



HAL
open science

Dynamique des eaux de drainage d'une pelouse sportive de haut niveau : exemple de la pelouse du stade du Moustoir à Lorient

Quentin Brunot

► To cite this version:

Quentin Brunot. Dynamique des eaux de drainage d'une pelouse sportive de haut niveau : exemple de la pelouse du stade du Moustoir à Lorient. Sciences agricoles. 2016. dumas-01373680

HAL Id: dumas-01373680

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01373680>

Submitted on 29 Sep 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Année universitaire : 2015 - 2016

Spécialité :

PAYSAGE

Spécialisation (et option éventuelle) :

Maîtrise d'Œuvre et Ingénierie

Mémoire de fin d'études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

DYNAMIQUES DES EAUX DE DRAINAGE D'UNE PELOUSE SPORTIVE DE HAUT NIVEAU : EXEMPLE DE LA PELOUSE DU STADE DU MOUSTOIR A LORIENT

Par : Quentin BRUNOT



Soutenu à Angers le lundi 05 septembre 2016

Devant le jury composé de :

Président : M. Christophe MIGEON

Maître de stage : M. Patrice THERRE

Enseignant référent : M. Pierre-Emmanuel BOURNET

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

REMERCIEMENTS

Je commencerai par remercier l'ensemble de l'équipe de Novarea et son directeur, Patrice Therre pour m'avoir accueilli dans leur établissement cette année et il y a deux ans. A toutes les personnes du bureau, merci pour l'accueil que vous m'avez réservé, pour vos conseils, pour les moments passés au bureau ou sur site toujours très agréables et merci d'avoir pris le temps de répondre à mes nombreuses questions.

Des remerciements à Pierre-Emmanuel Bournet, mon tuteur d'Agrocampus Ouest, qui a été très réactif à toutes mes sollicitations et qui m'a donné de nombreux conseils.

Je remercie également toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont participé à l'élaboration de ce mémoire et qui ont rendu cette expérience particulièrement enrichissante.

Merci à ma Maman pour avoir eu la gentillesse et le courage de relire mon mémoire et de m'avoir apporté de nombreux conseils littéraires.

Je remercie tous mes amis de Lyon et d'ailleurs pour leur amitié, leur soutien et surtout les moments passés ensemble qui nous rapprochent toujours un peu plus et nous font avancer.

Je remercie aussi très affectueusement Adeline pour ses encouragements et son aide à toute épreuve.

Enfin, je tiens à remercier chaleureusement mes parents, grands-parents, mon frère et ma sœur pour le soutien inconditionnel dont ils ont fait preuve durant toutes mes années d'étude et bien avant !

Merci à tous.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	
LISTE DES ABREVIATIONS.....	
GLOSSAIRE.....	
INTRODUCTION.....	
PARTIE 1 : RISQUE DE TRANFERTS D'INTRANTS DANS LE DRAINAGE DES PELOUSES SPORTIVES DE HAUT NIVEAU : APPORT ET PERTINENCE D'UNE ETUDE³	
1.1 La maintenance des pelouses sportives de haut niveau : une gestion aboutissant à une surface particulièrement sensible aux transferts d'intrants dans les eaux de drainage et ruissellement	3
1.1.1 Constitution générale des pelouses sportives	3
1.1.2 Des enjeux de maintenance avec une importance croissante.....	5
1.1.3 Les opérations mécaniques : un profil de sol favorable aux transferts d'intrants ...	5
1.1.3a Le lessivage du sol : décompactage, piquage et carottage	5
1.1.3b Non rétention des intrants en surface du gazon : le défeutrage.....	6
1.1.4 Les opérations d'apports d'intrants : importance des quantités apportées	6
1.1.4a Fertilisation	6
1.1.4b Activateur de croissance	7
1.1.4c Traitement phytosanitaire et désherbage sélectif	7
1.1.5 Arrosage régulier des pelouses	7
1.1.6 Prise en compte environnementale sur les terrains de sports	8
1.2 Les transferts d'intrants dans les eaux de drainage : état de la recherche scientifique	9
1.2.1 Les phénomènes impliqués : ruissellement et lessivage.....	9
1.2.2 Impacts environnementaux des transferts d'intrants	9
1.2.3 Les principaux risques de transfert	10
1.2.3a Transfert de pesticides.....	10
1.2.3b Transfert de nitrates.....	11
1.2.3c Transfert de phosphates	12
1.2.3d Transfert de potassium	13
1.2.3e Systèmes et méthodologies d'études employés.....	13
1.3 La qualité générale des eaux : réglementation et axes de travail	15
1.4 Positionnement d'une étude	16
1.5 Hypothèses de travail	17

PARTIE 2 : ELABORATION D'UN PROTOCOLE D'ETUDE SUR LE STADE DU MOUSTOIR A LORIENT	18
2.1 Une opportunité de mise en place d'une étude à Lorient sur le stade du Moustoir	18
2.1.1 Contexte du projet	18
2.1.2 Une opportunité technique : la récupération des eaux de drainage.....	18
2.1.3 Les acteurs et motivations du projet.....	19
2.1.3a La ville de Lorient : une collectivité « verte »	19
2.1.3b Novarea : un laboratoire de contrôle impliqué	19
2.1.4 Principe général de l'étude.....	19
2.2 Chronologie et phasage de l'étude	20
2.2.1 Etude préliminaire des eaux de drainages	20
2.2.2 Etude sur le long terme des eaux de drainage : système d'étude technique	21
2.3. Caractérisation des eaux de drainage	22
2.3.1 Débits	22
2.3.2 Pesticides, Nitrates et Phosphates.....	22
2.3.3 pH, température et conductivité	23
2.4 Données météorologiques	23
2.5 Donnée de maintenance	24
2.6 Données propre au système d'étude : influence de la case lysimétrique	24
2.7 Bilan sur les l'acquisition des données	26
2.8 Préparation de l'étude lors du chantier	26
2.8.1 Pose du géocomposite sur le fond de forme	26
2.8.2 Réalisation du collecteur périphérique	27
2.8.3 Pose du regard expérimental	27
2.8.4 Connection avec le local technique sous la tribune.....	27
2.9 Revue critique du protocole	28
2.9.1 Une étude pratique à grande échelle	28
2.9.2 Un système d'analyse bien particulier	28
2.9.3 Risques et limites envisagées.....	29
PARTIE 3 : LANCEMENT ET EXPLOITATION DE L'ETUDE	30
3.1 Lancement et renforcement de l'étude	30
3.1.1 Recherche de partenaires financiers.....	30
3.1.2 Recherche de partenaires techniques.....	31
3.1.3 Relation entre les différents acteurs : question de la propriété intellectuelle.....	31

3.2 Calendrier prévisionnel de l'étude	32
3.3 Traitement et exploitation des données.....	33
3.3.1 Stockage et méthodologie de traitement	33
3.3.2 Guide à exploitation des données collectées	34
3.4 Utilisation des résultats post traitement : suite et valorisation de l'étude	34
3.4.1 Impact environnemental.....	34
3.4.1a Le recyclage des eaux polluées	34
3.4.1b Le plan Ecophyto II vu sous un autre angle : dépollution des eaux	36
3.4.2 Amélioration des techniques de maintenance	36
3.5 Communication et diffusion	37
3.6 Elargissement de l'étude : valorisation du système mis en place	37
CONCLUSION	38
BIBLIOGRAPHIE.....	39
SITOGRAFIE	42
ANNEXES.....	47
ANNEXE I : Résumés des articles scientifiques cités	47
ANNEXE II : Fiches techniques du matériel installé ou envisagé pour l'étude	57
ANNEXE III : Détail technique du regard installé	61
ANNEXE IV : Tableau de l'ensemble des paramètres étudiés.....	62
ANNEXE V : Journal photographique du chantier.....	63
ANNEXE VI : Bilan de la journée d'information du programme LIFE	78
ANNEXE VII : Standards de qualité des eaux pour l'irrigation de pelouse	80

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des systèmes d'analyses employés dans les études (auteur : Quentin BRUNOT)	14
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des réglementations en lien avec l'étude (auteur : Quentin BRUNOT)	15
Tableau 3 : Résultats du lessivage des profils de sol utilisés sur le terrain en gazon naturel et la bordure en gazon synthétique (auteur : Quentin BRUNOT)	25
Tableau 4 : Chiffrage du coût de l'étude sur deux ans (auteur : Quentin BRUNOT)	30
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des programmes de financement étudiés (auteur : Quentin BRUNOT)	31
Tableau 6 : Planning prévisionnel de l'étude de 2016 à 2018 (auteur : Quentin BRUNOT)	32
Tableau 7 : Comparaison de l'influence des paramètres étudiés (auteur : Quentin BRUNOT)	34
Tableau 8 : Comparaison des seuils réglementaires de qualité des eaux (auteur : Quentin BRUNOT)	34
Tableau 9 : Comparaison des systèmes de dépollution des eaux (auteur : Quentin BRUNOT)	35
Figure 1 : Composition générale d'un terrain de grands jeux gazonnés : 3 schémas inspirés de la norme NF P90 113 montrant différents types de drainage (auteur : Quentin BRUNOT) 3	
Figure 2 : Photo de la couche de jeu : substrat AirFibr® avec légère épaisseur de feutre (auteur : Quentin BRUNOT)	4
Figure 3 : Schéma du principe de transformation de la pelouse du stade du Moustoir (auteur : Quentin BRUNOT)	18
Figure 4 : Principe général de l'étude : récupération des eaux de lessivage et ruissellement (auteur : Quentin BRUNOT)	20
Figure 5 : Schéma du système d'étude final des eaux de drainage envisagé (auteur : Quentin BRUNOT)	21
Figure 6 : Etude de la conductivité des eaux de lessivage de colonnes expérimentales en laboratoire (auteur : Quentin BRUNOT)	25
Figure 7 : Fonctionnement général de mesure et d'acquisition de données sur le terrain (auteur : Quentin BRUNOT)	26
Figure 8 : Mise en place du géocomposite le 25/05/2016, Lorient (auteur : Quentin BRUNOT)	26
Figure 9 : Réalisation du collecteur périphérique le 25/05/2016, Lorient (auteur : Quentin B.)	27
Figure 10 : Emplacement du regard expérimental le 21/06/2016, Lorient (auteur : Quentin B.)	27
Figure 11 : Connection regard expérimental avec le local technique le 12/07/2016, Lorient le 25/05/2016, Lorient (auteur : Quentin B.)	27

LISTE DES ABREVIATIONS

FFF : Fédération Française de Football

FIFA : Fédération Internationale de Football Association

UEFA : Union des Associations Européennes de Football

IRB : International Rugby Board

FFR : Fédération Française de Rugby

LFP : Ligue de Football Professionnel

EPDM : Ethylène Propylène Diène Monomère

AAP : Appel à Projet

R&D : Recherche et Développement

US EPA : United States Environmental Protection Agency

SAR : Sodium Absorption Ratio

pH : Potentiel Hydrique

GLOSSAIRE

Agenda 21 : C'est une démarche engagée à Rio, lors de la conférence sur l'environnement et le développement, afin de lancer des programmes d'actions pour le 21^e siècle orienté vers le développement durable au niveau des collectivités [1].

Assainissement : ensemble des dispositions techniques destinées à évacuer les eaux de ruissellement (AFNOR, 2008).

Case lysimétrique : la case lysimétrique ou lysimètre est une cuve étanche dans laquelle un sol est mis à l'étude. La face supérieure de cette cuve est exposée à l'action des agents atmosphériques, alors que les faces latérales empêchent tout échange avec l'extérieur. La face intérieure drainée, permet à l'expérimentateur de déterminer les caractéristiques de la solution évacuée par drainage (Muller, 1996, p.9).

Consommateur primaire : animaux herbivores (phytophages) consommant les producteurs primaires dans la chaîne alimentaire (végétaux) [2].

Consommateur secondaire : animaux se nourrissant des consommateurs primaires dans la chaîne alimentaire [2].

Couche de souplesse : élément du revêtement qui lui apporte les critères de sécurité et les qualités sportives requises en matière de mesures accélérométriques. Elle peut être coulée sur site, préfabriquée ou intégrée au gazon synthétique (AFNOR, 2008).

Développement durable : mode de développement qui assure la satisfaction des besoins essentiels des générations actuelles, particulièrement des personnes les plus démunies, tout en sauvegardant la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins [3].

Drainage : Ensemble des dispositions techniques permettant l'évacuation des eaux excédentaires d'un sol (AFNOR, 2008).

Ecotoxicité : effet toxique potentiel d'une substance active [4].

EPDM : Granulats élastomères utilisés pour le remplissage des gazons synthétiques.

Exutoire : emplacement où il est possible de rejeter les eaux provenant de l'assainissement et du drainage. Un exutoire peut être un réseau d'assainissement, un plan d'eau, une rivière, un fossé par exemple (AFNOR, 2008).

Feutre : couche organique constituée d'un mélange de talles, tiges, et racines vivantes et mortes se développant entre la zone végétale verte et la surface du sol (AFNOR, 2008).

Fond de forme : Interface entre le sol support et soit la couche drainante, soit le substrat. Il constitue la partie supérieure du terrassement (AFNOR, 2008).

Intrant : on regroupera sous ce terme les différents produits apportés au sol et au gazon (engrais, amendements, produits phytosanitaires et activateurs de croissance).

Perméabilité : capacité d'un matériau à laisser circuler l'eau gravitairement. La perméabilité s'exprime par le coefficient de perméabilité K qui mesure la vitesse de circulation de l'eau dans le sol en mètres par seconde (m/s) (AFNOR, 2008).

Substance active : la substance active (molécule) constitue le principe actif (celui qui agit sur les nuisibles) du produit pesticide. Les substances actives utilisées en agriculture sont au nombre de 800 environ (dont environ 400 utilisées en France) et entrent dans la composition de plus de 6 000 produits [5].

Substrat : partie du sol dans laquelle une plante développe son système racinaire. Le substrat emmagasine les éléments nécessaires à la vie des plantes (matières organiques, eau, engrais par exemple) (AFNOR, 2008).

Zéolite : Nom donné à un groupe d'aluminosilicates naturels hydratés des métaux alcalins ou alcalinoterreux [6]. La zéolite est employée pour la fertilisation des sols. Elle permet la libération de lente d'engrais comme le potassium, l'azote ou autres éléments.

INTRODUCTION

Le 20 juillet 2016 le projet de loi pour la reconquête de la biodiversité, a été adopté à l'assemblée nationale. Ce projet de loi, avec d'autres objectifs, doit permettre de renforcer la séquence « Eviter, réduire, compenser » introduite il y a quelques années par le ministère de l'environnement de l'énergie et de la mer. Cette séquence a pour but de « minimiser les impacts environnementaux des projets, c'est-à-dire de réduire au maximum ces impacts et en dernier lieu, si besoin, de les compenser après évitement et réduction. » [7]. Ce triptyque, bien que désormais pris en compte dans un grand nombre de projets ou modes de gestions des espaces verts, n'est aujourd'hui pas mis en œuvre dans la gestion des pelouses sportives de haut niveau.

Contexte

Depuis une dizaine d'années, on observe une prise de conscience générale de l'importance des impacts environnementaux engendrés par une mauvaise gestion des espaces verts. Ainsi, les gestionnaires ont procédé progressivement à une réduction ou une suppression des produits phytosanitaires tout en intégrant une différenciation des espaces et en mettant en place une politique de réduction des consommations en eau. Certaines collectivités se sont particulièrement engagées vis-à-vis de ces démarches : on notera pour exemple les villes de Nantes, Lyon ou encore Marseille [8].

