrumentées, a été initié en 2011. Deux régies de fertilisation, basées sur les pratiques actuelles des entreprises en entretien d'espaces verts (engrais de synthèse ou engrais naturel appliqués en plusieurs applications pendant l'été) et une régie basée sur un règlement municipal (compost appliqué en une seule fois au printemps) ont été comparées à des pelouses non fertilisées entretenues (aération, terreautage, sursemis) ou non.

Les pertes moyennes en phosphore par épisode de ruissellement mesurées dans les parcelles non fertilisées (entretenues et non entretenues) étaient significativement plus élevées que dans les parcelles fertilisées, notamment à cause d'un volume de ruissellement plus faible dans ces dernières. Pour l'azote, les pertes sous forme de nitrate par épisode de lessivage étaient significativement plus élevées dans les parcelles fertilisées que dans celles non fertilisées. Cependant, les pertes en nitrate par épisode de lessivage étaient généralement inférieures à 0,3 % de la quantité totale appliquée annuellement.

Ce projet démontre que la fertilisation de la pelouse dans les conditions de l'étude, ne cause pas de risque pour la contamination des cours d'eau, et permet même de diminuer les pertes en phosphore par ruissellement par rapport à une pelouse non fertilisée.

Table des matières

Résumé....3
Liste des tableaux....5
Liste des figures....6
Introduction....7
Hypothèse et objectifs du projet....7
Financement du projet....8
Matériel et méthode....9
Construction des parcelles....9
Traitements....10
Collecte des données....12
Analyses statistiques....14
Résultats....16
Pertes par ruissellement....16
Pertes par lessivage....23
Teneur en eau du sol....27
Discussion....29
Bibliographie....33

Liste des tableaux

Tableau 1....8
Montage financier pour la réalisation du projet de recherche

Tableau 2....10
Description des différents traitements évalués

Tableau 3....16
Résultats des analyses de variance à mesures répétées testant l'effet des « traitements » (avec contrastes orthogonaux en cas de significativité) sur les pertes en eau par épisode de ruissellement ou de lessivage en 2012 et 2013.

Tableau 4....19
Résultats des analyses de variance à mesures répétées testant l'effet des « traitements » (avec contrastes orthogonaux en cas de significativité) sur les pertes des différents éléments nutritifs par épisode de ruissellement en 2012 et 2013.

Tableau 5....24
Résultats des analyses de variance à mesures répétées testant l'effet des « traitements » (avec contrastes orthogonaux en cas de significativité) sur les pertes des différents éléments nutritifs par épisode de lessivage en 2012 et 2013.

Tableau 6....28
Résultats des analyses de variance à mesures répétées testant l'effet des « traitements » (avec contrastes orthogonaux en cas de significativité) et de l' « année » sur la teneur en eau volumique du sol pour les années 2012 et 2013.

Liste des figures

Figure 1.....9
Parcelle excavée en forme de V avec une profondeur de 50 cm au centre et 30 cm sur les côtés

Figure 2.....9
Fond de la parcelle, isolé avec une membrane imperméable sur laquelle repose un drain perforé pour récupérer l'eau de lessivage

Figure 3.....11
Parcelle non fertilisée constituée d'un mélange de graminées à gazon et d'espèces à feuilles larges

Figure 4.....12
Auget à bascule utilisé pour mesurer le volume d'eau et bac servant à récolter des échantillons d'eau pour analyse chimique

Figure 5.....12
Tuyau fendu placé dans la partie basse des parcelles pour récolter l'eau de ruissellement

Figure 6.....17
Volume d'eau moyen (en L) perdu par parcelle et par épisode de ruissellement ou de lessivage pour les 5 différents traitements au cours des 2 années du suivi (2012 et 2013)

Figure 7.....20
Perte moyenne en phosphore total (en mg) pour les 5 différents traitements et précipitation (en mm) au cours des différents évènements de ruissellement en 2012 et 2013

Figure 8.....22
Perte moyenne en azote sous forme d'ammonium (en mg) pour les 5 différents traitements et précipitation (en mm) au cours des différents évènements de ruissellement en 2012 et 2013

Figure 9.....25
Perte moyenne en phosphore total dissous (en mg) pour les 5 différents traitements et précipitation (en mm) au cours des différents évènements de lessivage en 2012 et 2013.

Figure 10.....26
Perte moyenne en azote sous forme nitrate (en mg) pour les 5 différents traitements et précipitation (en mm) au cours des différents épisodes de lessivage en 2012 et 2013

Figure 11.....27
Teneur en eau volumique du sol (en % de la capacité au champ) pendant les deux années du projet. Les valeurs représentent la moyenne estimée des sondes aux trois profondeurs (10, 20 et 30 cm)

Introduction

Depuis quelques années, les impacts environnementaux potentiels de la fertilisation de la pelouse ont soulevé des questionnements parmi la population québécoise et canadienne. Une vingtaine de municipalités québécoises ont même adopté des règlements visant à encadrer, et dans certains cas interdire, l'utilisation de matières fertilisantes sur les pelouses situées sur leur territoire et ce, même si l'efficacité de ces règlements sur la protection de la qualité des cours d'eau n'a jamais été mesurée[1]. Or, la littérature scientifique[2] démontre que, lorsque de bonnes pratiques de fertilisation de la pelouse (fractionnement des applications, dose basée sur les besoins de la plante, utilisation d'engrais à dégagement lent, etc.) sont mises en place, les pertes en éléments nutritifs vers les cours d'eau sont négligeables. Dans certains cas, les pertes en éléments nutritifs, notamment le phosphore, peuvent être plus élevées sur la pelouse non fertilisée que sur la pelouse fertilisée, à cause d'une augmentation du ruissellement et de l'érosion causés par la diminution de la couverture végétale [3,4].

Dans ce contexte, nous avons élaboré et mis en place un projet de recherche visant à comparer les pertes en azote et en phosphore par ruissellement (eau de surface) et par lessivage (eau souterraine) d'une pelouse fertilisée selon les pratiques actuelles de l'industrie à celles de la pelouse fertilisée selon un règlement municipal type et à celles de pelouses non fertilisées. Ce projet avait également pour objectif de mesurer l'impact d'un ensemble de pratiques culturales (aération, terreautage et sursemis) sur les pertes en éléments nutritifs.

Hypothèse et objectifs du projet

Ce projet a été basé sur l'hypothèse de travail suivante :

« La fertilisation de la pelouse selon les pratiques actuelles des entreprises en entretien des espaces verts n'augmente pas les pertes en azote et en phosphore par lessivage et ruissellement comparativement à une pelouse fertilisée selon un règlement municipal type ou à une pelouse non fertilisée. »

Aussi, les objectifs spécifiques de ce projet ont été de :

- Mesurer l'impact de la fertilisation de la pelouse sur les pertes en azote et en phosphore par lessivage et ruissellement.
- Comparer les pertes en azote et en phosphore provenant de la pelouse fertilisée selon les pratiques actuelles de l'industrie à celles provenant d'une pelouse fertilisée en suivant un règlement municipal type.
- Comparer les impacts de différentes sources de matières fertilisantes (engrais naturel, engrais de synthèse et compost) sur les pertes en azote et en phosphore.
- Mesurer l'impact des pratiques culturales (aération, terreautage et surensemencement) sur les pertes en azote et en phosphore.

Selon les résultats obtenus, cette hypothèse pourra être acceptée ou rejetée à la fin du projet.

Financement du projet

Ce projet de recherche a été financé en partie par la Grappe de recherche en horticulture ornementale 2011-2013, créée dans le cadre de l'initiative des grappes agro-scientifiques canadiennes d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Le reste du financement nécessaire a été obtenu auprès d'un regroupement d'entreprises privées et d'associations œuvrant en horticulture ornementale. Le montage financier détaillé est présenté au Tableau 1.

Il est important de mentionner que les entreprises et les organismes qui sont des partenaires financiers du projet ont été consultés pour l'élaboration des traitements évalués afin que ces derniers soient le plus représentatifs possible des pratiques de fertilisation utilisées sur les pelouses résidentielles au Québec. Cependant, ces partenaires n'ont eu aucun droit de regard ni sur les résultats, ni sur les conclusions de ce projet de recherche.

Tableau 1. ***Montage financier pour la réalisation du projet de recherche***

Organisme / Entreprise	**Montant total investi 2011-2013**
Grappe de recherche en horticulture ornementale	
Agriculture et Agroalimentaire Canada	112 500 $
Alliance Canadienne de l'Horticulture Ornementale	37 500 $
Total Grappe de recherche	**150 000 $**
Regroupement d'entreprises et d'organismes	
Le Groupe Vertdure	150 000 $
Weed Man Québec	60 000 $
Services Pro-Vert	30 000 $
Les Marques Nuway	15 000 $
Ferti-Technologie (Nutrite et Envirosol)	30 000 $
Association des services en horticulture ornementale du Québec ASHOQ	30 000 $
Association québécoise de commercialisation en horticulture ornementale AQCHO	18 300 $
Fédération interdisciplinaire de l'horticuture ornementale du Québec FIHOQ	1 500 $
Association des producteurs de gazon du Québec APGQ	1 200 $*
Total entreprises et organismes	**336 000 $**
Grand total	**486 000 $**

*Valeur de la contribution en nature sous forme de rouleaux de gazon en plaques

Matériel et méthodes

Construction des parcelles

Les parcelles expérimentales ont été construites en juillet 2011 par une entreprise spécialisée en excavation. Le site choisi pour ce projet est situé sur la Ferme Campus de l'Université Laval, près de l'autoroute Robert-Bourassa, et était en jachère depuis plus de 10 ans avant le début du projet. Le type de sol à cet endroit est un loam schisteux de la série St-Nicolas avec un contenu en matière organique de 5,11 %.

Chaque parcelle, d'une dimension de 10 m par 5 m, a été excavée à l'aide d'une pelle mécanique. Cette excavation a été guidée par un niveau au laser afin que la profondeur de chaque parcelle soit de 50 cm au centre et de 30 cm sur les côtés, pour que le fond de la parcelle ait la forme d'un « V » (Figure 1). Le fond de chaque parcelle a été par la suite recouvert d'une membrane imperméable formée d'une double épaisseur de polythène, et un drain agricole perforé a été placé au centre de celles-ci (Figure 2). Les parcelles ont ensuite été remplies avec la terre auparavant excavée, et égalisées en surface afin de créer une pente de 5 %. Enfin, les parcelles ont été recouvertes de gazon en plaques. Afin de laisser le temps au sol de se placer, aucun traitement n'a été effectué sur les parcelles avant le début de l'été 2012.

Figure 1.
Parcelle excavée en forme de V avec une profondeur de 50 cm au centre et 30 cm sur les côtés

Figure 2.
Fond de la parcelle, isolé avec une membrane imperméable sur laquelle repose un drain perforé pour récupérer l'eau de lessivage

Traitements

Le choix des traitements a été fait avec l'aide des partenaires du projet, avec une approche basée sur des régies d'entretien de pelouse différentes, représentatives des méthodes d'entretien de pelouse actuellement en vigueur au Québec. En tout, 5 traitements ont été évalués selon un dispositif expérimental entièrement aléatoire avec 3 répétitions par traitement, pour un total de 15 parcelles, chaque parcelle n'étant soumise qu'à un seul traitement tout au long du projet de recherche. La description de chaque traitement est présentée au Tableau 2.

Tableau 2. ***Description des différents traitements évalués***

Traitement	Nom	Engrais utilisé	Azote appliqué (Kg N / 100 m² / an)	Phosphore appliqué (Kg P_2O_5/ 100 m² / an)	Potassium appliqué (Kg K_2O / 100 m² / an)	Nombre applications annuelles	Entretien[a]
1	Synthétique	Envirosol 20-0-12	1,47	0	0,88	4[b]	Oui
2	Naturel	Envirosol 9-2-5	1,47	0,33	0,81	4[b]	Oui
3	Compost	Fafard 1,8-1,0-0,9	1,47	0,81	0,73	1	Oui
4	Non fertilisé, entretenu	Aucun	0	0	0	0	Oui
5	Non fertilisé, non entretenu	Aucun	0	0	0	0	Non

[a] Entretien : aération, terreautage avec 5 mm de terre à gazon, sursemis avec mélange à gazon « soleil » effectué 1 fois par année, au printemps.

[b] Seulement 3 applications ont été faites en 2012, mais les mêmes quantités d'engrais ont été appliquées.

L'engrais de synthèse (traitement 1) a été appliqué avec un épandeur à main Scotts® Easy Hand-held, l'engrais naturel (traitement 2) a été appliqué avec un épandeur par gravité Scotts® Professional Drop Spreader alors que le compost (traitement 3) a été appliqué avec un épandeur à compost fabriqué par l'entreprise Therrien et Fils. Pour les traitements 1 et 2, les applications ont été effectuées en juillet, août et septembre 2012, et en mai, juin, août et septembre 2013, alors que le traitement 3 a été appliqué uniquement au mois de mai de chaque année. L'engrais de synthèse utilisé lors de la première application annuelle contenait 25 % d'azote à dégagement contre 50 % lors des applications subséquentes

Figure 3.
Parcelle non fertilisée constituée d'un mélange de graminées à gazon et d'espèces à feuilles larges

Pour les traitements 4 et 5, du gazon provenant de parcelles adjacentes a été déroulé sur les parcelles au lieu d'utiliser du gazon en plaques provenant d'un producteur afin d'accélérer l'obtention de l'état d'une pelouse non fertilisée. Ce gazon, non fertilisé depuis environ 5 ans, avait été envahi par des mauvaises herbes et était composé d'environ 60 % de graminées à gazon (30 % de Pâturin du Kentucky, 15 % de fétuque ovine et 15 % d'agrostide coloniale), 20 % de trèfle blanc et 20 % d'autres plantes à feuilles larges (plantain, pissenlit, épervière orangée, etc.) (Figure 3). Pour les traitements « fertilisés » (traitements 1, 2 et 3), le gazon en plaques utilisé était composé uniquement de pâturin du Kentucky (*Poa pratensis L.*)

Toutes les parcelles ont été équipées d'un système d'irrigation par aspersion calibré pour apporter une quantité d'eau uniforme sur l'ensemble du site. Ce système a été utilisé pour prévenir les dommages irréversibles pouvant être causés par la sécheresse, et non pour maintenir une croissance luxuriante pendant toute la saison.

Collecte des données

Eau de lessivage

L'eau de lessivage a été récoltée à l'aide du drain perforé installé dans chaque parcelle (Figure 2). Chaque drain était relié à un tuyau en ABS qui se déversait dans un auget à bascule (TB1L Tipping bucket, Hydrological services inc., voir Figure 4), branché à un enregistreur automatique (Hobo Pendant UA-003-64, Onset Corporation inc.) afin de mesurer le volume d'eau évacué de chaque parcelle. Une partie de cette eau a été récoltée dans un bac en plastique avec un couvercle perforé, afin d'être analysée pour son contenu en éléments nutritifs. Puisque l'eau de lessivage pouvait s'écouler pendant plusieurs jours après un évènement de pluie, les échantillons destinés aux analyses ont été récoltés chaque jour pour toute la durée d'écoulement d'eau.

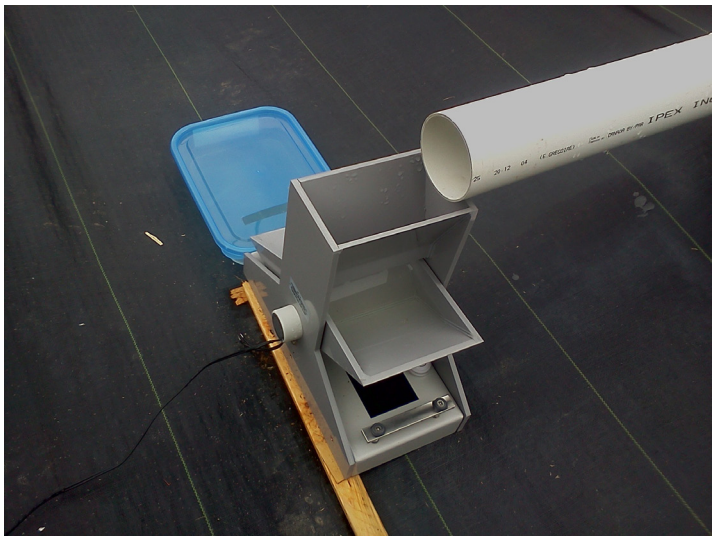

Figure 4.
Auget à bascule utilisé pour mesurer le volume d'eau et bac servant à récolter des échantillons d'eau pour analyse chimique

Eau de ruissellement

Pour récolter l'eau de surface, nous avons partiellement enfoui un tuyau de PVC de 10 cm de diamètre, fendu sur la longueur, sur toute la largeur de chaque parcelle, dans la partie la plus basse de celle-ci (Figure 5). Un joint de ciment a été fait entre le tuyau et le gazon afin d'éviter que l'eau ne s'y écoule. Comme pour le lessivage, chaque tuyau se déversait dans un auget à bascule afin de mesurer le volume de ruissellement sur chacune des parcelles, et un échantillon d'eau était récolté dans les bacs de récolte pour analyse chimique.

Figure 5.
Tuyau fendu placé dans la partie basse des parcelles pour récolter l'eau de ruissellement

Analyses chimiques de l'eau

Les échantillons d'eau de lessivage et de ruissellement récoltés dans les bacs ont été analysés en laboratoire, au Centre de recherche en innovation sur les végétaux de l'Université Laval, afin de mesurer leur teneur en phosphore et en azote. Pour les échantillons de ruissellement, les teneurs en phosphore ont été mesurées avant (phosphore total (TP)) et après filtration (phosphore total dissous (TDP); filtre de 0,45 µm) dans le but d'évaluer la teneur en phosphore total particulaire (TPP=TP-TDP). Les teneurs en TP et TDP dans les échantillons ont été mesurées par digestion à l'acide sulfurique et au persulfate[5] alors que la teneur en phosphore dissous réactif (DRP) a été mesurée par spectrophotométrie sur les échantillons filtrés, selon la méthode décrite par Murphy et Riley[6]. Les teneurs en phosphore organique dissous (DOP) ont été déduites de celles en TDP et DRP tel que : DOP=TDP-DRP. Pour l'eau de lessivage, seules les teneurs en TDP, DRP et DOP ont été mesurées.

Pour les échantillons d'eau de ruissellement et de lessivage, les teneurs en azote total (après une digestion Kjeldahl) et en azote ammoniacal (NH_4-N) ont été mesurées par colorimétrie[7] alors que les teneurs en azote sous forme nitrate (NO_3-N) ont été mesurées par chromatographie par échange d'ions (méthode B-1101, Waters Corporation inc.).

Afin d'estimer les pertes en azote par rapport aux quantités appliquées par les engrais, nous avons utilisé une approche du type « pire scénario » en utilisant le mois pour lequel le plus d'épisodes de lessivage ont été observés (mai 2013). Ensuite, les pertes moyennes en azote sous forme nitrate par épisode de lessivage calculées sur l'ensemble du suivi par traitement ont été multipliées par le nombre d'événements observés dans ce mois (4), puis par le nombre de mois correspondant à la durée de l'expérience (6). Enfin, cette quantité a été exprimée sous forme de pourcentage par rapport à la quantité totale d'azote appliquée par les engrais sur chaque parcelle annuellement (733 g).