Cependant les terrains de grands jeux (rugby, football, hockey, base-ball, softball) en gazons naturels des divisions nationales élites (Ligue 1, ligue 2, top 14, pro D2) - et leurs équivalents en Europe - sont, à travers leurs modes de gestion, soumis à une pression d'intrants très importante. En effet, pour la gestion de ces pelouses, c'est une dynamique inverse qui s'est mise en place. Les enjeux de plus en plus forts autour de la qualité des surfaces de jeu (enjeux financiers, télévisuels et sportifs) ont engendré une gestion des pelouses de plus en plus intensive, et la prise en compte environnementale a été mise de côté ou reléguée au second plan dans le meilleur des cas.

Aujourd'hui, on tâche de comprendre plus précisément les pratiques de maintenance des pelouses sportives de haut niveau et les mécanismes agronomiques mis en jeu. L'importance de la prise en compte environnementale dans les projets contemporains entraîne les acteurs du milieu des terrains de sport à s'y intéresser. Les plus impliqués commencent à travailler sur l'ensemble des problématiques présentées précédemment : économie en eau, pratiques culturelles raisonnées et durables, non pollution du milieu naturel ou encore inscription dans des axes de travail développés dans les nouvelles réglementations.

Enjeux

Une de ces problématiques porte sur les eaux de drainage. Ces eaux, après avoir traversé et lessivé le terrain, sont chargées par les intrants qui sont apportés sur la pelouse. Elles rejoignent directement les eaux de surface ou les eaux souterraines. La prise en compte du devenir de ces eaux est un sujet qui n'a été que très peu (ou pas du tout) pris en compte actuellement en France. Cependant, elles sont susceptibles de présenter un danger environnemental, notamment vis-à-vis de l'eutrophisation des milieux aquatiques naturels.

La mise en place d'une étude dédiée permettrait de caractériser précisément les dynamiques de flux d'intrants dans ces eaux, et ainsi de les confronter aux enjeux environnementaux tout comme répondre au manque de retour sur la maintenance pratiquée. Ce rapport a pour objectif d'initier une étude innovante et si possible exemplaire vis-à-vis de l'impact environnemental de ces eaux.

Il s'agira d'apporter des éléments de réponse à la problématique suivante : comment conduire une étude des eaux de drainage sur une pelouse sportive de haut niveau afin d'évaluer l'impact environnemental des pratiques de maintenance et d'exploitation ainsi que de juger de leur pertinence.

L'objectif sera de pouvoir acquérir une réelle connaissance de l'évolution de la composition des eaux de drainage d'un terrain en lien avec l'exploitation de la pelouse dans son intégralité, au moyen de prélèvements et d'analyses, afin de pouvoir améliorer leur gestion, mais également de mettre en œuvre des techniques de maintenance du terrain plus vertueuses.

Ce rapport exposera tout d'abord le cadrage, les enjeux et la pertinence de la mise en place d'une étude de ce type. Nous présenterons ensuite l'élaboration d'un protocole d'analyse complet afin de répondre aux questionnements soulevés dans la première partie. Ce protocole s'appuiera sur la gestion de la pelouse du stade du Moustoir, à Lorient. Nous présenterons enfin les étapes de cette étude et les phases d'exploitation des résultats.

PARTIE 1 : RISQUE DE TRANSFERTS D'INTRANTS DANS LE DRAINAGE DES PELOUSES SPORTIVES DE HAUT NIVEAU : APPORT ET PERTINENCE D'UNE ETUDE

Cette partie propose une revue scientifique et réglementaire autour d'une étude des transferts d'intrants dans les eaux de drainage. Elle permet de cadrer son positionnement, ses apports et ses objectifs vis-à-vis de la littérature existante, et ainsi de démontrer sa pertinence. On y expose également les principaux enjeux. Enfin, elle permet d'affiner nos questionnements scientifiques et d'établir des hypothèses.

1.1 La maintenance des pelouses sportives de haut niveau : une gestion aboutissant à une surface particulièrement sensible aux transferts d'intrants dans les eaux de drainage et ruissellement

1.1.1 Constitution générale des pelouses sportives

L'architecture d'un terrain gazonné sportif doit respecter un certain nombre de règlements et de normes. En France, elle doit répondre aux exigences des fédérations sportives et compétitions qu'elle accueille (FFF, FFR, UEFA, FIFA, IRB, etc.) ou encore aux normes telles que la « NF P90-113 » qui décrit les conditions de réalisation des terrains de grands jeux gazonnés. Figure dans cette norme l'ensemble des exigences suivantes : les caractéristiques des sols et des terrassements, les types d'assainissement, les types de drainage, les caractéristiques de la couche de jeu ou encore la mise en place du gazon et de l'irrigation (AFNOR, 2008).

La structure de ces terrains est donc particulièrement précise en ce qui concerne la perméabilité, l'épaisseur ou la portance des différents horizons, le type de drainage installé, la composition physique (granulométrie) et chimique des matériaux utilisés, ou encore la planéité et le nivellement des surfaces.

De manière générale un terrain de grands jeux gazonnés est composé d'une « infrastructure » : fond de forme, couche de fondation drainante et réseau de drainage ; et d'une « superstructure » (ou couche de jeu) composé du substrat (pouvant être découpé en plusieurs horizons) (Direction des affaires économiques et internationales, 1999). Un drainage supplémentaire peut venir s'insérer dans le substrat. Certaines de ces configurations sont exposées sur la figure 1.

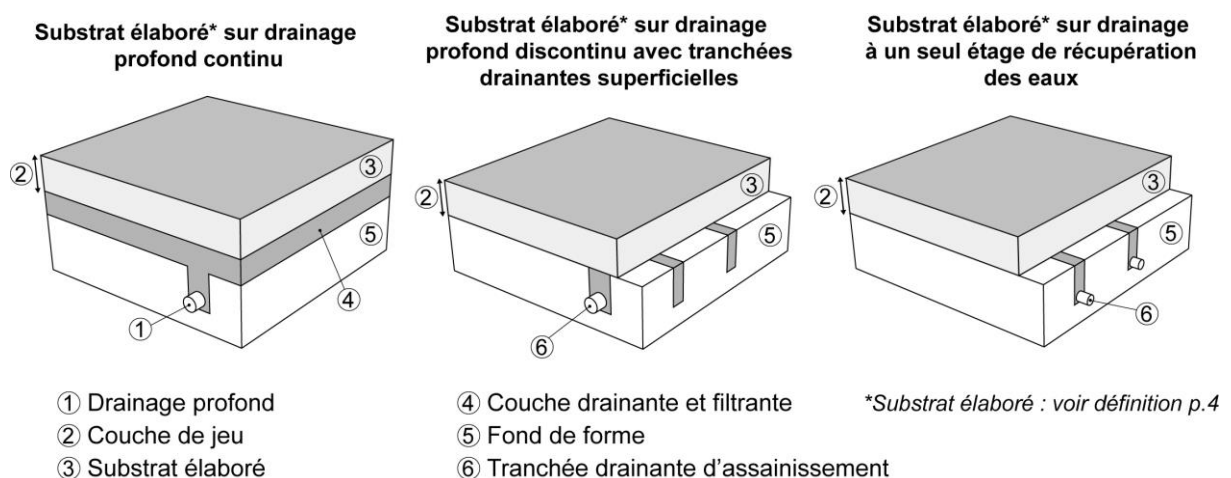
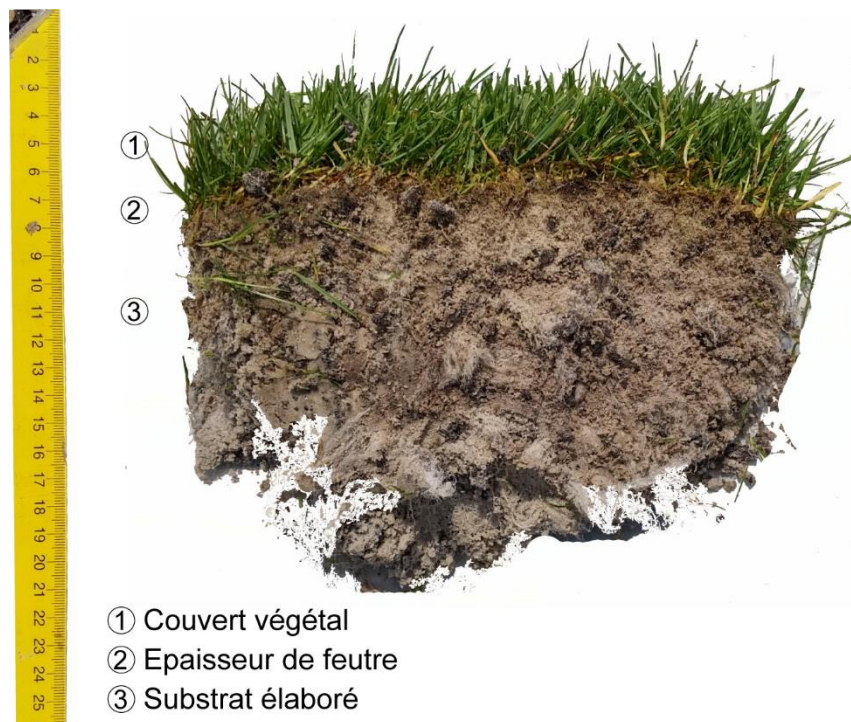


Figure 1 : Composition générale d'un terrain de grands jeux gazonnés : 3 schémas inspirés de la norme NF P90 113 montrant différents types de drainage (auteur : Quentin BRUNOT)

A travers ce profil de sol bien particulier, l'eau circule donc de différentes manières : par infiltration à travers les différents horizons (ainsi lessivés) pour rejoindre le système de drainage ; ou bien par ruissellement en surface de la couche de jeu pour rejoindre ce même système de drainage en périphérie du terrain. L'ensemble de ces eaux est ensuite évacué.

Les substrats utilisés sur ces terrains sont aujourd'hui majoritairement des substrats dits élaborés. Au sens de la norme « NF P90-113 » « Ce sont des substrats fabriqués sans terre végétale, à partir de matériaux sélectionnés permettant d'obtenir des hautes performances en matière de perméabilité, de rétention d'eau et de résistance au compactage et au cisaillement » (AFNOR, 2008). Ce sont donc des substrats presque inertes sur le plan agronomique qui nécessitent d'importantes quantités de matière fertilisante pour nourrir le gazon qui s'y développe. Ils sont de plus en plus utilisés et représentent pour l'exemple 90% des terrains de la Ligue 1. La figure 2 ci-dessous présente la couche de jeu d'un terrain avec le substrat élaboré AirFibr® qui est un substrat élaboré avec un additif de structure fibré.



*Figure 2 : Photo de la couche de jeu : substrat AirFibr® avec légère épaisseur de feutre
(auteur : Quentin BRUNOT)*

Les caractéristiques majeures recherchées sur ce type de terrains sont : une forte perméabilité avec cependant une capacité de rétention en eau de la part du substrat, pas ou peu de présence en feutre, un tapis végétal dense et homogène de couleur vert vif, un enracinement important, une résistance à l'arrachement ainsi qu'une surface propice au jeu (dureté et restitution d'énergie en particulier).

Les terrains de grands jeux sont donc des structures devant répondre à de nombreuses exigences. La culture de la pelouse qui s'y développe est intensive et nécessite un entretien quotidien important.

1.1.2 Des enjeux de maintenance avec une importance croissante

Nous appelons « pelouses sportives de haut niveau » celles qui accueillent les rencontres entre clubs des divisions élites en foot et en rugby principalement (Ligue 1, Ligue 2, Top 14, Pro D2). Rentrent dans cette catégorie une centaine de pelouses en France. Nous noterons une dénomination identique pour de nombreux pays en Europe (Espagne, Italie, Angleterre, Allemagne, etc.).

Ces pelouses se situent dans la majorité des cas dans des stades qui ont l'ambition de devenir de plus en plus multifonctionnels. En effet, si ces stades accueillent prioritairement des rencontres sportives, ils hébergent aussi des concerts ou d'autres types de manifestations, afin de rentabiliser au maximum leurs infrastructures. Elles sont donc au cœur d'enjeux financiers importants.

L'ensemble de ces manifestations expose les pelouses à de très nombreux stress agronomiques (piétinement, recouvrement, manque d'oxygène, manque de lumière, charges importantes, etc.). Cependant, les obligations sportives et télévisuelles obligent les gestionnaires à offrir des pelouses avec de fortes densités végétales, une couleur vert vif attrayante et homogène, mécaniquement résistantes et propices au jeu.

Cela entraîne une maintenance de plus en plus complexe où interviennent un très grand nombre d'acteurs et d'opérations conduisant à une intensification des modes de gestion. La gestion de ces pelouses passe désormais par la réalisation de plannings de maintenance précis pour chaque saison sportive, élaborés en fonction de l'enchaînement des matchs et des autres manifestations. Il y figure l'ensemble des opérations à réaliser chaque jour.

Ces gestions ne suffisant parfois pas à maintenir des pelouses sportivement et/ou médiatiquement convenables, il arrive assez souvent que des parties ou l'intégralité des surfaces de jeu soient remplacées par un nouveau gazon pré-cultivé (rouleaux de gazon) ou un nouveau semis.

La majorité des opérations de maintenance sont susceptibles d'avoir un impact environnemental direct ou indirect. En effet elles peuvent être à la source ou favoriser des phénomènes de transfert d'intrants vers le milieu naturel. Une partie de ces transferts se fait par le biais des eaux de drainage.

1.1.3 Les opérations mécaniques : un profil de sol favorable aux transferts d'intrants

1.1.3a Le lessivage du sol : décompactage, piquage et carottage

Ces techniques sont utilisées pour une aération, plus ou moins profonde, de la couche de jeu. Leurs principes reposent sur :

- l'accroissement de la porosité du sol par fragmentation de la couche de jeu à l'aide du décompactage.
- la ventilation du sol avec puits ou fentes de perforation à l'aide des aiguilles par piquage ou des lames par scarification (sans extraction de matière).
- la ventilation du sol par puits avec extraction de matière à l'aide des louchets par carottage.

L'ensemble de ces opérations sont réalisées de manière régulière durant l'année. Ces trois opérations favorisent fortement l'aération du sol et sa perméabilité. L'infiltration de l'eau est alors favorisée et peut entraîner des phénomènes de lessivage du terrain (Fiocre, 2015).

1.1.3b Non rétention des intrants en surface du gazon : le défeutrage

Le défeutrage est une opération qui consiste à extraire du gazon la matière organique végétale accumulée à la surface du sol. Cette matière organique (feutre) résulte essentiellement de la dégénérescence des racines et des talles de la graminée. Ces opérations sont effectuées 2 à 4 fois par an.

Le feutre présente une forte teneur en matière organique (lignine et cellulose) et une structure poreuse. Il héberge une importante vie microbienne et constitue une surface retenant les eaux d'arrosage ou de pluie un certain temps (Chaigneau et Chauvel, 2004, p.16).

Si, sur le plan sportif le développement du feutre n'est pas souhaitable, les actions de défeutrage réduisent l'activité microbienne du sol (qui est l'origine de la dégradation de certains intrants notamment) et réduisent la capacité du sol à maintenir les intrants en surface. De plus, ce défeutrage augmente fortement la perméabilité du sol (favorisant, comme pour les autres opérations mécaniques, le lessivage) (Petrovic et Borromeo, 1994).

1.1.4 Les opérations d'apports d'intrants : importance des quantités apportées

1.1.4a Fertilisation

Ce sont des apports en différents engrais selon la saison, l'intensité d'utilisation et l'état du gazon. Ils prennent en compte les macro-éléments (Azote-Phosphore-Potassium), les éléments secondaires (Calcium-Magnésium) et les oligo-éléments (Fer-Cuivre-Cobalt-Zinc-Manganèse-Bore) (Therrie et al., 2015, p.53).