Humidité du sol

Des sondes à capacitance (Decagon 10HS, Decagon Devices inc.) reliées à des enregistreurs (Decagon EM5b, Decagon Devices inc.) et mesurant la teneur en eau volumique du sol ont été installées dans chaque parcelle à des profondeurs de 10, 20 et 30 cm, pour un total de trois sondes par parcelle. Les données de teneur en eau volumique prises aux différentes profondeurs ont été converties en pourcentage de la capacité au champ pour chacune des parcelles. La capacité au champ de chacune des parcelles a été déterminée en mesurant la teneur en eau volumique du sol après ressuyage suite à un épisode de pluie important.

Analyses statistiques

Des analyses de variance ont été effectuées afin d'examiner l'effet des 5 traitements sur la perte en eau (volume en L) et en éléments nutritifs (quantité en mg évaluée à partir des teneurs en phosphore et azote (mg/L) mesurées précédemment multipliées par le volume) au cours des épisodes de ruissellement et de lessivage ainsi que sur la teneur en eau volumique. Chaque observation résultant du suivi longitudinal d'une même parcelle (considérée comme unité expérimentale), l'effet des traitements a été analysé au moyen de modèles linéaires à mesures répétées au moyen de la procédure MIXED et de l'énoncé REPEATED du logiciel SAS, pour tenir compte de l'autocorrélation temporelle des observations c'est-à-dire de la non-indépendance des observations (chaque mesure pouvant être influencée par la mesure précédente).

Étant donné que la prise de mesures (en perte d'eau et éléments nutritifs) était dépendante des évènements de pluie et donc effectuée à des intervalles de temps irréguliers, l'autocorrélation temporelle a été modélisée au moyen de la structure de variances-covariances SP(POW) (spatial power) avec le nombre de jours écoulés depuis le début de l'expérience comme variable de puissance[8].

La variable indépendante (source de variation) « traitement » (facteur à 5 niveaux : « engrais synthétique », « engrais naturel », « compost », « non fertilisé entretenu » et « non fertilisé non entretenu ») a été incluse dans le modèle comme effets fixes ainsi qu'une variable identifiant chaque épisode de ruissellement ou lessivage (« Ruissellement » et « Lessivage » nichées dans la variable « Année ») afin de contrôler pour la variabilité expliquée par/relative à l'évènement de pluie (intensité, durée), et par conséquent, non attribuable au traitement.

L'effet des 5 traitements sur chaque variable mesurée (quantité des différents éléments nutritifs (7 pour le ruissellement et 5 pour le lessivage) et volume d'eau (pour le ruissellement et le lessivage)) a été analysé dans un modèle différent, résultant en la construction de 14 modèles.

De plus, des contrastes orthogonaux choisis à priori ont été construits lorsque l'effet des traitements était significatif (contrastes protégés) afin de comparer les différents niveaux de traitement. Le nombre de comparaisons par contraste devant être égal au degré de liberté pour les traitements, 4 contrastes ont pu être définis : « Fertilisé vs. Non fertilisé » (qui compare l'effet combiné de l'engrais synthétique, naturel et du compost à celui des traitements « Non fertilisé entretenu » et « Non fertilisé non entretenu » combinés), « Non fertilisé entretenu vs. Non fertilisé non entretenu », « Engrais vs. Compost » (qui compare l'effet combiné de l'engrais synthétique et naturel avec celui du compost) et « Engrais synthétique vs. Engrais naturel ».

La multiplicité des comparaisons effectuées augmentant considérablement les risques d'erreur de Type I (c'est-à-dire trouver des différences alors qu'il n'y en a pas), le seuil de significativité a été fixé à 1 %, ce qui est plus sévère que le seuil conventionnel de 5 % mais moins sévère que la correction de Bonferroni[9].

Des transformations de Box-Cox ont été effectuées sur les variables dépendantes ne satisfaisant pas les postulats de normalité et d'homoscédasticité.

Résultats

Pour les deux années du projet, un total de 39 épisodes de ruissellement (17 en 2012 et 22 en 2013) d'une durée d'un à six jours et 23 épisodes de lessivage (7 en 2012 et 16 en 2013) d'une durée de 2 à 15 jours ont été définis. Un épisode de ruissellement ou de lessivage a été défini dès qu'une parcelle commençait à perdre de l'eau pendant un évènement de pluie jusqu'à la fin de l'écoulement de la dernière parcelle à ruisseler ou lessiver, respectivement. Ainsi, le début et la fin de chaque épisode de ruissellement ou de lessivage étaient communs à toutes les parcelles.

Pertes par ruissellement

Volume de ruissellement

Les moyennes estimées des volumes d'eau perdus par évènement de ruissellement pendant les deux années du projet en fonction des différents traitements sont présentées à la Figure 6. Les pertes moyennes en eau de ruissellement sont significativement supérieures pour les parcelles non fertilisées comparées aux parcelles fertilisées (Tableau 3, Figure 6). Aucune différence significative pour les pertes en eau n'a été observée entre les différentes sources de matières fertilisantes, ni pour le niveau d'entretien de la pelouse.

Tableau 3. ***Résultats des analyses de variance à mesures répétées testant l'effet des traitements (avec contrastes orthogonaux en cas de significativité) sur les pertes en eau par épisode de ruissellement ou de lessivage en 2012 et 2013.***

Source de variation	Ddl num.	Ddl dénom.	F	P	Contraste	Dd dénom.	t	P
Ruissellement								
Traitement	**4**	**117,50**	**10,44**	**<0,0001**	**Fertilisé vs. non fertilisé**	**118**	**5,68**	**<0,0001**
Ruissellement (Année)	**38**	**438,73**	**73,03**	**<0,0001**	Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu	120	-1,61	0,11
					Engrais vs. compost	116	-0,01	0,99
					Engrais synthétique vs. engrais naturel	115	-2,47	0,015
Lessivage								
Traitement	**4**	**51,32**	**3,75**	**0,009**	Fertilisé vs. non fertilisé	51	0,05	0,96
Lessivage (Année)	**22**	**192,03**	**27,54**	**<0,0001**	Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu	52	1,02	0,31
					Engrais vs. compost	**50**	**3,40**	**0,001**
					Engrais synthétique vs. engrais naturel	53	1,70	0,09

Seuil de significativité = 0,01

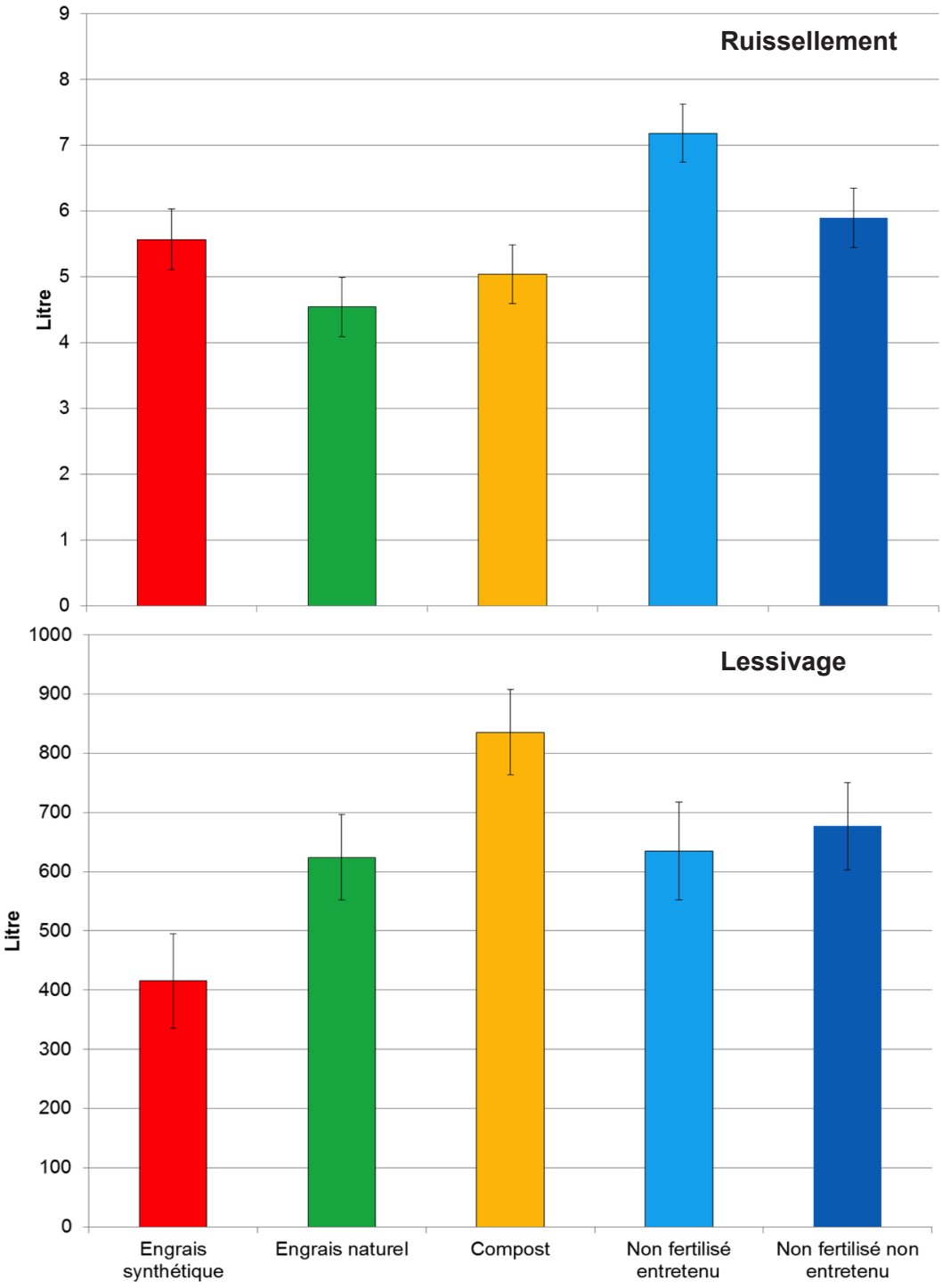

Figure 6
Volume d'eau moyen (en L) perdu par parcelle et par épisode de ruissellement ou de lessivage pour les 5 différents traitements au cours des 2 années du suivi (2012 et 2013).

Les moyennes marginales estimées (± erreur-type) obtenues à partir des modèles mixtes à mesures répétées sans transformation sont présentées pour l'évaluation des différences statistiquement significatives.

Pertes en éléments nutritifs par ruissellement

Les pertes totales ont été déterminées en multipliant les concentrations en éléments nutritifs par les volumes d'eau récoltés pour chaque évènement de ruissellement. Un effet significatif des traitements a été observé sur les pertes de 6 des 7 éléments nutritifs considérés lors d'un évènement de ruissellement (Tableau 4). Ainsi, pour les 5 formes de phosphore mesurées, les pertes par évènement de ruissellement étaient significativement plus élevées dans les parcelles non fertilisées que dans les parcelles fertilisées (contraste « Fertilisé vs. Non fertilisé » significatif de 24 à 51 % plus élevées selon la forme de phosphore, Tableau 4). Aucune différence significative n'a été observée entre les différentes sources de matières fertilisantes (contrastes « Engrais vs. Compost » et « Engrais synthétique vs. Engrais naturels » non significatifs, Tableau 4). Enfin, le fait d'entretenir ou non les parcelles non fertilisées (aération, terreautage et sursemis) n'a pas eu d'effet significatif sur les pertes en éléments nutritifs par évènement de ruissellement (contraste « Non fertilisé vs. Non fertilisé non entretenu » non significatif, Tableau 4).

Les variations temporelles des pertes en phosphore total sont présentées de manière plus détaillée pendant les deux années du projet à la Figure 7. On peut ainsi constater que, lors de la majorité des évènements de ruissellement, les pertes en phosphore ont été plus élevées pour les deux traitements non fertilisés (en bleu). Cette situation est particulièrement évidente pendant les mois de septembre et octobre 2013.

Tableau 4. ***Résultats des analyses de variance à mesures répétées testant l'effet des traitements (avec contrastes orthogonaux en cas de significativité) sur les pertes des différents éléments nutritifs par épisode de ruissellement en 2012 et 2013.***

Variable mesurée	**Source de variation**	**Ddl num.**	**Ddl dénom.**	**F**	**P**	Contraste	Dd dénom.	t	P
TP	**Traitement**	**4**	**203**	**28,22**	**<0,0001**	**Fertilisé vs. non fertilisé**	**202**	**10,25**	**<0,0001**
	Ruissellement (Année)	**38**	**415**	**14,2**	**<0,0001**	Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu	204	-1,20	0,231
						Engrais vs. compost	202	-1,27	0,205
						Engrais synthétique vs. engrais naturel	204	-1,79	0,075
TDP	**Traitement**	**4**	**175**	**31,82**	**<0,0001**	**Fertilisé vs. non fertilisé**	**175**	**10,94**	**<0,0001**
	Ruissellement (Année)	**22**	**413**	**14,31**	**<0,0001**	Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu	177	-0,98	0,328
						Engrais vs. compost	174	-1,38	0,170
						Engrais synthétique vs. engrais naturel	176	-1,73	0,086
TPP	**Traitement**	**4**	**286**	**5,52**	**0,0003**	**Fertilisé vs. non fertilisé**	**285**	**3,41**	**<0,0007**
	Ruissellement (Année)	**38**	**419**	**12,92**	**<0,0001**	Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu	285	-1,77	0,078
						Engrais vs. compost	285	-1,21	0,226
						Engrais synthétique vs. engrais naturel	290	-2,32	0,021
DRP	**Traitement**	**4**	**168**	**32,66**	**<0,0001**	**Fertilisé vs. non fertilisé**	**168**	**11,12**	**<0,0001**
	Ruissellement (Année)	**38**	**412**	**14,41**	**<0,0001**	Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu	170	-1,01	0,314
						Engrais vs. compost	167	-1,28	0,202
						Engrais synthétique vs. engrais naturel	168	-1,63	0,105
DOP	**Traitement**	**4**	**221**	**11,08**	**<0,0001**	**Fertilisé vs. non fertilisé**	**220**	**6,26**	**<0,0001**
	Ruissellement (Année)	**38**	**410**	**13,88**	**<0,0001**	Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu	221	-0,03	0,978
						Engrais vs. compost	220	-1,46	0,147
						Engrais synthétique vs. engrais naturel	223	-1,49	0,136
NH_4-N	**Traitement**	**4**	**163**	**7,76**	**<0,0001**	**Fertilisé vs. non fertilisé**	**163**	**2,89**	**0,004**
	Ruissellement (Année)	**38**	**413**	**17,57**	**<0,0001**	Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu	165	-2,40	0,018
						Engrais vs. compost	162	-1,09	0,277
						Engrais synthétique vs. engrais naturel	**164**	**-3,90**	**0,0001**
NO_3-N	**Traitement**	4	153	0,92	0,454				
	Ruissellement (Année)	**38**	**409**	**20,53**	**<0,0001**				

Seuil de significativité = 1 %

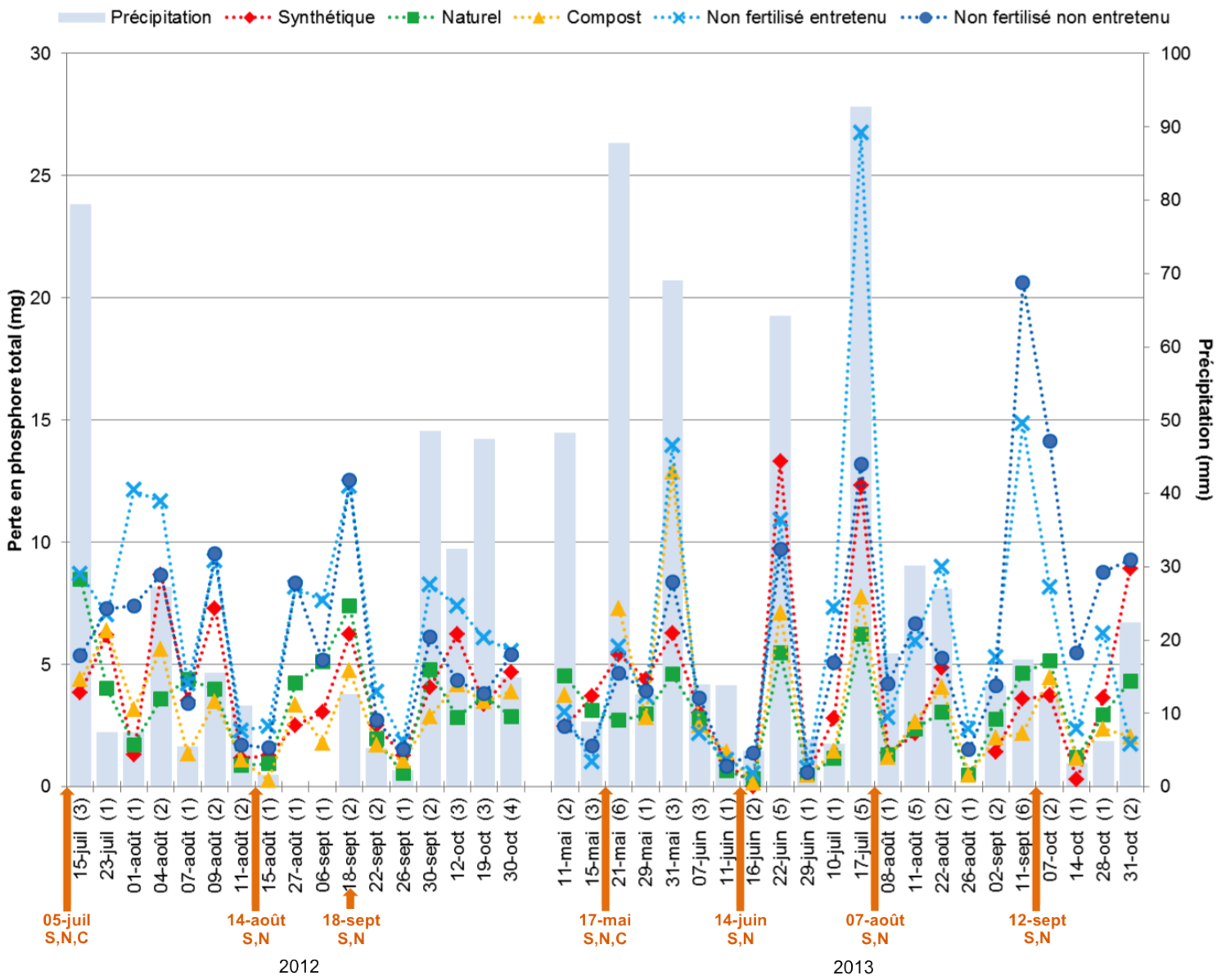

Figure 7
Perte moyenne en phosphore total (en mg) pour les 5 différents traitements et précipitation (en mm) au cours des différents évènements de ruissellement en 2012 et 2013.

Les dates de fertilisation des parcelles sont identifiées avec des flèches oranges, ainsi que les traitements appliqués (engrais Synthétique (S), Naturel (N) et Compost (C)).

Les chiffres entre parenthèses indiquent la durée (en jours) de chaque épisode de ruissellement.