Cette fertilisation peut prendre différentes formes. Il convient de distinguer les engrais organiques, les engrais minéraux et les engrais de synthèse. Les engrais peuvent être sous forme liquide ou solide, simples ou composés (plusieurs éléments amenés par un même engrais) ou encore à libération lente ou rapide. La fertilisation utilisée sur les pelouses sportives de haut niveau est une combinaison de ces différents types d'engrais avec des actions à court et à long terme (Fiocre, 2015).

De nombreuses études ont démontré que le risque de lessivage de ces engrais est particulièrement important pour les applications d'engrais liquides et d'engrais très solubles (cf. 2.2).

Un planning de fertilisation prévisionnel annuel est réalisé. Il prévoit des apports annuels avec les ordres de grandeur suivants pour les éléments N-P-K : au minimum 500 unités d'azote, 500 unités de potasses et 200 unités de phosphates regroupées sur plusieurs dizaines d'applications de produits solides et sur une dizaine d'applications de produits liquides.

Des fertilisations exceptionnelles peuvent également avoir lieu en fonction de l'état agronomique de la pelouse. Par exemple, s'il faut améliorer la couleur du gazon avant un match, un apport avec assimilation directe par la plante peut être réalisé.

Nous observons que cette fertilisation est beaucoup plus intense que celle qui est autorisée en agriculture. En effet, si nous prenons l'exemple de la directive « nitrate », l'apport maximal autorisé en agriculture est de 170 unités d'azote par hectare et par an. Bien que les surfaces en question, stades ou champs, ne soient pas comparables, l'importance de cet écart est notable [9].

Ainsi, la fertilisation des pelouses sportives de haut niveau est particulièrement intensive et peut présenter des risques de lessivage ou ruissellement des engrais utilisés qui se retrouvent alors dans les eaux de drainage ou d'assainissement du terrain.

1.1.4b Activateur de croissance

En accompagnement de la fertilisation, et afin de dynamiser la croissance racinaire et foliaire du gazon, d'autres types d'intrants peuvent être apportés. En effet, des produits comme les acides humiques, les mycorhizes, les produits à base d'hormones végétales, les stimulateurs de défense des plantes, les biostimulants, les correcteurs de pH, etc. sont régulièrement utilisés.

Ces applications sont étalées annuellement, et comme précédemment, l'intensité des apports et le drainage efficace du terrain en font des produits à risque de transfert par lessivage ou ruissellement de la pelouse.

1.1.4c Traitement phytosanitaire et désherbage sélectif

Ces types de traitements peuvent être réalisés soit de manière préventive, soit de manière curative. La seconde solution est généralement favorisée. Il peut s'agir de fongicides ou encore d'herbicides sélectifs. Ils permettent de faire face à l'apparition de maladies (fil rouge, pythium, rouilles, oïdium, etc.) ou le développement de plantes indésirables sur la pelouse (trèfle, pâturin, etc.). Ils sont essentiels pour obtenir une pelouse de haute qualité sur le plan sportif et esthétique. Ainsi, chaque année, plusieurs traitements sont donc réalisés (Fiocre, 2015).

Ces traitements phytosanitaires, en plus de constituer un risque de transfert qui sera présenté par la suite, vont à l'encontre des politiques environnementales et notamment le plan Ecophyto mis en place en 2008 et révisé en 2015 (plan Ecophyto II). En effet, ce plan vise à réduire de 50% l'usage de ces produits en 2025. L'utilisation de ces pesticides sera interdite dans les espaces verts en 2017, et dans les jardins en 2019 [10].

1.1.5 Arrosage régulier des pelouses

Les besoins en eau d'une pelouse résultent de la différence entre les apports naturels par la pluie et la réserve du sol d'une part, et la demande en eau (évapotranspiration) ainsi que les pertes par ruissellement et drainage d'autre part (Fiocre, 2015).

Les apports sont calculés en fonction de ces différents paramètres, afin d'avoir une irrigation la plus correcte et la plus efficace possible. Pour ce faire, des méthodes de mesure de l'état hydrique du sol sont installées sur les terrains (sondes tensiométriques), et des relevés météorologiques (pluviométrie sur le terrain) sont également réalisés.

Des compteurs d'eau sont installés en amont du système d'arrosage afin de connaître les quantités apportées. Cependant, aucun retour n'existe sur la quantification des eaux de drainage en sortie du terrain. Ces eaux correspondent au surplus d'eau (arrosage excessif ou pluviométrie importante) traversant la pelouse et le terrain. Ces eaux récupérées par le système de drainage lessivent la couche de jeu et se chargent, de manière plus ou moins importante, en éléments solubles présents dans la pelouse ou le substrat.

Le devenir de ces eaux de drainage n'est aujourd'hui pris en compte que dans très peu de stades. En effet, elles rejoignent dans la plupart des cas, les eaux d'assainissement ou les eaux de surface. Cela représente donc un réel risque de transfert des intrants lessivés pour le milieu naturel et notamment pour les cours d'eau. Nous pouvons prendre comme exemple le stade Matmut Atlantique inauguré à Bordeaux en 2015 ou l'ensemble du réseau de

drainage du terrain se déverse par un exutoire unique communicant avec l'ancien réseau de rabattement de nappe en périphérie du stade.

Ainsi, une étude portant sur ces eaux de drainage en sortie de terrain, permettrait d'obtenir des informations sur la pertinence de l'arrosage pratiqué (quantités apportées) ou encore sur la composition et l'éventuelle pollution que représentent ces eaux.

1.1.6 Prise en compte environnementale sur les terrains de sports

La prise en compte environnementale, lors de la conception d'un projet et de la définition de son mode gestion, peut se définir comme la mise en œuvre pratique des principes du développement durable. Ainsi, lors de la création ou de la rénovation d'un stade (ou simplement d'un terrain) la maîtrise d'œuvre doit présenter son projet en y intégrant les grandes lignes de la maintenance qui sera pratiquée sur la pelouse. Jusqu'à aujourd'hui, le volet « prise en compte environnementale » ou « développement durable » dans ces projets de maîtrise d'œuvre est très restreint en ce qui concerne la maintenance de l'aire de jeu.

Par exemple, pour accueillir l'UEFA euro 2016, les dix stades hôtes ont dû apporter des modifications majeures, lors des dernières années, à leur surface de jeu (en termes de qualité notamment). Nous listons les stades : Pierre Mauroy à Lille, Parc OL à Lyon, Bollaert à Lens, Matmut Atlantique à Bordeaux, Vélodrome à Marseille, Allianz Riviera à Nice, Stade de France, Parc des Princes, Geoffroy-Guichard à Saint-Etienne et le Stadium de Toulouse.

Lors des rénovations ou des constructions de ces terrains, aucun projet environnemental d'envergure n'a été mis en place vis-à-vis de la gestion des pelouses, des eaux d'arrosage ou encore des eaux de drainage. Nous noterons cependant que le stade Matmut Atlantique à Bordeaux a intégré une utilisation de ses eaux pluviales des toitures pour arroser la pelouse.

De la même manière, les fédérations ou les ligues ne consacrent aucun paragraphe aux enjeux environnementaux de ces gestions dans leurs réglementations, ou à des conseils de maintenance des terrains (FFF, 2014 ; UEFA, 2011 ; LNR, 2013).

Durant la saison 2013/2014, la LFP a mis en place le championnat de France des pelouses. Ce championnat permet d'établir un classement de la qualité des pelouses des clubs de ligue 1 et ligue 2. Aucun des critères pris en compte pour le calcul des notes ne concerne une prise en compte environnementale de l'infrastructure ou une gestion de la pelouse plus respectueuse de l'environnement [11].

D'un point de vue plus général sur le sport français et sur la gestion des infrastructures sportives (dont les pelouses), nous pouvons noter l'existence d'un Agenda 21 spécifique dédié au sport, ainsi qu'une charte sur l'environnement du sport français.

Ces deux documents proposent un certain nombre d'objectifs et une ligne de conduite à adopter. Une problématique sur la connaissance et la gestion environnementale des pratiques de maintenance des terrains s'y inscrit parfaitement :

- pour l'Agenda 21, l'objectif 15 : « *S'impliquer dans une gestion respectueuse des sites, des paysages et de la nature* » et l'objectif 16 : « *Concevoir des installations, équipements et matériels sportifs respectueux de l'environnement et développer des modes de gestion durables* » (Comité national olympique et sportif Français, 2005).

- pour la charte environnement du sport français, l'objectif 7 : « *Prendre en compte l'environnement et le développement durable à toutes les étapes de la planification, la*

réalisation et l'utilisation des équipements, des manifestations et des matériels » (Comité national olympique et sportif Français, 2008).

Ainsi, nous observons bien un intérêt général pour cette prise en compte environnementale, qui, cependant, ne se met pas encore en œuvre au niveau professionnel, sur les stades et pelouses sportives de haut niveau français. La mise en place d'une étude dédiée à ce sujet permettrait d'initier un mouvement dans cette direction.

1.2 Les transferts d'intrants dans les eaux de drainage : état de la recherche scientifique

Peu de recherches ayant été effectuées sur la question en France, la plupart des références citées ici sont le résultat de recherches réalisées dans les universités américaines, notamment sur les terrains de golfs qui ne présentent pas les mêmes caractéristiques agronomiques et les mêmes sollicitations mécaniques que les pelouses auxquelles nous nous intéressons ici. L'ensemble des résumés des articles cités ici figure en annexe I.

1.2.1 Les phénomènes impliqués : ruissellement et lessivage

Les deux types de transferts d'intrants qui peuvent se faire vers les eaux de drainage sont les phénomènes de ruissellement et de lessivage.

- le ruissellement : « ce phénomène est généré par les précipitations et/ou l'irrigation. Il n'apparaît que lorsque l'intensité d'irrigation ou de précipitations dépasse la capacité d'infiltration du sol, c'est-à-dire lorsque le sol est saturé en eau, ou lorsqu'il est peu perméable en surface. Les transferts interviennent pendant le nettoyage des parties vertes du gazon et du feutre par entraînement des éléments les plus solubles dans le flot de ruissellement » (Chaigneau et Chauvel, 2004, p.5).

- le lessivage : « une quantité non négligeable d'intrants est susceptible de suivre l'eau s'infiltrant dans le sol et donc de contaminer les couches du sous-sol ainsi que les eaux de drainage. Les deux processus pouvant limiter ce lessivage sont la rétention des éléments par le sol même et par la dégradation, ou utilisation des mêmes éléments par la plante ou la vie microbienne du sol » (Chaigneau et Chauvel, 2004, p.6).

1.2.2 Impacts environnementaux des transferts d'intrants

Au travers des recherches sur l'ensemble des intrants utilisés sur les pelouses, les pesticides, les ions nitrates et les ions phosphate semblent être les plus enclins à présenter un risque environnemental par leur transfert vers le milieu naturel.

« Très solubles dans l'eau, les nitrates constituent une cause majeure de pollution qui contribue à modifier l'équilibre biologique des milieux aquatiques. L'essentiel de cette pollution est dû à la différence entre les apports en nitrates sous forme d'engrais et ce qui est réellement consommé par les plantes. L'eau chargée en nitrates ruisselle ou s'infiltre, elle rejoint les rivières puis la mer, et constitue une cause majeure de pollution. Cette forte concentration en nitrates dans les eaux en milieu marin est en partie responsable de la problématique des algues vertes en Bretagne » [12].

« L'apport de phosphore en excès est une des causes d'eutrophisation de l'eau qui se traduit (entre autres) par une baisse de la qualité de l'eau en tant que ressource naturelle, la multiplication des végétaux aquatiques et des algues indésirables comme les cyanobactéries, et un affaiblissement de la biodiversité pollution » [13].

Parmi les produits phytosanitaires homologués en France, on en recense un certain nombre dont les matières actives peuvent s'accumuler dans le milieu naturel et présenter des dangers d'écotoxicité pour la faune et la flore de ces milieux (vers de terre, arthropodes, microorganismes du sol, végétaux, consommateurs primaires et secondaires des milieux aquatiques, ...) (Chaigneau et Chauvel, 2004 ; [14]).

De manière plus précise, la recherche scientifique sur les transferts d'intrants à travers les eaux de drainage de gazon présente les résultats suivants :

- les risques liés à l'utilisation de produits phytosanitaires et à leur transfert vers l'environnement sont déjà très nombreux et tous ne sont pas encore recensés (Petrovic et Borromeo, 1994).
- les transferts de nitrates par lessivage et ruissellement sur les gazons, même infimes, se répétant de manière régulière, peuvent se révéler dangereux pour l'environnement (eutrophisation des milieux aquatiques) (Walker et Branham, 1992 ; Valiela et Al., 1997).
- les transferts de phosphates par lessivage et ruissellement sur les gazons, se répétant de manière régulière, peuvent aussi se révéler néfastes pour l'environnement (Shuman, 2004; Vietor et al., 2004; Torbert et al., 2005; Bierman et al., 2010).

A ce risque environnemental vient s'ajouter également un risque pour la santé. Bien que non présenté ici, il est tout aussi présent et pertinent à étudier (Chaigneau et Chauvel, 2004, p.35).

1.2.3 Les principaux risques de transfert

Ce bilan bibliographique s'appuie en partie sur celui réalisé dans l'ouvrage *Turfgrass : biology, use and management* en 2013 qui reprend, thématique par thématique, l'ensemble des travaux de recherches ayant été réalisés sur les gazons.

L'étude bibliographique présente séparément chacun des paramètres identifiés comme pertinent vis-à-vis de la problématique et potentiellement analysable à travers les eaux de drainage. Bien que de nombreux phénomènes influencent les flux des différents paramètres analysés à l'échelle du terrain, nous nous intéressons exclusivement, dans la bibliographie, aux flux liés aux phénomènes de ruissellement et de lessivage des eaux d'irrigations et des eaux pluviales sur le terrain.

1.2.3a Transfert de pesticides

En 2004, A. Chaigneau et G. Chauvel proposent un inventaire de l'ensemble des facteurs pouvant influencer les transferts de pesticides par lessivage ou ruissellement. Nous pouvons citer : la pluviométrie, la température, le vent, le sol, la texture du sol, son infiltrabilité, sa pente, son humidité, sa biomasse, et les propriétés physico-chimiques des produits utilisés ou encore les pratiques culturales (Chaigneau et Chauvel, 2004, p.7-9).

Les propriétés physico-chimiques des produits phytosanitaires se résument à travers divers différents paramètres : la solubilité, le coefficient de d'adsorption, le Ground Ubiquity Score, la persistance des matières actives et la formulation des adjuvants (Chaigneau et Chauvel, 2004, p.9-13).

Les pratiques culturales sont l'irrigation, le défeutrage, la tonte, les caractéristiques du gazon, le drainage, l'aération du substrat et le matériel de pulvérisation (Chaigneau et Chauvel, 2004, p.13-18).

Nous pouvons revenir sur un certain nombre des résultats qui sont particulièrement liés à l'objet de notre étude et qui doivent être pris en considération :

- Le transfert de pesticides par lessivage dépend de la profondeur de la nappe susceptible d'être polluée, ainsi que de la nature des couches traversées (Petrovic et Borromeo, 1994).
- Adsorption et dégradation (caractéristiques d'un sol) vont permettre de diminuer la quantité de pesticides lessivés (Petrovic et Borromeo, 1994). Ces deux caractéristiques sont moins importantes dans les substrats inertes.
- la dégradation des pesticides par les microbes est le principal moyen de dégradation (Magri and Haith, 2009).
- Le feutre joue un rôle prépondérant dans cette dégradation ou adsorption des pesticides, il limite de manière importante les transferts par lessivage ou ruissellement de par sa structure ou encore son importante vie microbienne (Sigler et al., 2003 ; Bary et al., 2005 ; Magri and Haith, 2009).
- Les caractéristiques intrinsèques de chaque molécule influent beaucoup sur le lessivage ou le ruissellement de celle-ci (solubilité, temps de demi-vie, formulation, ...). Des informations détaillées existent pour la plus part des substances utilisées. Elles permettent de caractériser de manière plus précise les risques de lessivage ou de ruissellement d'une substance donnée.