Pour l'azote, une différence significative a été observée pour les pertes sous forme d'ammonium par ruissellement. En effet, les pertes en azote sous forme d'ammonium par évènement de ruissellement étaient significativement plus élevées dans les parcelles non fertilisées comparativement aux parcelles fertilisées (Tableau 4). De plus, une différence significative a été observée entre les parcelles fertilisées avec l'engrais naturel et celles fertilisées avec l'engrais de synthèse, les pertes en ammonium par ruissellement étant significativement plus élevées dans ces dernières.

D'après le graphique des variations temporelles des pertes en azote sous forme d'ammonium par ruissellement (Figure 8), les différences estimées entre les parcelles fertilisées et non fertilisées seraient principalement attribuables à des pics de relâchement en septembre 2013 pour les parcelles non fertilisées, et en octobre 2012 et 2013 pour les parcelles fertilisées à l'engrais de synthèse.

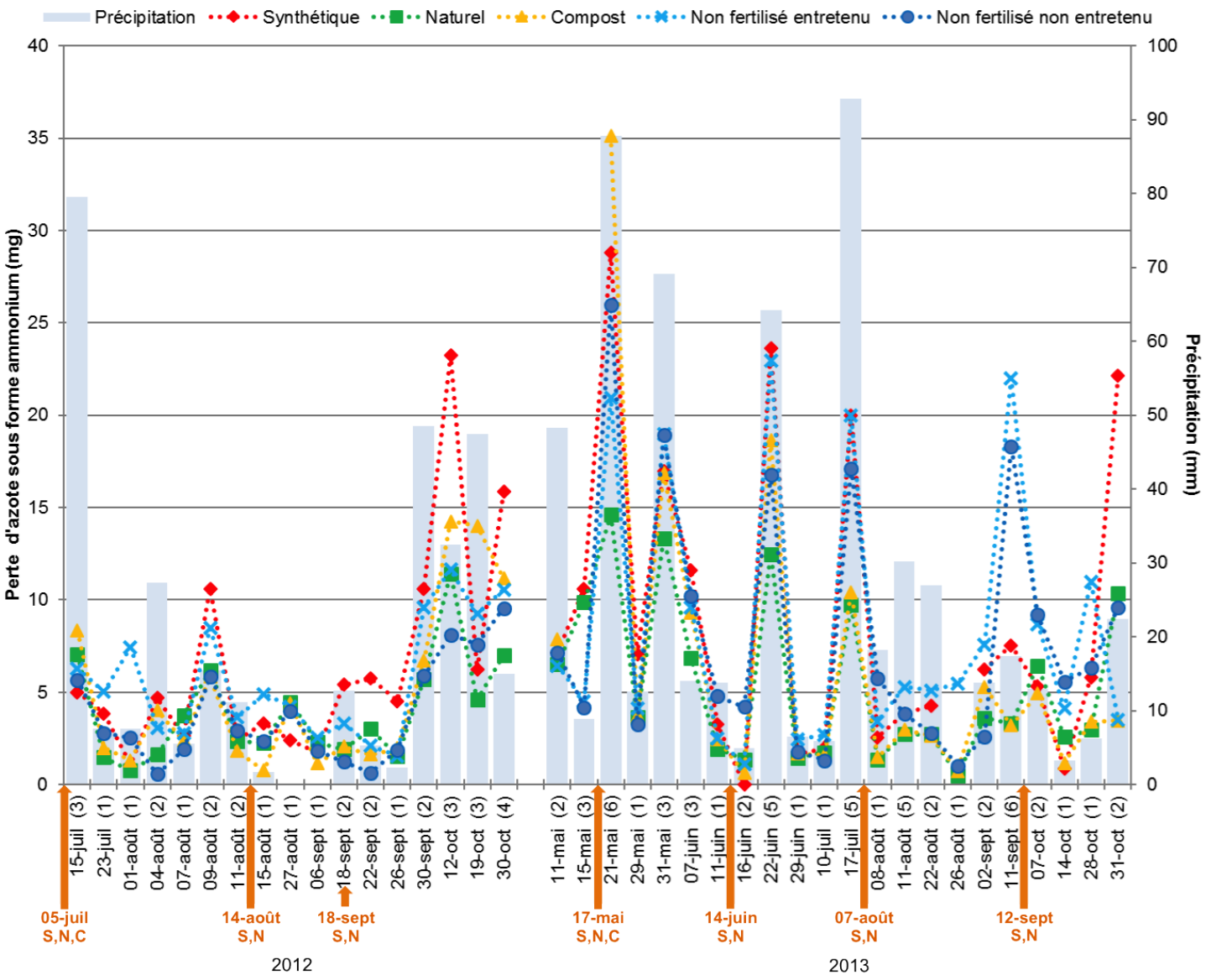

Figure 8
Perte moyenne en azote sous forme d'ammonium (en mg) pour les 5 différents traitements et précipitation (en mm) au cours des différents évènements de ruissellement en 2012 et 2013.

Les dates de fertilisation des parcelles sont identifiées avec des flèches oranges ainsi que les traitements appliqués (engrais Synthétique (S), Naturel (N) et Compost (C)).

Les chiffres entre parenthèses indiquent la durée (en jours) de chaque épisode de ruissellement.

Pertes par lessivage

Volume de lessivage

Les estimés des volumes d'eau perdus par lessivage lors d'évènements de pluie pendant les deux années du projet en fonction des différents traitements sont présentés à la Figure 6. Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les parcelles fertilisées, et non fertilisées (Tableau 3). Les volumes d'eau perdus par lessivage étaient par contre significativement plus élevés dans les parcelles fertilisées avec le compost comparativement aux parcelles fertilisées avec l'engrais de synthèse (Tableau 3).

Pertes en éléments nutritifs par lessivage

Une différence significative entre les traitements a été observée pour les quantités de TDP, DRP, DOP et NO_3-N perdues par lessivage (Tableau 5). Pour le phosphore, aucune différence n'a été observée entre les parcelles fertilisées et celles non fertilisées, mais les pertes en TDP, DRP et DOP étaient significativement plus faibles dans les parcelles non fertilisées entretenues comparativement aux parcelles non fertilisées non entretenues (contraste « Non fertilisé entretenu vs. Non fertilisé non entretenu » significatif, Tableau 5). De plus, les pertes en TDP et DRP par épisode de lessivage étaient significativement moins élevées dans les parcelles fertilisées avec l'engrais (synthèse et naturel) comparativement aux parcelles fertilisées avec le compost (contraste « Engrais vs. Compost » significatif, Tableau 5). Les variations des pertes en phosphore total dissous (TDP) sont présentées à la Figure 9. Pour l'azote, les pertes sous forme de nitrate (NO_3-N) par évènement de lessivage étaient significativement plus élevées dans les parcelles fertilisées que dans celles non fertilisées. Cependant, les pertes totales estimées selon l'approche du « pire scénario » dans les parcelles fertilisées ne représentaient que 5 % de l'azote apporté par les engrais. Les parcelles non fertilisées ont aussi perdu de l'azote par lessivage; cette quantité correspondait à environ 2 % de l'azote appliqué sur les parcelles fertilisées. Aucune différence significative n'a été observée entre les différentes sources de matières fertilisantes (contraste « Engrais vs. Compost » et « Engrais synthétique vs. Engrais naturels » non significatifs, Tableau 5). L'examen des variations des pertes en NO_3-N pendant la durée du projet (Figure 10) suggère que trois évènements, soit le 11 mai, le 21 mai et le 31 octobre 2013, seraient responsables d'une grande partie des pertes en azote dans l'eau de lessivage.

Tableau 5. ***Résultats des analyses de variance à mesures répétées testant l'effet des traitements (avec contrastes orthogonaux en cas de significativité) sur les pertes des différents éléments nutritifs par épisode de lessivage en 2012 et 2013.***

Variable mesurée	**Source de variation**	**Ddl num.**	**Ddl dénom.**	**F**	**P**	Contraste	Dd dénom.	t	P
TDP	**Traitement**	**4**	**54**	**4,69**	**0,003**	Fertilisé vs. non fertilisé	53	0,87	0,386
	Ruissellement (Année)	**22**	**184**	**17,22**	**<0,0001**	**Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu**	**54**	**3,13**	**0,003**
						Engrais vs. compost	**52**	**2,60**	**0,012**
						Engrais synthétique vs. engrais naturel	57	-0,80	0,424
DRP	**Traitement**	**4**	**53**	**4,27**	**0,005**	Fertilisé vs. non fertilisé	53	0,57	0,573
	Ruissellement (Année)	**22**	**184**	**18,12**	**<0,0001**	**Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu**	**53**	**2,78**	**0,007**
						Engrais vs. compost	**51**	**2,67**	**0,010**
						Engrais synthétique vs. engrais naturel	56	-1,09	0,275
DOP	**Traitement**	**4**	**99**	**5,68**	**0,0004**	Fertilisé vs. non fertilisé	98	1,12	0,267
	Ruissellement (Année)	**22**	**190**	**6,63**	**<0,0001**	**Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu**	**97**	**4,07**	**<0,0001**
						Engrais vs. compost	99	1,61	0,112
						Engrais synthétique vs. engrais naturel	104	1,44	0,153
NH_4-N	Traitement	4	70	1,92	0,12				
	Ruissellement (Année)	**22**	**185**	**19,24**	**<0,0001**				
NO_3-N	**Traitement**	**4**	**54**	**17,71**	**<0,0001**	**Fertilisé vs. non fertilisé**	**54**	**-8,22**	**<0,0001**
	Ruissellement (Année)	**22**	**184**	**13,78**	**<0,0001**	Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu	54	-0,70	0,490
						Engrais vs. compost	52	-1,20	0,236
						Engrais synthétique vs. engrais naturel	57	-0,85	0,399