Nous sommes en présence de substrats inertes et parfois sableux sur une faible épaisseur avec un minimum de feutre en surface. Les gazons sont également soumis à une pression phytosanitaire importante avec une irrigation régulière et soutenue. Nous sommes donc d'après ces éléments dans une situation très favorable aux transferts de produit phytosanitaire par lessivage.

Bien que le gazon semble posséder des caractéristiques lui permettant de dégrader ou stocker les matières actives, il peut être intéressant de vérifier ces conclusions sur une pelouse avec substrat élaboré.

1.2.3b Transfert de nitrates

L'Azote est le macronutriment le plus utilisé par les gazons (Mills et Jones, 1996) et donc le fertilisant le plus utilisé dans leur entretien. Il y a aujourd'hui une réelle problématique autour de l'évolution de l'azote dans le sol et notamment sur le transfert excessif de nitrates dans les eaux de surfaces ou souterraines qui conduit à des phénomènes d'eutrophisation (Franck et Guertal, 2013).

Voici un résumé des nombreuses études qui ont pu être menées autour de ces problématiques. Celui-ci s'inspire en partie du chapitre 13 du livre *Turfgrass : biology, use and management*, rédigé par Kevin W. Frank et Elizabeth A. Guertal qui fait l'inventaire de la recherche sur l'azote dans les gazons.

Les procédés par lesquels l'azote peut être transformé, stocké ou évacué par un milieu sont nombreux : minéralisation, dénitrification, volatilisation, immobilisation, fixation, perte dans les déchets de tonte, lessivage et ruissellement (Franck et Guertal, 2013).

Les principaux résultats des recherches actuelles portant sur le lessivage de l'azote (dans certains cas directement le lessivage des nitrates) à travers les gazons peuvent être ainsi brièvement évoqués :

- de manière générale, peu de recherches ont abouti sur les importants transferts de nitrates par le lessivage des gazons (Franck et Guertal, 2013)
- d'importantes quantités de nitrates lessivés ont pu être observées lorsque la pelouse était dans une phase d'établissement (Geron et al., 1993) ou encore lorsque les fertilisations réalisées étaient supérieures aux taux recommandés (Franck et al., 2006)
- les transferts d'azote par lessivage sont plus importants lorsque le substrat est riche en sable (Starr et Deroo, 1981).

- les transferts d'azote par lessivage sont en revanche réduits lorsque l'on utilise des engrais à diffusion lente (Geron et al., 1993; Easton et Petrovic, 2004; Guillard et Kopp, 2004)
- les transferts de nitrates par lessivage sont réduits lorsque l'irrigation est appliquée en tenant compte de la fertilisation réalisée (Morton et al., 1988)
- un arrosage trop important est un des facteurs majoritaires dans les transferts des nitrates par lessivage (Barton et al., 2006)
- enfin, ces transferts de nitrates par lessivage sont réduits avec le développement plus ou moins important du système racinaire (Paré et al., 2006).

Cependant, ces remarques assez générales ne prennent pas forcément toujours en compte l'ensemble des facteurs suivants qui caractérisent les pelouses sportives de haut niveau actuelles : une faible épaisseur du sol, la présence d'un substrat inerte très drainant, des fertilisations azotées régulières et importantes, une irrigation également régulière et importante, une faible présence de feutre.

Les pelouses sportives que nous étudions ici se rapprochent des caractéristiques des greens de golf. Les traitements apportés à ces terrains ont été étudiés dans certaines recherches et sont considérés comme les plus favorables pour le transfert des nitrates par lessivage. Ces études démontrent également que ces transferts de nitrates sont généralement inférieurs à 2% de la quantité totale d'azote appliquée (Mancino and Troll, 1990), mais qu'ils peuvent néanmoins augmenter rapidement et atteindre 23% lorsque les applications d'azote sont très importantes et régulières (Brown et al., 1982). De plus les greens présentent des conditions moins favorables (présence de feutre notamment) au transfert des nitrates par lessivage que ceux utilisés en foot et rugby.

Peu d'études sont réalisées directement sur le terrain ou à grandes échelles.

Les transferts de nitrates dans les eaux de ruissellement ont moins été étudiés (le ruissellement des phosphates étant plus important). Ce transfert par ruissellement dépend de l'humidité du sol, de l'intensité de l'irrigation ou des précipitations, du type de fertilisation utilisé et de la pente (Baird et al., 2000; Shuman, 2002; Schwartz and Shuman, 2005). Durant la période d'établissement du gazon, celui-ci est plus sensible aux transferts de nitrates par ruissellement. Ces transferts diminuent avec l'augmentation de la densité foliaire et racinaire du gazon (Easton and Petrovic, 2004).

Ainsi, dans la plupart des cas, une fertilisation en azote raisonnée n'entraîne pas de pertes importantes de nitrates par lessivage ou par ruissellement. Cependant, la combinaison de certains facteurs (à laquelle nous sommes soumis sur les pelouses sportives de haut niveau actuelles) peut entraîner des pertes plus importantes (type de sol, importance et fréquence des apports, maintenance, types de formulations, intensité du jeu, etc.) (Franck et Guertal, 2013).

Une étude prolongée sur plusieurs années portant sur le transfert de nitrates (par lessivage et ruissellement) sur la globalité d'un terrain serait pertinente pour confronter ces résultats avec les transferts de nitrates potentiels d'une pelouse « dernière génération » dans sa globalité.

1.2.3c Transfert de phosphates

Depuis que l'importance du phosphore dans les phénomènes d'eutrophisation a été démontrée (Soldat et Petrovic, 2008), de nombreuses recherches portent sur les transferts de phosphore par le lessivage ou le ruissellement des gazons. Ce paragraphe s'appuie sur le chapitre 14 de l'ouvrage *Turfgrass : biology, use and management rédigé* par W. Frank et Elizabeth A. Guertal.

La concentration en phosphore dans les eaux de ruissellement est d'autant plus importante qu'on est proche de la date de la dernière fertilisation : les quantités de phosphore lessivé sont alors importantes (Shuman, 2002). De la même manière, l'humidité du sol (Linde and Watschke, 1997) influe sur les quantités de phosphore ruisselé.

Le transfert de phosphore par lessivage est plus important lorsque celui-ci est en excès dans le sol (Sharpley and Sisak, 1997). Comme pour l'azote, un substrat sableux favorisera le lessivage, ainsi que l'utilisation d'engrais à libération rapide ou encore une irrigation excessive.

Nous pouvons donc conclure que, comme les nitrates, les phosphates sont susceptibles d'être lessivés ou ruisselés par les eaux d'irrigation ou de pluie. La structure des terrains est particulièrement sensible au lessivage. En raison de l'importance environnementale des transferts de phosphates, la mise en place d'une étude pourrait être le moyen de quantifier le danger environnemental que représente ce type de terrain.

1.2.3d Transfert de potassium

Contrairement à ceux de l'azote ou du phosphore, les impacts environnementaux dus aux transferts de potassium sont minimes (Franck et Guertal, 2013). Ceci explique le peu d'études menées sur le sujet.

Cependant, quelques études ont tout de même mis en évidence un risque potentiel de transfert par lessivage du potassium, ainsi qu'un plus faible mais néanmoins possible potentiel de transfert par ruissellement (Johnson et al., 2003; Erickson et al., 2005).

Bien qu'il n'y ait pas de réels enjeux environnementaux pour le potassium, nous pouvons noter qu'un enjeu économique existe au vu des importantes quantités de potassium lessivées. En effet, les résultats d'une étude pourront être mis en relation avec les pratiques culturales et leur pertinence.

1.2.3e Systèmes et méthodologies d'études employés

L'ensemble des études citées dans les paragraphes précédents sont les résultats de recherches américaines portant essentiellement sur le golf et majoritairement en station d'expérimentation. Nous noterons que les caractéristiques des terrains de haut niveau de foot ou rugby sont assez différentes de celles des golfs, ou des structures de gazon utilisées sur ces stations d'expérimentations.

La majorité de ces études mesurent par l'analyse de percolas, de cases lysimétriques ou de colonnes expérimentales les concentrations d'un paramètre en fonction d'une pratique culturale ou d'autres facteurs. Le tableau 1 ci-dessous résume les systèmes d'analyse employés lors de l'ensemble des études citées précédemment.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des systèmes d'analyses employés dans les études
(auteur : Quentin BRUNOT)

SYSTÈMES D'ETUDE EMPLOYÉS	TITRES DES ETUDES ET AUTEURS
Etudes réalisées avec des colonnes ("lysimeter columns") sous serre avec maîtrise de l'ensemble des paramètres	<p>Torbert et al. 2005 : Impact of soil amendments on reducing phosphorus losses from runoff in sod.</p> <p>Sartain 2008 : Comparative Influence of N Source on N Leaching and St. Augustinegrass Quality, Growth and N Uptake.</p> <p>Paré et al. 2006 : Effects of Annual Bluegrass Ecotypes and Bentgrass Species on Nitrogen Use Efficiency and Potential Leaching Losses.</p> <p>Paré et al. 2008 : leaching of mineral and organic nitrogen from putting greens profiles supporting various turfgrass.</p> <p>Mancino et al. 1990 : Nitrate and ammonium leaching losses from N fertilizers applied to 'Penncross' creeping bentgrass.</p>
Etudes menées sur des parcelles ("plots") expérimentales simulant des conditions réelles avec drainage et système de récupération des eaux de ruissellement	<p>Shuman 2004 : Runoff of nitrate nitrogen and phosphorus from turfgrass after watering-in.</p> <p>Vietor et al. 2004 : Runoff losses of phosphorus and nitrogen imported in sod or composted manure for turf establishment.</p> <p>Sigler et al. 2003 : Sorption and degradation of selected fungicides in the turfgrass canopy.</p> <p>Easton et al. 2004 : Fertilizer source effect on ground and surface water quality in drainage from turfgrass.</p> <p>Gardner et al. 2001 : Effect of turfgrass cover and irrigation on soil mobility and dissipation of pesticides.</p> <p>Shuman 2002 : Phosphorus and nitrate nitrogen in runoff following fertilizer application to turfgrass.</p> <p>Schwartz et al. 2005 : Predicting runoff and associated nitrogen losses from turfgrass using the root zone water quality model (RZWQM).</p> <p>Linde et al. 1997 : Nutrients and sediment in runoff from creeping bentgrass and perennial ryegrass turfs.</p>
Etudes réalisées avec installation de cases lysimétriques sur des parcelles expérimentales	<p>Geron et al. 1993 : The effects of establishment methods and fertilization practices on nitrate leaching from turfgrass.</p> <p>Frank et al. 2006 : The fate of nitrogen applied to a mature Kentucky bluegrass turf.</p> <p>Starr et al. 1981 : The fate of nitrogen fertilizer applied to turfgrass.</p> <p>Guillard et al. 2004 : Nitrogen fertilizer form and associated nitrate leaching from cool-season lawn turf.</p> <p>Morton et al. 1988 : Influence of overwatering and fertilization on nitrogen losses from home lawns.</p>
Etudes menées sur Golfs par carottages et analyses physico-chimiques en laboratoire	<p>Bary et al. 2005 : Fungicide levels and arbuscular mycorrhizal fungi in golf putting greens.</p>
Etudes menées sur golfs avec analyses des eaux de drainage des greens	<p>Brown et al. 1982 : Nitrogen source effect on nitrate and ammonium leaching and runoff losses from greens.</p>
Etudes menées sur golfs par analyse des eaux de drainage des greens avec utilisation de cases lysimétriques	<p>Johnston et al. 2001 : Nitrogen Leaching through a Sand-based Golf Green</p>

Contrairement à beaucoup de ces études scientifiques qui n'évaluent l'influence que d'un ou deux paramètres sur site expérimental, la mise en place d'une étude sur un terrain dans sa globalité permettrait d'avoir un retour direct avec la réalité de la maintenance en corrélation étroite avec les sujétions d'exploitation. Cela permettrait également de connaître l'influence de la combinaison de nombreux paramètres favorisant le lessivage des intrants.

Il semble impossible d'isoler un paramètre particulier et de tester son influence sur la composition des eaux de drainage. Cependant, afin d'analyser leur composition de la manière la plus précise possible, un maximum de données connexes doivent être collectées sur le terrain.

Nous noterons la réalisation de quelques études utilisant ce principe. Par exemple, en 2002, sur un green de golf dans l'Idaho (Etats-Unis), William J. Johnston et Charles T. Golob ont réalisé une case lysimétrique à l'échelle d'un green de golf pour travailler sur le lessivage des nitrates avec un prélèvement régulier des eaux récupérées.

1.3 La qualité générale des eaux : réglementation et axes de travail

Les problématiques scientifiques autour de la qualité des eaux et de la prise en compte environnementale énoncées précédemment sont également au cœur de nombreuses réglementations et axes de travail importants. Ceux-ci sont recensés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des réglementations en lien avec l'étude (auteur : Quentin BRUNOT)

Nom du document	Type de document	date de parution	niveau réglementaire
Directive Cadre Eau 2000/60/CE du 23/10/2000 qui établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau	Directive	2000	EUROPE
Directive européenne 2008/105/CE du 16 décembre 2008 fixant les normes de qualité environnementale (NQE) dans le domaine de l'eau	Directive	2008	EUROPE
Directive 2013/39/UE du 12 août 2013 définissant les substances prioritaires dans le domaine de l'eau	Directive	2013	EUROPE
Loi sur l'eau du 16/12/1964, la gestion décentralisée de l'eau par bassin versant, création des agences de l'eau et des comités de bassin	Loi	1964	NATIONAL
Loi sur l'eau du 3/01/1992, consacre l'eau en tant que "patrimoine commun de la nation", renforce l'impératif de protection de la qualité et de la quantité des ressources en eau. Mise en place de nouveaux outils de la gestion des eaux par bassin : les SDAGE et les SAG	Loi	1992	NATIONAL
Loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30/12/2006	Loi	2006	NATIONAL
Code de l'environnement version consolidé du 20/04/16	Loi	2016	NATIONAL
Arrêté du 30/06/2005 précise le contenu du programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses	Arrêté ministériel	2005	NATIONAL
Arrêté du 08/07/2010 fixant la liste des substances prioritaires et le calendrier de réduction des émissions à l'article R 512-9 du Code de l'Environnement	Arrêté ministériel	2010	NATIONAL
Plan national santé environnement 2015-2019	Plan d'action	2015	NATIONAL
Plan Ecophyto 2018	Plan d'action	2015	NATIONAL
Plan national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par les micropolluants 2010-2013	Plan d'action	2010	NATIONAL
SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021, schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux à l'échelle d'un grand bassin hydrologique	Plan d'action	2016	REGIONAL
Programme de mesures 2016-2021 bassin Loire-Bretagne	Plan d'action	2016	REGIONAL
Arrêté préfectoral du Morbihan du 01/02/2008 relatif à l'interdiction d'utilisation des produits phytosanitaires à proximité de l'eau	Arrêté préfectoral	2008	LOCAL
SAGE du bassin du Scorff, schéma d'aménagement et de gestion des eaux	Outil de mise en place	2015	LOCAL
Chartre d'entretien des espaces communaux de la ville de Lorient	Outil de mise en place	2011	LOCAL

En pratique, nous pouvons classer ces réglementations et axes de travail dans différentes échelles : application européenne, nationale, régionale ou locale. L'ensemble de ces documents a pour but de limiter la pollution des eaux souterraines ou des eaux de surface par souci environnemental, ainsi que de ralentir l'eutrophisation importante des milieux

(notamment dans les estuaires). Ce bilan sur les réglementations déjà notable n'est cependant pas exhaustif.