Seuil de significativité = 1 %

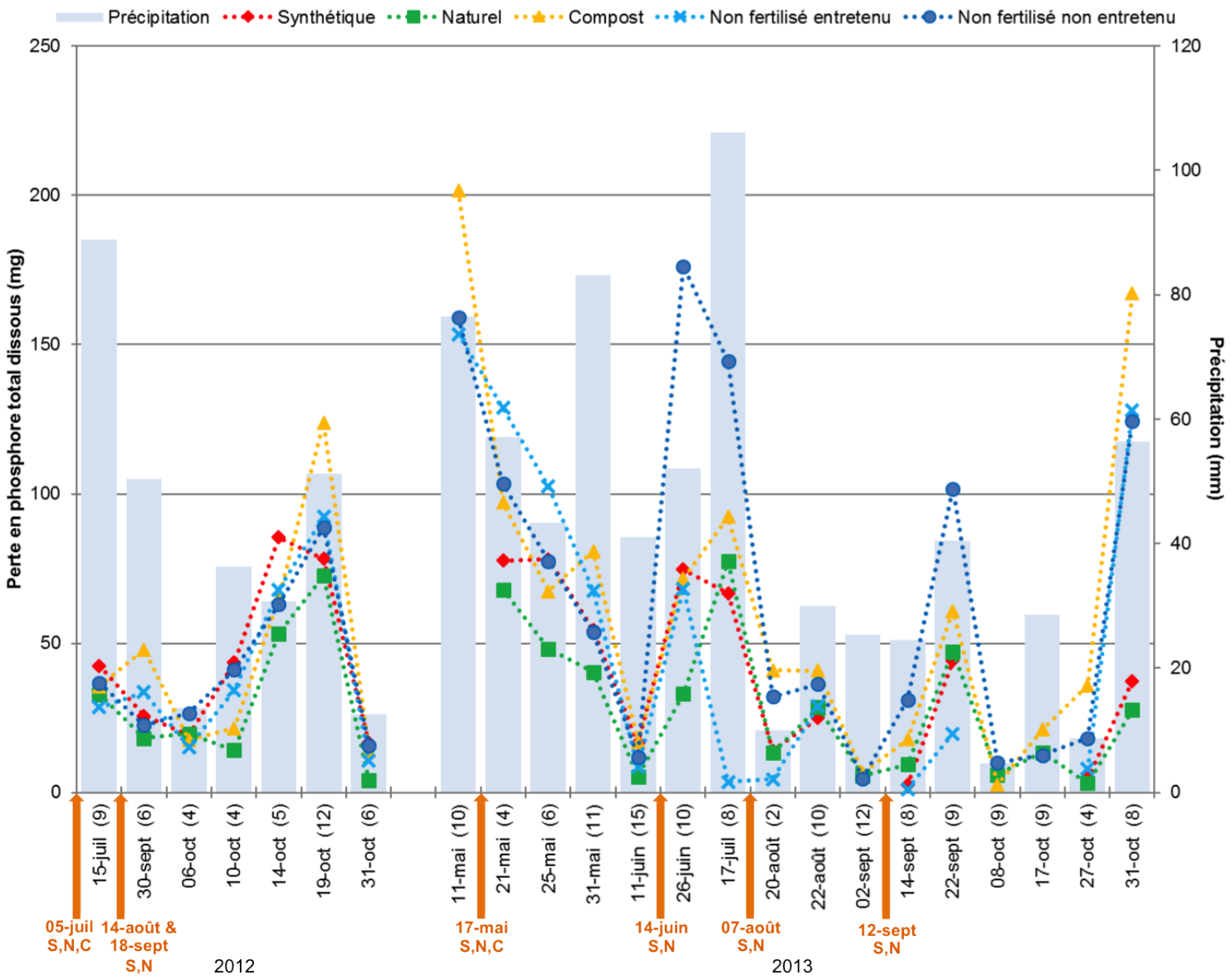

Figure 9
Perte moyenne en phosphore total dissous (en mg) pour les 5 différents traitements et précipitation (en mm) au cours des différents évènements de lessivage en 2012 et 2013.

Les dates de fertilisation des parcelles sont identifiées avec des flèches oranges, ainsi que les traitements appliqués (engrais Synthétique (S), Naturel (N) et Compost (C)).

Les chiffres entre parenthèses indiquent la durée (en jours) de chaque épisode de lessivage.

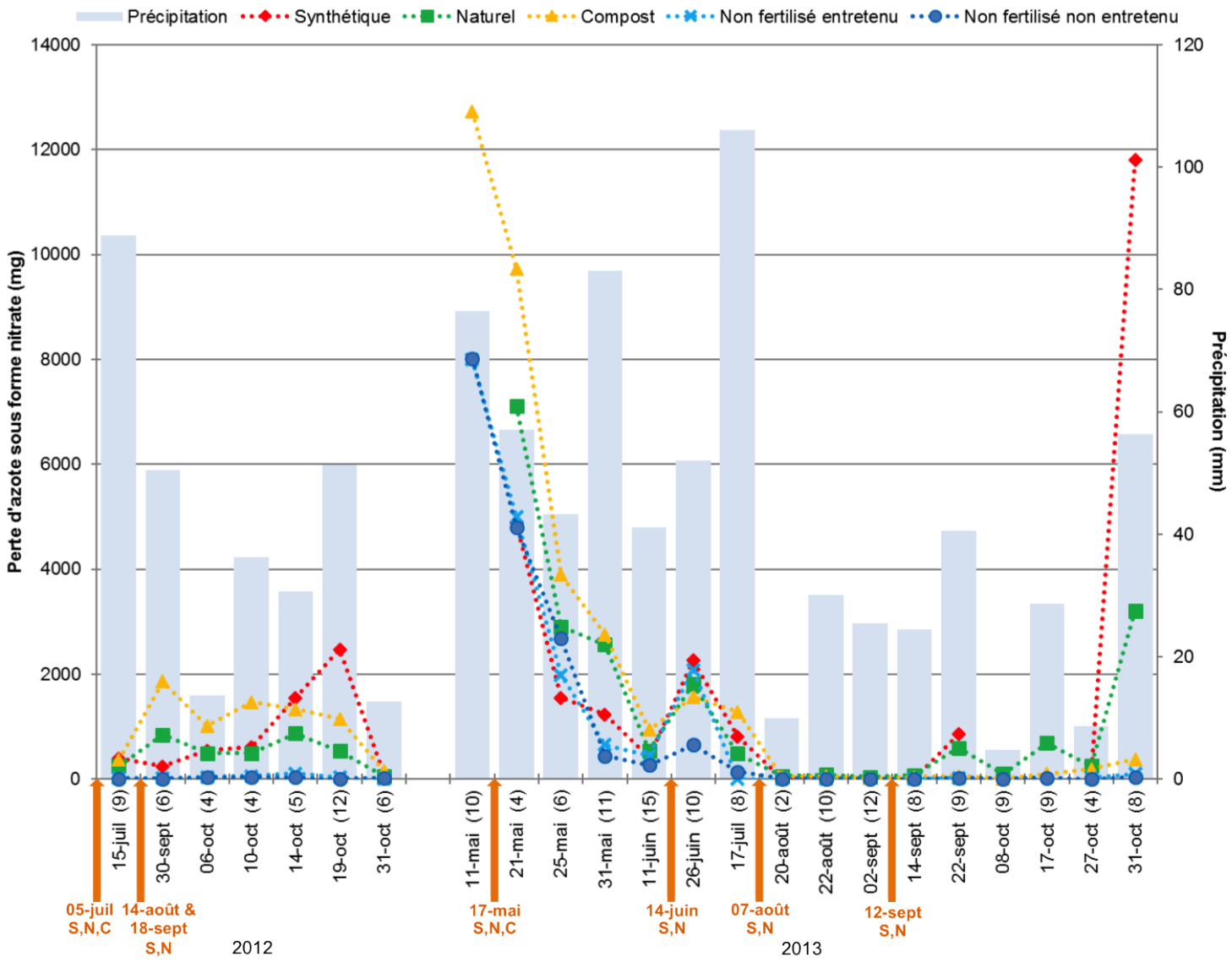

Figure 10
Perte moyenne en azote sous forme nitrate (en mg) pour les 5 différents traitements et précipitation (en mm) au cours des différents épisodes de lessivage en 2012 et 2013.

Les dates de fertilisation des parcelles sont identifiées avec des flèches oranges ainsi que les traitements appliqués (engrais Synthétique (S), Naturel (N) et Compost (C)).

Les chiffres entre parenthèses indiquent la durée (en jours) de chaque épisode de lessivage.

Teneur en eau du sol

Les variations de la teneur en eau volumique du sol (humidité relative) en fonction des traitements pendant les deux années du projet sont présentées à la Figure 11. Un effet significatif de l'année et de l'interaction Traitement x Année a été mesuré pour la teneur en eau du sol (Tableau 6). En 2012, le sol sous les parcelles fertilisées avait une teneur en eau significativement plus élevée que le sol sous les parcelles non-fertilisées (contraste Fertilisé vs. Non fertilisé, Tableau 6) alors qu'en 2013, c'est l'inverse qui a été observé. Les différences mesurées étaient toutefois plus faibles en 2013 qu'en 2012 (Tableau 6, Figure 11). Aucune différence d'humidité relative n'a été observée entre les différentes profondeurs (P>0.05).

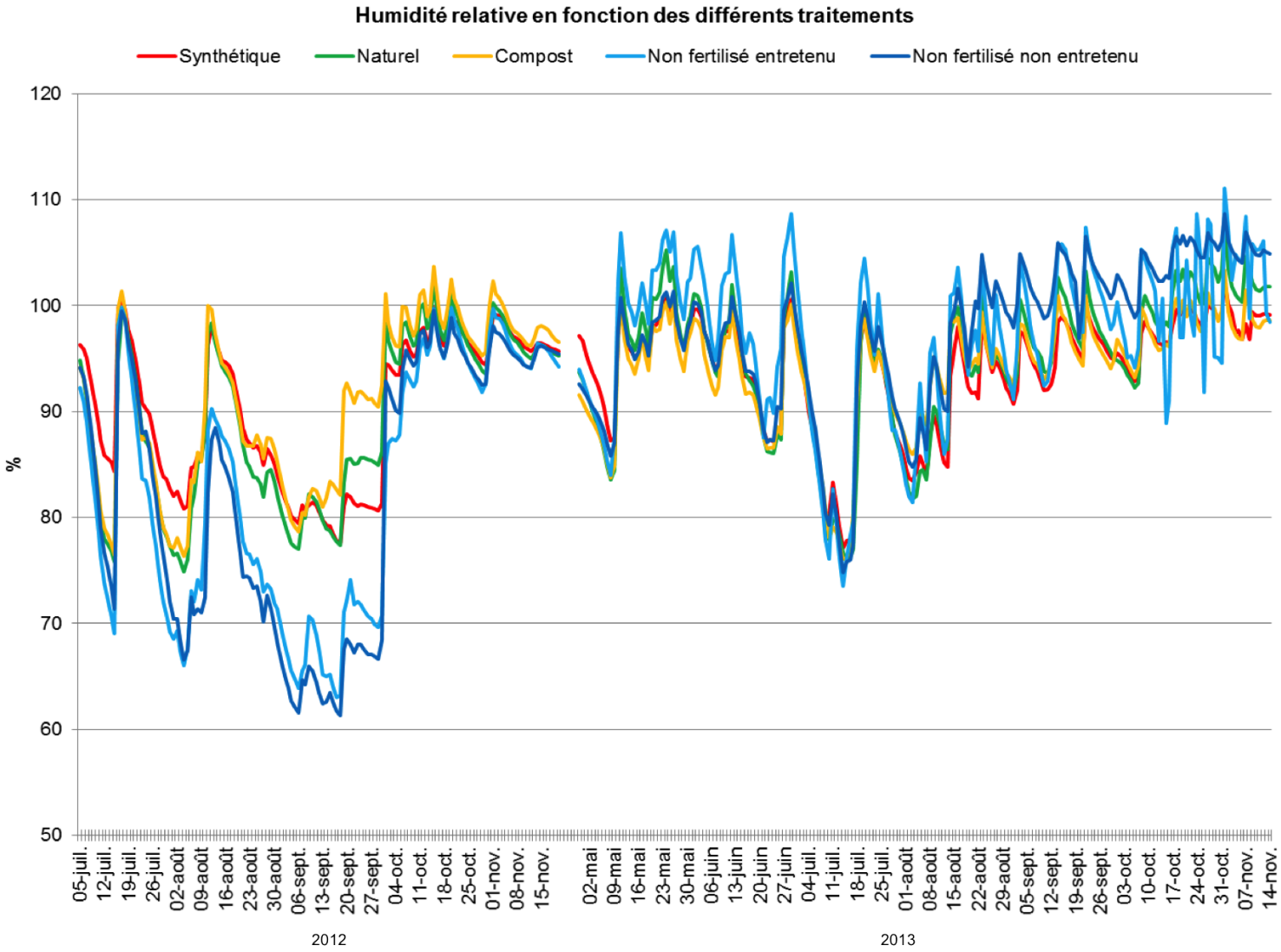

Figure 11
Teneur en eau volumique du sol (en % de la capacité au champ) pendant les deux années du projet. Les valeurs représentent la moyenne estimée des sondes aux trois profondeurs (10, 20 et 30 cm).

Tableau 6. ***Résultats des analyses de variance à mesures répétées testant l'effet des « traitements » (avec contrastes orthogonaux en cas de significativité) et de l' « année » sur la teneur en eau volumique du sol pour les années 2012 et 2013.***

Source de variation	Ddl num.	Ddl dénom.	F	P
Traitement	4	230	0,56	0,69
Année	**1**	**230**	**48,36**	**<0,0001**
Profondeur	2	230	0,49	0,61
Traitement x Année	**4**	**230**	**4,37**	**0,002**
Traitement x Profondeur	8	230	1,77	0,08
Année x Profondeur	2	230	0,20	0,82
Traitement x Année x Profondeur	8	230	0,98	0,45

	2012			2013		
Contrastes	Ddl dénom.	t	P	Ddl Dénom.	t	P
Fertilisé vs. non fertlisé	**234**	**-3,97**	**0,0003**	**225**	**2,02**	**0,04**
Non fertilisé entretenu vs. non fertilisé non entretenu	234	-0,02	0,98	227	0,59	0,56
Engrais vs. compost	234	0,52	0,60	223	-0,17	0,86
Engrais synthétique vs. engrais naturel	234	-,031	0,76	223	0,55	0,58

Seuil de significativité = 5 %

Discussion

Ce projet visait à comparer les pertes en azote et en phosphore par lessivage et ruissellement selon différentes régies de fertilisation de la pelouse. Peu de différences significatives ont été observées entre les différentes régies d'entretien de pelouse (engrais de synthèse, engrais naturel et compost), mais le fait de fertiliser ou non la pelouse a influencé de façon significative les pertes en azote et en phosphore par lessivage et ruissellement.

De manière générale, nos résultats démontrent que les pertes en phosphore total lors d'un évènement de ruissellement sont moins élevées lorsque la pelouse est fertilisée comparativement à si elle ne l'est pas. Cette réduction des pertes s'explique notamment par une réduction du volume de ruissellement dans les parcelles fertilisées. Nos résultats sont comparables à ceux d'autres études rapportant une diminution des pertes en phosphore par ruissellement dans une pelouse fertilisée comparativement à une pelouse non fertilisée [3,4,10].

Les pertes en azote sous forme ammoniacale (NH_4-N) par ruissellement ont également été moins élevées dans les parcelles fertilisées que dans les parcelles non fertilisées. Pour les parcelles fertilisées, les pertes en NH_4-N étaient plus élevées dans les parcelles fertilisées avec l'engrais de synthèse comparé à celles fertilisées avec l'engrais naturel. Cette différence pourrait s'expliquer par la vitesse de relâchement de l'azote, plus rapide dans le cas de l'engrais synthétique. Avant de pouvoir être absorbés par les plantes, ces deux types d'engrais doivent être dégradés par les microorganismes du sol, qui relâchent alors l'azote de l'engrais sous forme d'ion ammonium (NH_4^+). L'engrais de synthèse utilisé contient au moins 50 % d'azote à dégagement rapide, sous forme d'urée, alors que l'engrais naturel contient 80 % d'azote à dégagement lent, sous forme de composés organiques. Puisqu'une plus grande portion de l'azote est relâchée rapidement avec l'engrais de synthèse, on peut supposer qu'une plus grande quantité d'ions ammonium se retrouve dans le sol et à sa surface en peu de temps, et ne peut être absorbée par les plantes, ce qui augmente les risques de pertes par ruissellement.

La composition végétale, qui diffère entre les parcelles fertilisées et non fertilisées, est probablement un des facteurs pouvant expliquer les différences observées pour le volume de ruissellement, et donc les pertes en éléments nutritifs. En effet, en l'absence d'entretien et de fertilisation, les parcelles non fertilisées ont été envahies par plusieurs mauvaises herbes, et sont constituées d'un mélange de graminées et d'espèces indésirables à feuilles larges résultant en une plus faible densité de plantes, comparativement aux parcelles fertilisées constituées en très grande majorité de pâturin du Kentucky. Si d'autres études ont démontré qu'une pelouse dense permet de réduire le ruissellement par rapport à une pelouse clairsemée, en ralentissant le mou-

vement de l'eau et en forçant son infiltration dans le sol[3], très peu ont comparé les pertes par ruissellement entre une pelouse formée majoritairement de graminées et d'autres types de couvre-sol. Dans une étude réalisée au Wisconsin, les pertes moyennes en P provenant de parcelles de pelouses (pâturin du Kentucky) fertilisées étaient de 12 % inférieures à celles provenant des prairies constituées d'un mélange de graminées et d'herbacées, non fertilisées. Cependant, cette différence n'était pas statistiquement différente[11]. Il serait intéressant de faire d'autres recherches sur le sujet, par exemple en comparant les pertes par ruissellement de pelouses composées uniquement de graminées à gazon à celles de pelouses contenant différentes proportions d'espèces à feuilles larges, par exemple le trèfle blanc *(Trifolium repens L.*) ou le thym serpolet (*Thymus serpyllum L.*) et ce, sous une régie de fertilisation identique.

Aucune différence significative dans les pertes en azote et en phosphore par ruissellement n'a été observée entre les différentes régies de fertilisation de la pelouse, soit celles basées sur les pratiques actuelles des entreprises en entretien d'espaces verts (plusieurs applications annuelles d'engrais de synthèse ou d'engrais naturel) et celles basées sur un règlement municipal (une seule application annuelle de compost). Cependant, l'application de ce compost résulte en un apport plus important en phosphore (2,5 fois plus qu'avec l'engrais de synthèse), ce qui pourrait éventuellement mener à une augmentation de la teneur du sol en phosphore, et ainsi accroître le risque de pertes[12].

Des pertes plus élevées en phosphore (TDP et en DRP) par lessivage ont été observées dans les parcelles fertilisées avec le compost comparativement aux parcelles fertilisées avec l'engrais. Ces pertes supérieures seraient vraisemblablement dues, en partie, au volume de lessivage plus important mesuré dans ces parcelles. Il est possible que l'application de compost ait augmenté l'infiltration de l'eau dans le sol, un phénomène généralement souhaitable en milieu urbain. Cependant, les pertes (volume et quantités) que nous avons mesurées sont représentatives d'une épaisseur de sol de 50 cm (profondeur du drain dans les parcelles), et il est donc probable qu'elles auraient été plus faibles dans un sol plus profond.