Les eaux de drainage des pelouses de haut niveau actuelles, se déversant probablement en grande partie dans des cours d'eau, leur étude s'inscrit particulièrement (bien qu'à une petite échelle) dans ces démarches et réglementations.

1.4 Positionnement d'une étude

Au vu de l'ensemble des éléments précédents, nous pouvons désormais définir le positionnement d'une étude portant sur les transferts d'intrants dans les eaux de drainage d'une pelouse sportive de haut niveau.

- Les substrats qui sont le plus utilisés sur les nouvelles pelouses sont des substrats élaborés. Ils impliquent une faible épaisseur d'un substrat inerte (sables, pouzzolanes, fibres, etc.) et particulièrement bien drainé. De plus, le gazon qui s'y développe est soumis à une pression phytosanitaire importante, à de nombreux amendements et fertilisations ainsi qu'à une irrigation régulière. Il présente également une faible épaisseur de feutre. Cela en fait des surfaces particulièrement sensibles au lessivage. Une étude de la composition des eaux de lessivage et de ruissellement de ces nouvelles pelouses semble donc tout à fait pertinente.

- Ces substrats, autrefois réglementés sur des teneurs minimums, présentent aujourd'hui de plus en plus faible (quasiment inexistante) parts de matière organique, diminuant ainsi fortement la vie microbienne et le rendant plus sensible au lessivage.

- L'impact environnemental de composés comme les nitrates, les phosphates ou les pesticides a été démontré. Les gazons sportifs, bien que dans une moindre mesure, sont susceptibles de contribuer à ce type de pollution. En effet, le potentiel de transfert de ces composés n'est plus négligeable, particulièrement sur des surfaces qui n'ont fait l'objet que de peu de recherches. Une étude permettrait d'évaluer le risque de contribution de ces surfaces sportives à l'eutrophisation de certains milieux notamment.

- Les problématiques autour de la qualité des eaux sont aujourd'hui très règlementées, et ce à différents niveaux. Une étude de ce type s'inscrit parfaitement dans les réglementations ou les axes de travail mis en place au niveau européen ou français. Elle permettra un apport de données scientifiques en France sur des problématiques encore très peu traitées dans le domaine des terrains de sports.

- La réalisation d'une étude pratique sur un terrain permettrait de faire le lien en temps réel entre la réalité de la « vie » du terrain et de ses répercussions dans les eaux de drainage. Peu d'études de ce genre ont été réalisées. Une telle étude mettrait ainsi en confrontation les travaux de recherches déjà effectués à l'étranger, avec les pratiques utilisées sur les pelouses sportives en Europe. Cela permettrait d'optimiser ou de remettre en question certaines de ces pratiques. De plus, des économies en eau, en main d'œuvre ou en quantité d'intrants pourraient à terme être réalisées.

- Enfin la mise en place de cette recherche permettrait d'innover dans un milieu où la prise en compte environnementale n'est pas encore assez développée. Une estimation générale de la qualité des eaux pourra amener des données utiles en vue de d'une poursuite d'un projet plus important : la réutilisation ou la dépollution potentielle de ces eaux sont des possibilités pertinentes et de réels enjeux pour l'avenir.

1.5 Hypothèses de travail

Nous pouvons supposer que les eaux de drainage, par leur débit et leur composition, reflèteront la maintenance et la vie du terrain. Des analyses régulières, et sur une longue période, devraient permettre d'augmenter les connaissances sur l'impact environnemental de la maintenance des terrains de sports ainsi que sur la pertinence des techniques actuellement utilisées.

En effet, une certaine quantité d'intrants est lessivée ou ruisselée sur ces pelouses sportives de haut niveau. L'importance de ces phénomènes pourra être étudiée à travers les eaux de drainage récupérées.

Il semble que notre problématique englobe donc des enjeux importants. La mise en place d'une étude se justifie d'un point de vue à la fois scientifique et environnemental. L'étude des eaux de drainage doit permettre d'avoir des informations d'ordre technique sur les pratiques de maintenance, et d'ordre scientifique pour mesurer leurs impacts environnementaux.

Nous pouvons désormais nous questionner sur la mise en place d'un protocole pour une étude de ce type.

PARTIE 2 : ELABORATION D'UN PROTOCOLE D'ETUDE SUR LE STADE DU MOUSTOIR A LORIENT

2.1 Une opportunité de mise en place d'une étude à Lorient sur le stade du Moustoir

2.1.1 Contexte du projet

Le stade du Moustoir est le stade de la ville de Lorient (18 000 places). Il accueille l'ensemble des matchs du club de foot le FC Lorient qui évolue en Ligue 1. La pelouse du stade du Moustoir (constituée d'un tapis synthétique installé en 2010) a fait l'objet d'un projet de rénovation. En effet, le tapis synthétique a été transformé en pelouse naturelle durant l'été 2016. Les travaux de transformation ont débuté le 17 mai 2016. Le procédé mis en place est un semis sur le substrat élaboré AirFibr®.

2.1.2 Une opportunité technique : la récupération des eaux de drainage

L'ancienne structure sur laquelle reposait le tapis synthétique est une couche de souplesse reposant elle-même sur une couche de base en béton bitumineux drainant, une couche de fondation drainante et un fond de forme. Celle-ci offre une possibilité de réutilisation en tant que support du nouveau terrain.

La conservation de la structure, et en corollaire, le rehaussement du terrain permettent :

- l'économie de sa démolition et son évacuation.
- l'amélioration des lignes de visés des spectateurs des rangs 1 à 8.
- l'installation d'un dispositif de récupération globale des eaux de drainage par étanchement de l'ancienne couche de souplesse. Cela permettant leur analyse.

Lors de l'élaboration du projet de rénovation, le maître d'œuvre (Novarea), ainsi que le maître d'ouvrage (la ville de Lorient) ont voulu d'un commun accord accompagner le projet avec la mise en place d'une étude expérimentale et environnementale portant sur les dynamiques de flux d'intrant dans les eaux de drainage, permettant ainsi de mettre en application concrète l'idée d'une étude générale présentée dans la première partie.

Le principe de transformation du terrain est exposé sur la figure 3 ci-dessous. On y observe la nouvelle structure du terrain rehaussée et la pose d'un géocomposite d'étanchéité sur l'ancienne couche de souplesse.

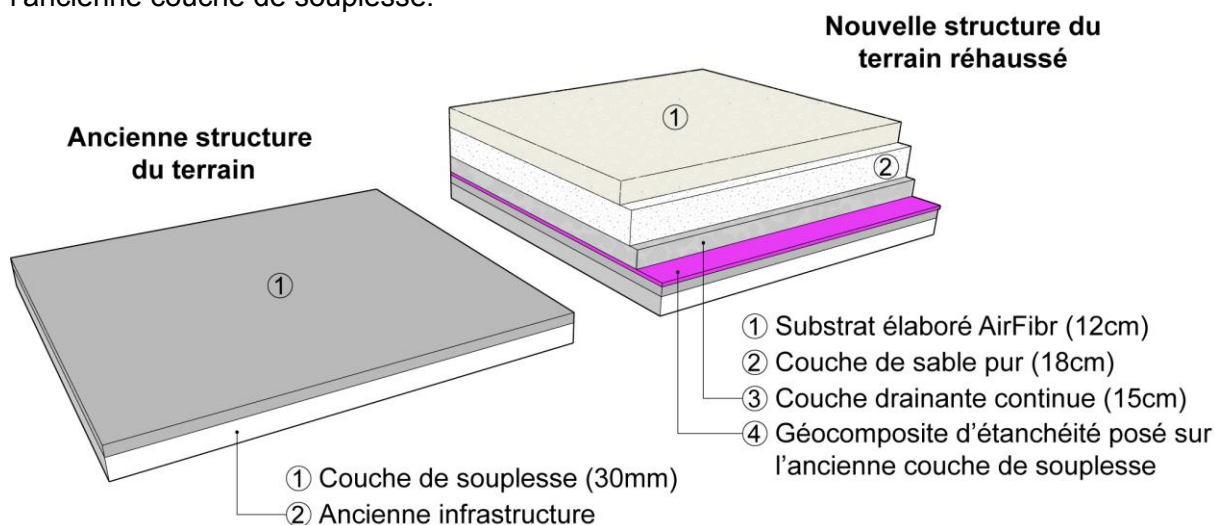


Figure 3 : Schéma du principe de transformation de la pelouse du stade du Moustoir (auteur : Quentin BRUNOT)

2.1.3 Les acteurs et motivations du projet

2.1.3a La ville de Lorient : une collectivité « verte »

La ville de Lorient est une ville particulièrement engagée et pilote dans la prise en compte et le développement environnemental. Cet engagement se traduit par la force et l'efficacité de son service environnemental. Il propose un investissement remarquable dans son agenda 21, un travail important sur les économies d'énergie et l'économie de la ressource en eau, le développement d'énergies renouvelables, ou encore une gestion différenciée des espaces verts efficace.

Cet investissement a été récompensé : en 2013, Lorient est désignée par « Naturepariff » comme la capitale française de la biodiversité dans sa catégorie. En juin 2015, la collectivité a obtenu le label « Cit'ergie » qui récompense un engagement prononcé et continu dans la politique des énergies durables, en cohérence avec des objectifs climatiques [15].

2.1.3b Novarea : un laboratoire de contrôle impliqué

Novarea est un laboratoire d'essai et un bureau de contrôle technique spécialisé en terrains de sports synthétiques et naturels, pistes d'athlétisme, sols équestres, golfs, gymnases, tennis et aménagements paysagers. Les missions comprennent des diagnostics, des études spécifiques, des suivis de travaux, des analyses de matériaux et de produits en laboratoire. Elles s'adressent principalement aux collectivités, fédérations, clubs sportifs et entreprises de construction. Depuis plusieurs années, la bureau suit et contrôle les travaux des plus grands stades français, tout en y déplorant le manque d'investissement environnemental dans l'élaboration des chantiers. Ayant le statut de maître d'œuvre pour la transformation de la pelouse du stade du Moustoir, Novarea a proposé à la ville de Lorient de mettre en place, parallèlement aux travaux, une étude sur les eaux de drainage du terrain. A travers cette étude, Novarea espère comprendre de manière plus précise les phénomènes de transfert d'intrants par lessivage du terrain et ainsi de développer et de renforcer son activité environnementale.

2.1.4 Principe général de l'étude

Lors des travaux, un géocomposite d'étanchéité sera installé sur l'ancienne structure portant le tapis synthétique (couche de souplesse). Il permettra de conduire l'ensemble des eaux de lessivage et de ruissellement du terrain jusqu'à un collecteur drainant situé en périphérie de l'aire de jeu qui les collectera. Ce drain amènera l'eau collectée dans une station de relevage en sortie du terrain. Ce principe de récupération des eaux de lessivage et ruissellement est exposé ci-dessous sur la figure 4.

Le terrain se transforme donc en une case lysimétrique permettant de récupérer l'ensemble des eaux qui y sont drainées ou ruisselées.

En effet, les eaux de pluie et d'irrigation, après avoir traversé la couche de jeu, s'écouleront dans la couche drainante en surface du géocomposite étanche. Elles ruisselleront sur ce géocomposite avant de rejoindre le collecteur périphérique du terrain. Ce collecteur récupère donc l'ensemble des eaux de l'aire de jeu en pelouse naturelle, ainsi que celles de la bordure de l'aire de jeu en gazon synthétique.

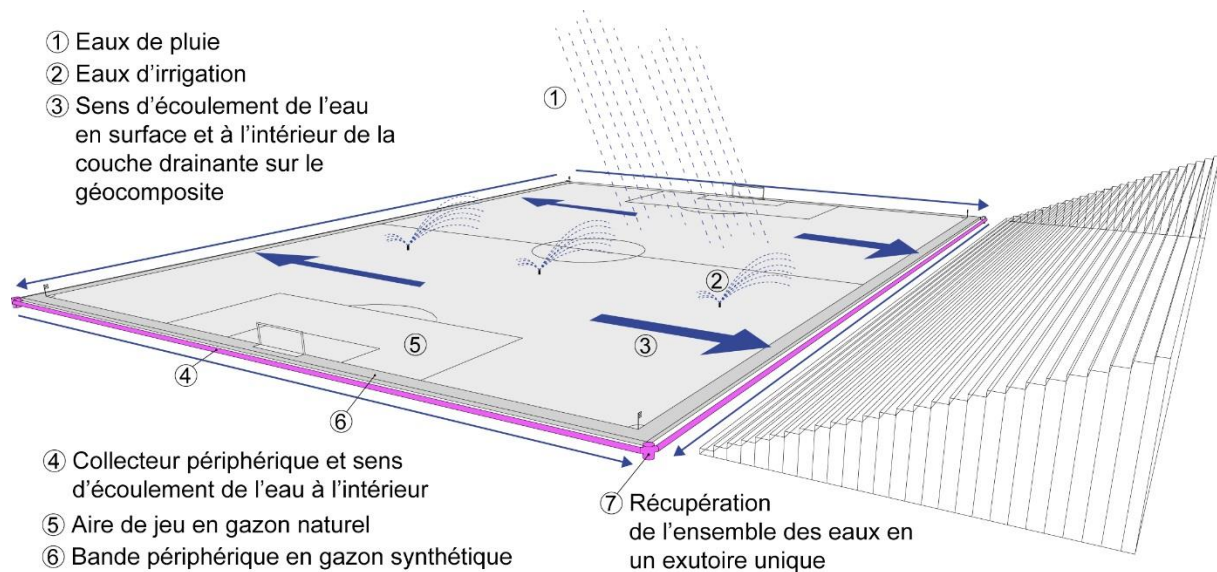


Figure 4 : Principe général de l'étude : récupération des eaux de lessivage et ruissellement (auteur : Quentin BRUNOT)

Le but précis et final de cette étude est de déterminer les quantités d'intrants perdus par lessivage (fréquence et concentration), les quantités d'eau drainées par le terrain et de faire une mise en parallèle pertinente avec la maintenance pratiquée.

2.2 Chronologie et phasage de l'étude

2.2.1 Etude préliminaire des eaux de drainages

La phase initiale de l'étude doit permettre d'obtenir un premier aperçu des dynamiques des eaux de drainage du terrain. Elle consiste à déterminer des ordres de grandeur sur les débits en sortie de drainage, sur les quantités d'eau drainées ainsi que sur la composition de ces eaux.

En effet, la capacité de rétention en eau du terrain ou du système installé (terrain et collecteur périphérique) étant encore inconnue, il est difficile de se faire une idée des dynamiques de débit en sortie du terrain. Les paramètres pouvant influer sont : la rétention de la couverture végétale, les eaux résiduelles dans le système après ressuyage, les eaux stockées dans la structure, la masse racinaire, l'état de surface du terrain (algue, feutre, etc.), la transmissivité des éléments en place, l'équilibre assainissement/drainage, etc.

Afin d'établir un protocole d'étude précis, ces données sont indispensables : elles conditionneront le type d'appareillage utilisé et la méthodologie d'analyse.

Les données météorologiques (pluviométrie des dix dernières années en particulier) de la station météo Lorient - Lann Bihoué nous indiquent que les précipitations sont régulières : en moyenne, sur 138 jours/an la pluviométrie est supérieure à 1mm/jour et donc peu importante (les plus fortes pluviométries sont proches de 40mm/jour) [16]. Une pluie de 40mm pendant 6 heures, pour une surface récupérée de 7578m², entraînerait un débit en sortie de 50m³/h. Cependant, on ne sait à quelle vitesse ces eaux traverseront le terrain et combien y resteront stockées. Ces données météorologiques nous donnent un premier ordre de grandeur, mais des données plus précises sont nécessaires pour établir une véritable étude. L'installation d'un débitmètre provisoire (avec une gamme de mesure très large) en sortie de terrain permettrait d'acquérir les connaissances nécessaires pour l'achat et l'installation d'un débitmètre plus précis, avec une gamme de mesure plus resserrée.

De la même manière, une première idée de la composition chimique de l'eau en sortie de drainage peut être utile pour préciser le protocole d'étude sur le long terme. L'installation de sondes pH et conductivité électrique en sortie de terrain permettrait de savoir si la composition des eaux de drainage évolue dans le temps et ainsi de confirmer en partie certaines de nos hypothèses. pH et conductivité permettraient de savoir si les eaux sont plus ou moins chargées. En effet, les ions nitrate et phosphate possèdent des conductivités molaires ioniques respectives de 7.14 et 27.84 mS.m².mol⁻¹ qui contribueront donc de manière importante à la conductivité de l'eau de drainage si celle-ci est chargée. Le couple acido-basique HNO₃/NO₃⁻ possède un pKa de -1 et le couple H₃PO₄/H₂PO₄⁻ possède un pKa de 2.15. NO₃⁻ et H₂PO₄⁻ sont donc des bases faibles. Un pH acide témoignera donc d'une éventuelle présence en nitrates et phosphates dans les eaux de drainage. Bien que de nombreux autres paramètres entrent en jeu dans les valeurs de pH et de conductivité, ces mesures peuvent amener des premières indications.

Cette démarche nous permettra d'ajuster au mieux le protocole d'étude final, en confirmant nos hypothèses et en permettant l'achat du matériel le plus adapté possible.

2.2.2 Etude sur le long terme des eaux de drainage : système d'étude technique

Suite à cette première phase, une phase d'acquisition de données plus précises sur le long terme (en termes d'appareillage et de prises de mesures) sera programmée en fonction des résultats obtenus lors de la première étude mise en place.

Elle consiste dans la réalisation d'une plateforme expérimentale fixe et modulable, conçue en fonction de ce que l'on recherche à l'échelle du terrain. Elle permettra, pour notre étude, un suivi des débits sortants en continu et l'étude précise de la qualité des eaux de drainage. Ces informations seront misent en lien direct avec la maintenance du gazon (opération mécanique, intrants, manifestation) ainsi qu'avec la météo (pluie, vent, température) du site.

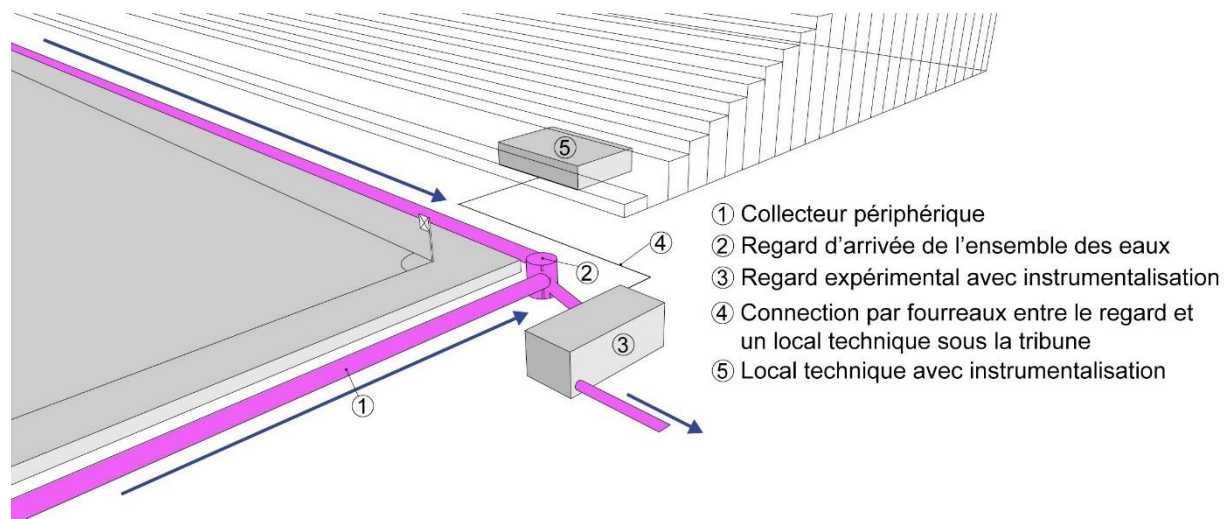


Figure 5 : Schéma du système d'étude final des eaux de drainage envisagé
 (auteur : Quentin BRUNOT)

L'ensemble du dispositif expérimental figure sur le schéma ci-dessus. En pratique, un regard expérimental de dimension 2x1x2m sera installé en sortie de terrain. Un tuyau PVC de 250mm y déversera l'ensemble des eaux drainées par le terrain. Les eaux ainsi récupérées seront étudiées afin de déterminer les débits en sortie de drainage, le pH, la température, la conductivité de l'eau, la composition chimique précise des eaux (concentration en nitrates, phosphates et pesticides particulièrement).

Le regard expérimental installé sera mis en communication par des fourreaux avec un local technique sous la tribune la plus proche, afin de pouvoir y entreposer du matériel plus fragile ou plus encombrant et d'avoir ainsi un accès plus aisé pour la récupération des données. Le détail technique de ce regard figure en annexe III.

2.3. Caractérisation des eaux de drainage

2.3.1 Débits

Le premier paramètre que nous voulons étudier pour caractériser les eaux de drainage est le débit. En effet celui-ci renseignera de manière fiable sur les quantités d'eau mises en jeu et donc sur les dynamiques du drainage (capacité de rétention en eau du terrain importante ou, à l'inverse, forte sensibilité au lessivage). Ces données permettront d'adapter le protocole d'analyse et notamment la méthodologie d'échantillonnage. Un débit continu et important en sortie du terrain entraînerait une concentration moins importante en intrants mais finalement une plus grande quantité (lessivage plus important), tandis que des débits très faibles produiraient des eaux plus chargées mais contenant moins d'intrants sur un cumul annuel.

Pour mesurer ce débit en sortie de drainage un débitmètre à poste fixe sera installé.

Le choix d'un débitmètre s'élabore en fonction de plusieurs paramètres : localisation de l'appareil, type de tuyauterie, qualité des eaux, gamme de débit, type de mesure, ...

Notre analyse converge - débit peu important ou impermanent, tuyauterie non en charge, eaux claires, étude réalisée sur le long terme et en continu - vers l'utilisation d'un débitmètre de type « canal venturi » (sous réserve des résultats de la première étude réalisée avec un débitmètre de location). La fiche technique du débitmètre envisagé figure en annexe II.

2.3.2 Pesticides, Nitrates et Phosphates

Les nitrates présentent la particularité d'être des ions nécessitant une réfrigération des échantillons rapide afin de conserver les concentrations exactes de ces éléments. En effet la réfrigération des échantillons permet l'inhibition des réactions pouvant transformer les nitrates et ainsi fausser les concentrations mesurées.

La mesure en continu des concentrations en nitrates et phosphates dans les eaux de surface est particulièrement onéreuse et nécessite des calibrages fréquents [17].

De la même manière l'étude de la concentration de pesticides dans les eaux est complexe et également coûteuse. Le nombre de molécules actives recherchées est très important. Des systèmes d'échantillonneurs passifs existent cependant ceux-ci demande un calibrage précis en laboratoire ainsi qu'un entretien régulier. De plus ceux-ci ne permettent pas de connaître le moment exact de relargage de la substance (Mazzella et Al., 2011).

Une étude des eaux en laboratoire spécialisé à partir d'échantillons des eaux de drainage est donc la plus adaptée à notre étude. Pour cela, il faut passer par un échantillonnage de l'eau de drainage. Pour obtenir ces échantillons, un préleveur automatique fixe et réfrigéré sera installé en sortie du drain périphérique. Celui-ci aura une capacité de 12 échantillons de 3L permettant de réaliser l'ensemble des tests en laboratoire. Le préleveur sera réfrigéré afin de conserver les différents éléments à analyser. Le flaconnage utilisé sera de type « polyéthylène normalisé PE ».

Ce préleveur permet de réaliser automatiquement des échantillons par aspiration de l'eau en sortie de drainage. Il est directement relié au débitmètre. Le débitmètre transmet l'information au préleveur (par impulsion proportionnelles aux débits mesurés) afin qu'il puisse déclencher la réalisation d'un échantillon. Les échantillons réalisés sont ensuite

stockés et réfrigérés dans la machine. Le préleveur sera situé dans le local sous la tribune, et le tuyau d'aspiration passera par les fourreaux mis en place, pour plonger dans le regard afin de pouvoir échantillonner. La fiche technique du préleveur figure en annexe II.

Les échantillons seront réalisés lorsque les débits dans la canalisation seront suffisants, mais également en fonction de la quantité d'eau qui se sera écoulée. Quatre programmes de types de prélèvements différents ont été réfléchis pour cette étude.

Programme 1 : on déclenche un prélèvement tous les Xm^3 écoulés. Ce programme permettra d'avoir un échantillon régulier afin d'observer des différences éventuelles entre les caractéristiques des eaux en fonction du temps.

Programme 2 : on déclenche un prélèvement tous les Xm^3/h atteints. Ce programme permettra d'étudier les eaux lorsque le débit sera important.

Programme 3 : on déclenche un prélèvement au tout début d'un évènement (dès la détection d'un débit non nul, après une période de débit nul). Ce programme permettra d'évaluer l'état de l'eau au tout début d'un évènement.

Programme 4 : on déclenche un prélèvement à la fin d'un évènement (dès la détection d'une diminution conséquente du débit). Ce programme permettra d'évaluer l'état de l'eau en fin d'évènement et de pouvoir ainsi le comparer avec son état initial.

Ce protocole sera ajusté en fonction de l'ordre de grandeur des quantités d'eau récupérées dans le collecteur. Lorsque la capacité d'échantillonnage maximale du préleveur sera atteinte les échantillons seront relevés. Ils seront transportés au laboratoire d'analyse certifié le plus proche (EUROFINS à Caudan). Les analyses demandées au laboratoire figurent dans le document de protocole en annexe IV. Ce tableau reste modifiable et ajustable. Le choix de pesticides ou molécule actives à analyser sera fait en fonction des substances amenées sur le terrain.

2.3.3 pH, température et conductivité

Ces trois paramètres mesurés en continu permettront d'avoir une information permanente sur les eaux qui s'écoulent du terrain. Suite à la première caractérisation des eaux, ces mesures seront ensuite mises en lien avec les prélèvements réalisés. En effet, les prélèvements ne pouvant pas donner une source d'une information continue sur les eaux et malgré le fait qu'ils présentent par leur analyse une cartographie très précise de l'état de l'eau à un moment donné, ils sont coûteux et nécessitent des interventions sur le site régulières (récupération et transport des échantillons).

La mise en corrélation de ces trois paramètres avec les résultats des analyses sur les échantillons permettront de combler le manque d'information durant les périodes de « non-prélèvement » et peut-être, à terme, de remplacer l'échantillonnage. Les mesures seront réalisées à l'aide de sondes en immersion dans le regard expérimental. Les fiches techniques des sondes utilisées figurent en annexe II.

2.4 Données météorologiques

Lors de l'étude, une station météo sera installée sur le terrain, Celle-ci permettra de confronter l'ensemble des mesures effectuées sur les eaux de drainage à un certain nombre de paramètres météorologiques tels que la pluviométrie, l'humidité du sol, l'hygrométrie, le vent, l'ensoleillement (intensité et durée) ou encore la température.

Ces relevés pluviométriques précis permettront également de réaliser le bilan hydrique complet du terrain (compteur pour l'arrosage et débitmètre en sortie).

2.5 Donnée de maintenance

La maintenance du terrain sera assurée par l'entreprise Sportingsols. L'ensemble des interventions réalisées sur le terrain seront archivées dans un journal d'entretien du terrain. Ce journal permettra d'inventorier les informations précises sur la vie du terrain comme l'ensemble des opérations mécaniques, des apports et des traitements réalisés sur le terrain. Cela permettra de les utiliser pour la compréhension et l'interprétation des données obtenues sur les eaux de drainage.

L'arrosage de la pelouse sera lui aussi quantifié quotidiennement. Un compteur en amont du système d'arrosage permettra de relever chaque jour la quantité d'eau apportée sur la pelouse.

Notons que la pelouse du stade du Moustoir possède un système de chauffage et de complément d'éclairage. Ces données seront relevées parallèlement de manière quotidienne et précise. Les temps d'utilisation des rampes seront relevés et une sonde de chauffage au milieu du terrain permettra de recueillir des informations sur la température du sol.

Ces données seront encore accompagnées de différents contrôles qui seront effectués régulièrement sur le terrain. Ces contrôles concernent des paramètres comme la dureté du sol, son état agronomique, la densité du tapis végétal ou encore la perméabilité du terrain. Ces contrôles apporteront des données d'interprétations supplémentaires.

L'ensemble des feuilles de saisie des données du terrain figurent en annexe IV.

2.6 Données propre au système d'étude : influence de la case lysimétrique

L'aire de jeu en gazon naturel est entourée d'une bordure en gazon synthétique variant entre 3.5 m et 5.5m selon le côté considéré. Ce gazon synthétique repose sur une couche de souplesse et une grave drainante. Sur celui-ci, les eaux de ruissellement se déversent dans un caniveau qui ne concerne pas l'étude. Par contre les eaux de drainage s'infiltreront jusqu'au collecteur périphérique du terrain et se mélangent aux eaux provenant de l'aire de jeu en gazon naturel.

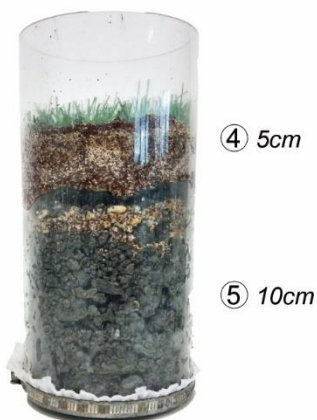
Ainsi la récupération des eaux de drainage de la surface en synthétique est une obligation technique, et l'état de ces eaux sera pris en compte dans les analyses. En effet, les granulats EPDM utilisés pour le remplissage du gazon synthétique (bien qu'ils datent de plusieurs années) auront probablement une répercussion dans la composition des eaux de drainage qu'il faudra prendre en compte. La surface en synthétique étant minime par rapport à l'aire globale de jeu, la perturbation des résultats d'analyse sera de moindre mesure. De la même manière, les graves ou gravillons utilisés comme couche drainante sous le sol synthétique ou sous le substrat peuvent influencer sur la composition des eaux récupérées. Cette éventuelle influence doit donc être étudiée préalablement.

Pour cela des premières mesures ont été réalisées en laboratoire. Des colonnes expérimentales (voir figure 6 ci-dessous) reconstituant la structure du terrain en place à Lorient ont été élaborées. Une colonne représente le terrain en gazon naturel et l'autre la structure de terrain sous la bordure périphérique en gazon synthétique. Les colonnes ont été lessivées par de l'eau de ville de conductivité et pH connues. La même eau a été analysée après lessivage.