Nos résultats montrent des pertes d'azote sous forme de nitrate plus élevées dans les parcelles fertilisées par rapport aux parcelles non fertilisées lors des épisodes de lessivage. Cette observation n'est pas vraiment surprenante car cette forme d'azote présente dans l'engrais est très mobile dans le sol, et très sujette à la perte par lessivage[13]. Nous avons d'ailleurs pu observer une augmentation des pertes en NO_3-N dans les semaines suivant 5 des 7 applications de fertilisants effectuées pendant ce projet. Cependant, pour deux de ces évènements (21 mai et 26 juin 2013), les pertes en NO_3-N ont aussi augmenté dans les parcelles non fertilisées suggérant que d'autres facteurs extrinsèques à l'application de fertilisants sont responsables des pertes en nitrate observées.

On peut attribuer une grande partie des pertes en NO_3-N pour les parcelles fertilisées à trois évènements de lessivage bien définis. Deux de ces évènements ont été observés en mai 2013, alors que les pertes en NO_3-N étaient particulièrement élevées pour le traitement compost. La particularité de ces évènements est qu'ils ont été mesurés avant, et juste après la première fertilisation printanière de 2013, ce qui suggère que les pertes observées proviendraient du compost appliqué l'année précédente. Les conditions d'humidité et de température pourraient avoir provoqué la minéralisation d'une portion de ce compost tôt au printemps, ce qui aurait pu avoir pour conséquence un relâchement d'une quantité d'azote trop importante pour être absorbée par les plantes, et provoquer les pertes observées. D'ailleurs, un pic similaire a aussi été observé pour les pertes en phosphore dissous total (TDP) par lessivage lors de ce même évènement. Le troisième évènement est survenu à la fin du mois d'octobre 2013, alors qu'une grande quantité de NO_3-N a été perdue par lessivage dans les parcelles fertilisées avec l'engrais de synthèse (pertes observées dans une parcelle en particulier), et dans une moindre mesure, dans celles fertilisées avec l'engrais naturel. Il est possible qu'une partie de l'azote apporté par les engrais lors de la fertilisation précédente, qui a eu lieu le 12 septembre, n'était pas encore complètement relâchée puisque ces engrais ont une période de dégradation qui peut aller jusqu'à 8 semaines. De plus, les températures dans les jours précédents sont descendues sous le point de congélation (données non présentées), ce qui a probablement causé un ralentissement du métabolisme des plantes et la diminution de leur capacité d'absorption des éléments nutritifs. La combinaison de ces deux phénomènes pourrait être responsable de l'augmentation subite des pertes en NO_3-N observée lors de cet épisode de lessivage. Si ce phénomène est observé à nouveau dans les prochaines années, l'utilisation d'engrais qui se dégagent sur une période un peu plus courte pourrait être envisagée pour la dernière fertilisation annuelle afin d'éviter le relâchement tardif d'azote à la fin de l'automne.

Enfin, malgré l'augmentation significative des pertes en azote sous forme nitrate par lessivage dans les parcelles fertilisées, ces pertes restent faibles comparativement aux quantités appliquées. En effet, avec l'approche du « pire scénario », les pertes totales en azote sous forme nitrate par lessivage représentaient 5 % de l'azote apporté par les engrais dans le cas des parcelles fertilisées. Les pertes en azote sous forme nitrate observées dans les parcelles non fertilisées, équivalentes à 2 % de l'azote appliqué par les engrais sur les parcelles fertilisées, ont possiblement été causées par les processus de minéralisation de la matière organique et de fixation d'azote par le trèfle. Les pertes en nitrate par épisode de lessivage ont généralement été inférieures à 2000 mg par parcelle, soit moins de 0,3 % de la quantité totale d'azote appliquée dans l'année sur la parcelle. Même lors du pic de pertes en nitrate en mai 2013 (parcelles fertilisées au compost) et le 31 octobre 2013 (parcelles fertilisées à l'engrais synthétique), les pertes en nitrate moyen par épisode de lessivage étaient inférieures à 2 % de la quantité totale appliquée annuellement.

Le dispositif et les équipements utilisés ne nous permettent pas de mesurer les pertes totales annuelles en éléments nutritifs. En effet, des pertes peuvent survenir pendant l'hiver et lors de la fonte des neiges, alors que les équipements de mesure ne sont pas installés et que les parcelles sont inaccessibles. Quelques études menées dans le Midwest américain ont démontré que la majorité du ruissellement se produit sur un sol gelé et pendant la fonte des neiges[4,11]. Ce ruissellement peut s'accompagner de pertes en phosphore, notamment celui présent dans la biomasse[11]. Cependant, mesurer ces pertes sous le climat québécois demanderait des investissements considérables, notamment pour construire des abris chauffés pour les équipements de récolte d'eau.

Le fait de fertiliser ou non la pelouse a influencé la teneur en eau volumique du sol, mais de manière différente entre 2012 et 2013. Il est possible que la composition végétale des parcelles (graminées vs mélange graminées et feuilles larges) et les conditions environnementales aient eu une influence plus importante que l'application d'engrais sur l'humidité du sol. En effet, la capacité des plantes à absorber l'eau du sol et à la transpirer dépend de plusieurs facteurs intrinsèques tels que leur morphologie racinaire et leur surface foliaire, mais aussi de facteurs extrinsèques tels que la température de l'air, qui influencent notamment l'ouverture et la fermeture des stomates. Les deux années à l'étude ayant été très différentes quant aux conditions météorologiques, il est difficile d'interpréter les résultats de façon plus poussée.

Conclusion

Ce projet est le premier à quantifier l'impact de la fertilisation de la pelouse sur les pertes en éléments nutritifs par lessivage et par ruissellement sous le climat québécois. Il est aussi le premier à mesurer l'efficacité de certaines règlementations municipales qui interdisent ou restreignent la fertilisation de la pelouse sur les pertes en éléments nutritifs de la pelouse. Les résultats des deux premières années du projet nous indiquent qu'une pelouse fertilisée diminue le volume de ruissellement et réduit les pertes en phosphore de façon importante par rapport à une pelouse non fertilisée. Par ailleurs, les pertes en azote provenant de la pelouse fertilisée restent relativement faibles, et pourraient sans doute être diminuées davantage par la modification de certaines pratiques par les entreprises offrant des services d'entretien des espaces verts, ou par les citoyens qui effectuent eux-mêmes leur fertilisation. Enfin, nos résultats démontrent que les municipalités qui adoptent des règlements interdisant complètement la fertilisation des pelouses pourraient obtenir un résultat contraire aux objectifs qu'elles visent, soit une augmentation des pertes en éléments nutritifs en circulation plutôt qu'une réduction de celles-ci.

Les résultats présentés dans ce rapport sont tirés de la phase 1 du projet, qui s'étendait de 2011 à 2013. Avec le renouvellement du financement pour le projet, celui-ci se poursuivra jusqu'en 2018, ce qui nous permettra d'observer à plus long terme l'impact des pratiques de fertilisation et d'entretien de la pelouse sur les pertes en éléments nutritifs.

Bibliographie

1. *Gervais, A. La réglementation municipale quant à l'utilisation de fertilisants : perspectives pour la ville de Sherbrooke. (Université de Sherbrooke., 2012).*

2. *Grégoire, G. Incidence environnementale de la fertilisation des pelouses sur les cours d'eau | Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec | FIHOQ. 13 (2011). at <http://www.fihoq.qc.ca/medias/Revue%20 Fertilisant%20Fina.pdf>*

3. *Soldat, D. J. & Petrovic, A. M. The Fate and Transport of Phosphorus in Turfgrass Ecosystems. Crop Sci. 48, 2051–2065 (2008).*

4. *Bierman, P. M., Horgan, B. P., Rosen, C. J., Hollman, A. B. & Pagliari, P. H. Phosphorus Runoff from Turfgrass as Affected by Phosphorus Fertilization and Clipping Management. J. Environ. Qual. 39, 282–292 (2009).*

5. *Rowland, A. & Haygarth, P. Determination of total dissolved phosphorus in soil solutions. J. Environ. Qual. 26, 410–415 (1997).*

6. *Murphy, J. & Riley, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta 27, 31–36 (1962).*

7. *Nkonge, C. & Ballance, G. M. A sensitive colorimetric procedure for nitrogen determination in micro-Kjeldahl digests. J. Agric. Food Chem. 30, 416–420 (1982).*

8. *Grégoire, T. G., Schabenberger, O. & Barrett, J. P. Linear modelling of ir regularly spaced, unbalanced, longitudinal data from permanent-plot measurements. Can. J. For. Res. 25, 137–156 (1995).*

9. *Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. WH Freeman Co San Franc. SokalBiometry Princ. Pract. Stat. Biol. Res. (1995).*

10. *Easton, Z. M. & Petrovic, A. M. Fertilizer Source Effect on Ground and Surface Water Quality in Drainage from Turfgrass. J. Environ. Qual. 33, 645–655 (2004).*

11. *Steinke, K., Kussow, W. R. & Stier, J. C. Potential Contributions of Mature Prairie and Turfgrass to Phosphorus in Urban Runoff. J. Environ. Qual. 42, 1176 (2013).*

12. *Soldat, D. J. & Martin Petrovic, A. Soil Phosphorus Levels and Stratification as Affected by Fertilizer and Compost Applications. Appl. Turfgrass Sci. 4, (2007).*

13. *Petrovic, A. M. The Fate of Nitrogenous Fertilizers Applied to Turfgrass. J. Environ. Qual. 19, 1–14 (1990).*