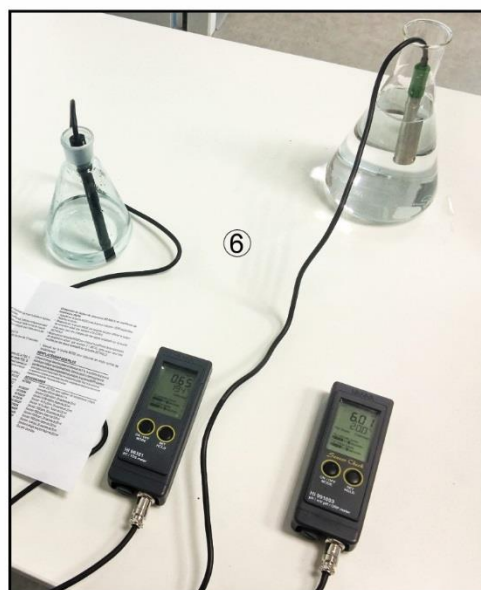
**Colonne terrain
gazon naturel**



**Colonne bordure
gazon synthétique**



- ① Substrat AirFibr
- ② Sable amendé en zéolite
- ③ Gravillon drainant



- ④ Remplissage du gazon synthétique composé de liège + EPDM
- ⑤ Grave drainante
- ⑥ PHmètre et conductimètre utilisés

Figure 6 : Etude de la conductivité des eaux de lessivage de colonnes expérimentales en laboratoire (auteur : Quentin BRUNOT)

Les résultats de l'expérience figurent dans le tableau 3 ci-dessous. On observe tout d'abord que la structure sous le gazon synthétique et notamment les granulats EPDM ne semblent pas influés sur la conductivité de l'eau de lessivage. A l'inverse on observe une augmentation de la conductivité de l'eau après passage dans la colonne du terrain en gazon naturel. Après une étude complémentaire cette augmentation de conductivité serait due à la présence de zéolite dans le sable. En effet celle-ci est chargée en éléments nutritifs qui doivent être en partie lessivables. Les mesures de pH n'ont pas été relevées en raison de doutes sur la fiabilité du matériel utilisé.

Tableau 3 : Résultats du lessivage des profils de sol utilisés sur le terrain en gazon naturel et la bordure en gazon synthétique (auteur : Quentin BRUNOT)

	colonne terrain gazon naturel	Colonne terrain gazon synthétique	Colonne sable amendé
Nb. de passages dans la colonne	conductivité (mS)	conductivité (mS)	conductivité (mS)
eau de ville = 0 passage	0,65	0,65	0,65
solution après 1 passage	0,8	0,66	0,81
solution après 2 passages	0,82	0,66	0,82
solution après 3 passages	0,83	0,67	0,83
solution après 4 passages	0,83	0,66	0,83

Suite à ces résultats, nous pouvons émettre l'hypothèse que les éléments constitutifs du terrain n'influeront que très peu sur la composition des eaux en sortie de drainage, au regard des paramètres qui nous intéressent. Nous noterons cependant que l'amendement en zéolite réalisé sur le sable est lui un paramètre à l'origine de phénomène de transfert d'intrants.

2.7 Bilan sur les l'acquisition des données

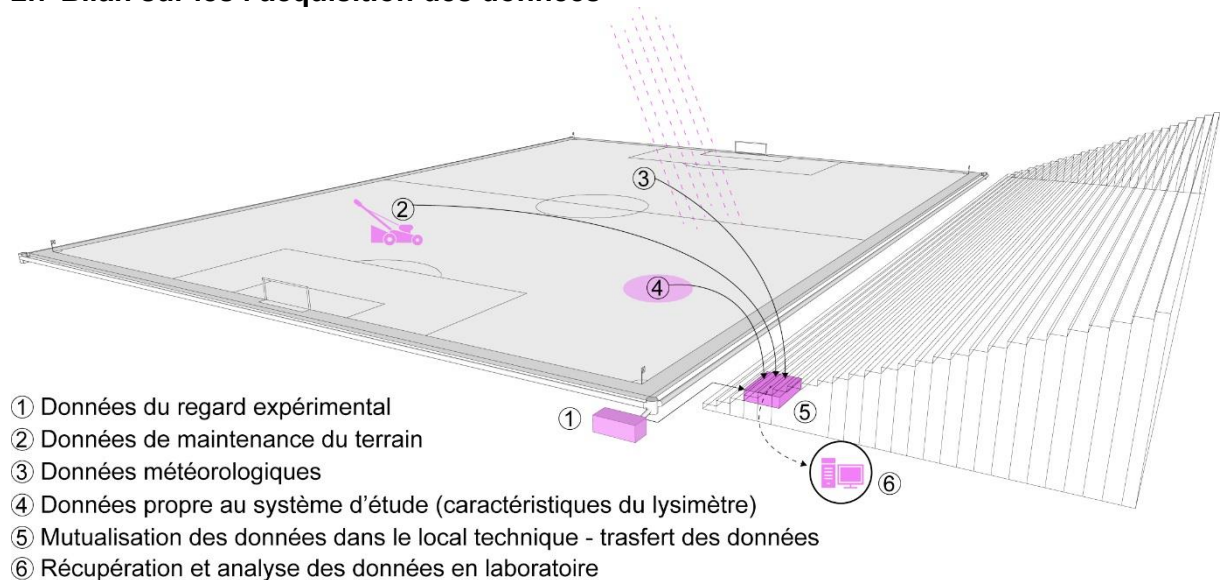


Figure 7 : Fonctionnement général de mesure et d'acquisition de données sur le terrain
(auteur : Quentin BRUNOT)

La figure 7 ci-dessus résume l'ensemble des données qui seront collectées sur le terrain. Le fait d'avoir le plus d'information possible sur ce système d'étude très important permettra une analyse d'autant plus précise et fiable des résultats.

2.8 Préparation de l'étude lors du chantier

La mise en place de ce système d'étude (hors matériel de mesure) a eu lieu durant le chantier de rénovation du terrain. L'étanchement du terrain, la réalisation du collecteur, la construction d'un regard expérimental et sa connexion avec un local technique sous la tribune ont été réalisés afin de permettre un bon déroulement de la future étude.

2.8.1 Pose du géocomposite sur le fond de forme



Le géocomposite (bâche blanche sur la droite de la figure 8) est posé sur l'ensemble de l'ancienne couche de sables avant d'être recouvert par la nouvelle structure du terrain. Il sera ensuite rabattu dans la tranchée du collecteur périphérique (à gauche).

Figure 8 : Mise en place du géocomposite le 25/05/2016, Lorient (auteur : Quentin BRUNOT)

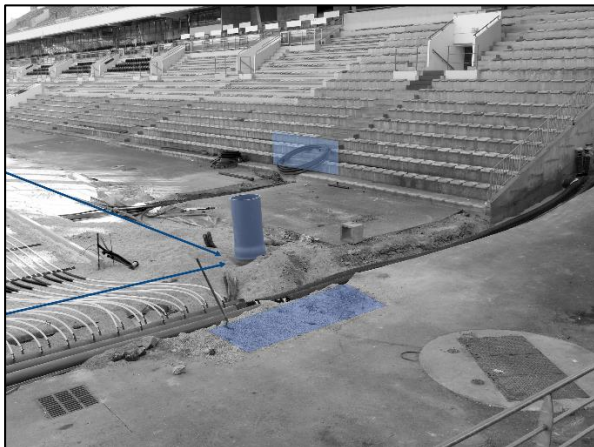
2.8.2 Réalisation du collecteur périphérique



Le collecteur périphérique bien visible sur la figure 8 est rempli par un gravillon drainant (figure 9 ci-contre). Le géocomposite est alors rabattu à l'intérieur. Ainsi l'eau ruisselle de gauche à droite pour être finalement captée par le drain au fond de la tranchée collectrice.

Figure 9 : Réalisation du collecteur périphérique le 25/05/2016, Lorient (auteur : Quentin B.)

2.8.3 Pose du regard expérimental



La figure 10 ci-contre reprend l'orientation de la figure 5. On y retrouve le drain périphérique (flèche bleue) qui se déverse dans le tampon cylindrique. Ce tampon est connecté avec le regard expérimental représenté par le rectangle bleu au bas de la photo. Enfin ce regard est connecté au local technique dont l'emplacement est indiqué sous la tribune.

Figure 10 : Emplacement du regard expérimental le 21/06/2016, Lorient (auteur : Quentin B.)

2.8.4 Connection avec le local technique sous la tribune



La figure 11 présente à gauche les fourreaux partant du regard pour rejoindre le local technique et à droite l'intérieur du regard avec tout en haut le départ de ces mêmes fourreaux. La canalisation située au-dessous est l'arrivée de l'ensemble du drainage du terrain. La canalisation en bas du regard est, elle, la sortie de l'eau vers la suite du réseau.

Figure 11 : Connection regard expérimental avec le local technique le 12/07/2016, Lorient le 25/05/2016, Lorient (auteur : Quentin B.)

Le reportage photographique complet du suivi de chantier de rénovation de la pelouse du stade du Moustoir figure en annexe V : de l'étanchement de l'ancienne structure à la pousse du gazon.

2.9 Revue critique du protocole

2.9.1 Une étude pratique à grande échelle

Le dispositif de cette étude présente l'avantage de se rapprocher au maximum des conditions réelles d'un concept d'une pelouse sportive de haut niveau. Elle peut permettre de faire un parallèle rapide et pertinent entre la composition des eaux de drainage et un ensemble de pratique de maintenance et d'exploitation. L'ensemble des données collectées sera rapidement exploitable car il proviendra de l'utilisation régulière du terrain.

Cependant ce dispositif à l'échelle d'un terrain entier présente aussi une grande variabilité. En effet nous avons pu voir que de très nombreux facteurs pouvaient influencer la composition ou la quantité des eaux de drainage. Les résultats obtenus devront donc être utilisés avec précaution. Si de grandes tendances sont mises en évidence rapidement, la contribution spécifique de chaque paramètre mettra plus de temps à être discriminée.

2.9.2 Un système d'analyse bien particulier

Ce système d'étude n'ayant jamais été mis en place ailleurs, il nécessitera sûrement des modifications suite à sa mise en activité.

En effet, nous ne pouvons pas encore prévoir quelles seront les quantités d'eau récupérées par le drain périphérique. La capacité de rétention en eaux du substrat AirFibr® est importante, et la mise en charge de la couche drainante ou du collecteur nécessitera également l'arrivée d'importantes quantités d'eau.

Bien que la présence d'intrants dans les eaux de drainage soit certaine, l'ordre de grandeur des quantités lessivées (bien que supposé important) sur ce type de surface est encore inconnu. La quantité d'intrants lessivés ou ruisselés est donc incertaine. Cela pourra entraîner le lancement éventuel d'une seconde étude pour le traitement et la réutilisation des eaux récupérées.

Le substrat AirFibr® est spécifique dans sa composition et sa mise en œuvre. De plus, nous avons pu constater que les structures de ces terrains sportifs de haut niveau étaient bien particulières. Ainsi, les résultats de cette étude, contrairement au protocole d'analyse, ne seront pas extrapolables sans précautions à n'importe quels terrains.

La pelouse du Moustoir est une pelouse qui va être chauffée et qui va recevoir un complément d'apport lumineux. Ces deux paramètres n'ont jamais été étudiés et devront être pris en compte durant l'étude.

De manière plus générale, le très grand nombre de paramètres propres au terrain ici étudié - et qui vont être pris en compte dans les différentes analyses - ne permettra pas véritablement d'exploiter ces résultats pour d'autres stades. Cependant, la démarche de l'étude, quant à elle, le sera parfaitement. De plus, les ordres de grandeur mis en évidence dans les résultats inciteront ou non au développement d'autres démarches du même type. Cette étude permettra donc d'apporter des éléments d'information sur les questionnements émis, mais cependant ces résultats seront à prendre avec des réserves.

2.9.3 Risques et limites envisagées

Suite à ce protocole, nous nous devons donc d'émettre un certain nombre de limites et d'évaluer certains risques pour l'étude envisagée. Tout d'abord, cette étude requiert un très grand nombre de connaissances dans différents domaines et particulièrement celui des modes de transferts des intrants à travers le sol. Un soutien technique sur ces questions permettrait d'exploiter les résultats de la manière la plus efficace.

La pertinence de l'échantillonnage réalisé repose sur la bonne programmation du préleveur. En effet, les programmes mis en place doivent être le plus représentatifs possible de l'ensemble des eaux qui va s'écouler dans le regard expérimental. Ces programmes seront donc peut-être à adapter si un manque de représentativité des échantillons est constaté.

Le système d'étude étant très ouvert et très exposé (stade ouvert avec déroulement de nombreuses manifestations, intervention de nombreux acteurs, etc.), il peut être affecté par de nombreuses pollutions qui viendraient alors perturber l'étude. Ce facteur aléatoire (vie du terrain) doit donc être pris en considération. Plus le système de fonctionnement du terrain sera étudié, plus ce biais pourra être parallèlement pris en compte.

Finalement, ce protocole d'étude déjà bien avancé gagnerait en précision avec le soutien de partenaires techniques (laboratoires, bureaux d'étude, organisateurs) ayant déjà travaillé sur ces problématiques.

Nous pouvons désormais nous questionner sur le lancement de cette étude (installation du matériel de mesure notamment) et sur le traitement et l'utilisation des résultats obtenus.

PARTIE 3 : LANCEMENT ET EXPLOITATION DE L'ETUDE

3.1 Lancement et renforcement de l'étude

Suite à la préparation de l'étude des travaux, à la phase de lancement de chantier du terrain et au semis du gazon, l'installation du matériel de mesure dans le regard expérimental est nécessaire pour débiter au plus tôt le suivi des dynamiques de drainage du terrain.

Comme nous l'avons vu, la première phase de l'étude consiste en une caractérisation des ordres de grandeur des paramètres étudiés. Cependant, le coût de l'étude dans sa globalité étant important, une période de recherche de partenaires techniques et financiers est nécessaire pour permettre l'installation du matériel de mesure préconisé et le suivi de l'étude.

3.1.1 Recherche de partenaires financiers

Le tableau 4 ci-dessous présente le coût global des différents postes pour l'étude si elle est menée sur deux années.

Tableau 4 : Chiffrage du coût de l'étude sur deux ans (auteur : Quentin BRUNOT)

FRAIS DE PERSONNEL	coût horaire	année 1		année 2		total	
		nb h	coût €	nb h	coût	nb h	coût
Ingénieur chargé du projet 1j/semaine	65	321	20 865	321	20 865	642	41 730
Frais de personnel connexe 15%			3 130		3 130		6 260
sous-total			23 995 €		23 995 €		47 990 €
	coût €	quantité		quantité			
MATERIEL D'ACQUISITION DE DONNÉES SUR TERRAIN							
Débitmètre de type canal venturi	1 500	1	1 500				1 500
Sonde PH et temperature	400	1	400				400
Sonde conductivité	800	1	800				800
Boitier d'aquisition des sondes	800	1	800				800
Boitier aquisition du débitmètre	1 000	1	1 000				1 000
Preleveur automatique	5 000	1	5 000				5 000
Cablerie et connectique	500	1	500				500
Station météo	1 000	1	1 000				1 000
Complément de matériel sur la seconde année	5 000			1	5 000,0		5 000
sous-total			11 000 €		5 000 €		16 000 €
	coût €	quantité		quantité			
TRAITEMENT / ANALYSE DES DONNEES EN LABORATOIRE							
Analyse des échantillons prelevés en laboratoire (4/semaine)	50	100	5 000	100	5 000,00		10 000
Boitier transmetteur de télégestion des données	1 500	1	1 500				1 500
Plateforme informatique d'analyse	2 000	1	2 000				2 000
sous-total			8 500 €		5 000 €		13 500 €
total des dépenses							77 490 €

Nous réalisons donc bien que sans un minimum d'investissement en début d'étude, celle-ci ne pourra pas avoir lieu. La recherche de partenaires financiers pour le projet permettra d'apporter les fonds nécessaires. Pour cela, un dépôt de dossiers de candidature à plusieurs types de subventions a été envisagé. Plusieurs programmes européens ou français proposent en effet des subventions et des aides au montage de projets expérimentaux en accord avec les objectifs des grandes politiques actuellement menées. Les différents programmes identifiés figurent dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des programmes de financement étudiés
(auteur : Quentin BRUNOT)

Nom du programme	Présentation succincte	organisme	action
<u>CREDIT IMPOT RECHERCHE</u>	Le crédit d'impôt recherche est une mesure générique de soutien aux activités de R&D des entreprises. Les entreprises qui engagent des dépenses de recherche fondamentale et de développement expérimental peuvent bénéficier du CIR en les déduisant de leur impôt.	France Service des impôts	depot d'un dossier
<u>PROGRAMME LIFE</u>	Le programme life finance des projets et des actions qui s'inscrivent la politique et la législation européenne dans le domaine de l'environnement.	Europe Union Européenne	Participation à la conférence de présentation du programme à la Défense le 11/04/16. Le bilan de la journée figure en annexe.
<u>AAP REGION CENTRE</u>	Financement de projet régionaux "innovant" grave au fonds européens FEDER et aux aides de la région. Les projets doivent être portés par des PME et intégrer la commercialisation des innovations.	Europe et France Région Centre Val de Loire	depot d'un dossier
<u>AAP R&D JEVI</u>	La direction de la recherche et de l'innovation du ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (MEEM) en lien avec la direction de l'eau et de la biodiversité lance cet appel à projets de recherche et innovation dans le cadre de l'axe 2 « Améliorer les connaissances et les outils pour demain et encourager la recherche et l'innovation » du plan Écophyto II. Le présent appel vise à susciter des projets de recherche et innovation novateurs, opérationnels et ciblés sur des solution alternative et innovante vis à vis de l'utilisation de produits phytosanitaires.	France Onema - Ecophyto	depot d'un dossier

Le bilan de la journée d'information LIFE du 11/04/16 figure en annexe VI. Cette recherche de financement est menée en lien étroit avec la ville de Lorient afin de donner encore plus de crédibilité à cette étude.

3.1.2 Recherche de partenaires techniques

Pour que ce projet gagne en précision et en crédibilité, le protocole d'étude pourrait être étudié, amendé si besoin et validé par un comité scientifique et technique ayant déjà travaillé sur ce type de sujets. Cette validation, ou un appui technique réel pour l'étude, permettrait d'obtenir une visibilité plus importante de ce projet et de favoriser la recherche des financements nécessaires.

Afin d'obtenir cet appui technique, l'entreprise Novarea a décidé de souscrire au pôle de compétitivité DREAM présent en région Centre Val de Loire. Ce pôle, structuré autour de la durabilité des ressources en eaux associée aux milieux, fédère des acteurs de la recherche, de la formation et des acteurs économiques. Il permet de mettre en relation de manière plus rapide et plus efficace ces différents acteurs dans le domaine de l'écotechnologie relative à l'eau et à ses milieux naturels. Adhérer à ce pôle de compétitivité devrait permettre d'obtenir des partenaires et de trouver un soutien technique pour le lancement de l'étude. Le projet y gagnera en notoriété, en précision et en fiabilité [18].

3.1.3 Relation entre les différents acteurs : question de la propriété intellectuelle

Ces recherches doivent permettre à l'étude d'être la plus concrète et la plus pertinente possible. Ainsi, la présentation d'un projet abouti à la ville de Lorient permettra également de débloquer un budget réservé à l'étude dans le service Environnement avec qui le projet d'étude est mené.

A terme, cette étude devrait faire intervenir un certain nombre d'acteurs. Cela permet de l'enrichir, mais complexifie cependant les relations entre ces différents intervenants. Notamment sur les questions de propriété intellectuelle ou industrielle des résultats obtenus.

En effet, nous avons pu voir que l'étude présentait un caractère innovant. Bien que cette étude expérimentale ne soit pas source d'un revenu direct pour la ville, ou pour l'entreprise Novarea, le caractère innovant du projet présente en lui-même une valeur. Cette valeur est fondée sur la propriété intellectuelle du système mis en place, sur son exploitation, et enfin sur les résultats obtenus. La propriété intellectuelle protège et récompense la création et l'effort des innovateurs en leur donnant des droits ; en leur permettant de diffuser leurs créations et de les faire fructifier, grâce au monopole d'exploitation pour une période déterminée (INPI, 2013). La multiplication des acteurs entraîne donc inévitablement la mise en place d'une réflexion sur ces questions de propriété. La ville de Lorient, en tant que collectivité, souhaiterait que la diffusion des résultats s'ouvre au domaine public très rapidement. Novarea souhaiterait conserver la primeur des retombés techniques et scientifiques pour valoriser sa démarche et ses compétences environnementales avant une diffusion publique plus large. Cette question, en cours de traitement, est un élément à prendre en compte préalablement au lancement de l'étude.

3.2 Calendrier prévisionnel de l'étude

Tableau 6 : Planning prévisionnel de l'étude de 2016 à 2018 (auteur : Quentin BRUNOT)

ANNEE 1 : 2016/2017	sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juill.	août
Phases d'étude	1					2						
Achat/location matériel	A					B						
Etude des débits	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Etude PH/conductivité	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Réalisation de prélèvements avec analyses en laboratoire						x	x	x	x	x	x	x
Données sur la maintenance	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Données météo						x	x	x	x	x	x	x
ANNEE 2 : 2017/2018	sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juill.	août
Phases de l'étude	3											
Achat/location matériel	C											
Etude des débits	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Etude PH/conductivité	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Réalisation de prélèvements avec analyses en laboratoire	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
substitution des prélèvements	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Données de maintenance	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Données météo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lancement de la phase de caractérisation des eaux de drainage												1
Mise en place du protocole d'étude sur le long terme												2
Complément et adaptation (retour d'expérience) du protocole d'étude												3
Location du débitmètre et achat des sondes PH/conductivité												A
Achat du débitmètre adapté, du preleveur automatique et d'une station météorologique												B
Achat de matériel complémentaire pour travailler sur la mesure continue des concentrations en nitrates												C

Un calendrier prévisionnel de l'étude est présenté sur le tableau 6 ci-dessus. Il est proposé sur deux ans afin d'obtenir des données avec au moins deux cycles complets de maintenance du terrain. L'utilisation de résultats intermédiaires pour la maintenance n'est pas exclue.

3.3 Traitement et exploitation des données

3.3.1 Stockage et méthodologie de traitement

L'ensemble des données mesurées sur le site (débits, activité des sondes, déclenchement des prélèvements, données climatiques) seront transférées sur une plate-forme internet à l'aide d'un boîtier transmetteur de télégestion des données. Cela permettra de réduire au minimum les interventions sur le terrain pour récupérer les données et ainsi de suivre à distance et en continu l'activité du système d'étude. Seront ajoutées sur cette plate-forme les données de maintenance.

La mutualisation de l'ensemble des données sur une seule plate-forme permettra une synthèse et une interprétation des résultats plus aisée. Les résultats seront analysés de la manière suivante :

- il faudra tout d'abord tenter de cartographier et de répertorier les différents types d'évènements de drainage observés. En mettant en relation les données du débitmètre avec les données pluviométriques et l'arrosage du terrain, il sera alors possible de comprendre les évènements de « sorties d'eau » du terrain. Cela permettra, dans un premier temps, d'affiner le protocole d'échantillonnage et d'optimiser l'arrosage du terrain.

- il conviendra ensuite d'identifier, dans les « sorties d'eau » mises en évidence précédemment, les évènements les plus susceptibles de présenter de fortes concentrations en intrants. L'ensemble de ces pics de concentration doit être observé sur le long terme afin de prendre en compte l'ensemble des types de pluviométrie possibles (orages importants et courts, pluies faibles mais très étalées, etc.).

- les pics de concentration seront mis en confrontation avec les débits sortants et une discrimination pourra donc être faite entre les précipitations et les eaux d'arrosage. Si les deux paramètres sont équivalents, les données d'intensité ou de durée des « sorties d'eau » pourront être utilisées.

- enfin les autres données climatiques et les données de maintenance seront confrontées aux premiers résultats obtenus. Cela pourra permettre d'obtenir des tendances sur les facteurs les plus influents qui pourront alors être modifiés afin d'observer une éventuelle évolution.

Dans un second temps, l'utilisation d'outils statistiques plus poussés comme les analyses factorielles (ACM, ACP, etc.) pourront mettre en évidence la participation plus ou moins importante d'un paramètre (maintenance ou météo).

Afin d'exploiter les données plus facilement, la constitution d'un référentiel composé d'autres référentiels d'aides à l'interprétation des données a été initié.

3.3.2 Guide à exploitation des données collectées

Afin d'exploiter les données de la manière la plus précise possible un référentiel regroupant un ensemble d'information sur les analyses d'eaux (seuils de concentration références pour les nitrates et les pesticides) ou encore sur l'importance de l'influence des différents paramètres étudiés doit être réalisé. Il permettra de pouvoir interpréter plus facilement et plus rapidement les résultats obtenus qui seront ainsi cadrés par un certain nombre de valeurs de références. Les tableaux 7 et 8 présentent un certain nombre de résultats qui devront être pris en compte pour l'analyse des résultats. Ils ont été réalisés à partir de l'ensemble de la bibliographie étudiée et peuvent encore être très largement complétés.

Tableau 7 : Comparaison de l'influence des paramètres étudiés (auteur : Quentin BRUNOT)

Facteurs d'influences très importants	Facteurs d'influences importants	Facteurs d'influence moins importants
Volume d'arrosage	Opérations mécaniques	Vent
Volume de pluie	Epaisseur de feutre	Humidité
Quantité d'intrant apportée	Etat hydrique du terrain	Température
Type d'intrant apporté	Importance du système racinaire	
Concentration des intrants apportés	Type de gazon semé	
Age du gazon en place		
	Facteurs dont l'augmentation réduit le risque de transfert	
	Facteurs dont l'augmentation augmente le risque de transfert	

Tableau 8 : Comparaison des seuils réglementaires de qualité des eaux (auteur : Quentin BRUNOT)

	réglementation eau		
	Eau potable : France et Europe directive 98/83/CE et code de la santé publique R1321-1 et R1321-66	Eau potable Etats Unis - Environmental Protection Agency (EPA)	France : seuil d'alerte environnemental
nitrate	50 ppm	10 ppm	40 ppm
nitrite	0,5 ppm	1 ppm	-
pesticide par substance	0,00001 ppm	voir EPA national primary drinking water regulations	-
total pesticide	0,00005 ppm		-

1ppm = 1mg/l

3.4 Utilisation des résultats post traitement : suite et valorisation de l'étude

3.4.1 Impact environnemental

3.4.1a Le recyclage des eaux polluées

En France, les eaux utilisées pour l'irrigation de pelouses sportives sont, dans la plupart des cas, des eaux de ville. Ces eaux répondent alors aux exigences de qualité du ministère de la santé.

Parallèlement à cela, certaines structures permettent une réutilisation des eaux pluviales pour arroser le terrain (stade Matmut Atlantique de Bordeaux) ou pour les réseaux sanitaires des tribunes (stade du Moustoir de Lorient). Cette réutilisation des eaux de pluie est cadrée par l'arrêté du 21 août 2008, relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.

L'irrigation du terrain avec des eaux usées et traitées est encore peu développée en France. Nous recensons seulement quelques golfs (notamment le golf de Sperone en Corse), qui commencent à réutiliser des eaux usées traitées. Cela s'explique par le fait que la France est relativement peu confrontée aux situations de rareté pour ses ressources en eau, et de plus, que le coût des eaux traitées est supérieur à celui des eaux de ville ou des eaux prélevées dans le milieu naturel. Ces eaux sortant de stations d'épurations, sont utilisées pour l'irrigation, au lieu de retourner au milieu naturel. Elles répondent alors à des critères de qualité réglementaires, fixés par l'arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines, pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts (modifié en 2014 et en 2016) [19].

Dans les pays où les ressources en eaux sont moindres (Espagne, Italie, Israël, Etats-Unis) ces méthodes d'irrigation alternatives sont beaucoup plus répandues. Ainsi, à Las Vegas, 33 des 54 golfs de la ville sont irrigués avec des eaux usées et traitées. Dans cette situation, un contrôle de la qualité des eaux régulier est nécessaire. Des standards de qualité des eaux existent alors pour chaque situation et pour permettre l'évaluation de ces eaux (US EPA, code de la santé publique, ...). Les éléments les plus importants à prendre en compte lors de ces évaluations de la qualité des eaux sont : la salinité, le PH, le SAR, l'alcalinité et la dureté, et enfin les concentrations en éléments nocifs.

De manière plus récente, le Twins stadium (baseball), dans le Minnesota, s'est équipé d'un système de récupération, purification et réutilisation des eaux de pluie et d'irrigation du terrain. Le système a été conçu par l'entreprise Pentair. Aucune étude sur la composition des eaux n'a cependant été intégrée au projet.

Sur le système d'étude établi pour le stade du Moustoir, le regard récupérant les eaux de drainage du terrain est directement relié à une cuve de stockage de 100 m³. Ce système permettrait l'intégration d'un module de recyclage des eaux, afin de les dépolluer en vue d'une réutilisation. Les techniques de dépollution des eaux sont nombreuses : le tableau 9 ci-dessous liste un certain nombre de ces techniques avec leurs types de dépollution.

Tableau 9 : Comparaison des systèmes de dépollution des eaux (auteur : Quentin BRUNOT)

TECHNIQUES	TYPES DE DEPOLLUTION
Microfiltration	Bactéries / Colloïdes / Macromolécules / Particules en suspension (10000 à 100 nm)
Ultrafiltration	Bactéries / Colloïdes / Macromolécules / Particules en suspension / Virus / Protéines (100 à 1 nm)
Nanofiltration	Bactéries / Colloïdes / Macromolécules / Particules en suspension / Virus / Protéines / Petits composés (1 à 0,5 nm)
Osmose inverse	Bactéries / Colloïdes / Macromolécules / Particules en suspension / Virus / Protéines / Petits composés / Ions
Ultra-violet	Bactéries / Champignons
Ozone	Pesticide / Pathogènes
Charbon actif en poudre	Pesticides
Charbon actif en grain	Pesticides
Filtration sur lit de sable	Bactéries / Champignons / Virus
Bassin d'anoxie	Nitrate
Bassin filtrant végétalisé	Nitrate / Phosphate (via Dephorite)

La qualité des eaux utilisées pour l'irrigation est primordiale pour le développement du gazon. Un tableau récapitulatif des différents standards de qualité des eaux rencontrés dans la bibliographie figure en annexe VII. Se rapprocher au maximum de ces standards permettrait d'arroser la pelouse avec une eau recyclée de qualité.

Nous nous apercevons qu'en plus de la recherche de substances toxiques dans les eaux de drainage, une étude plus générale sur la qualité des eaux récupérées nous permettrait de parfaitement caractériser chimiquement ces eaux, dans l'optique d'un traitement et d'une réutilisation éventuelle.

Les réglementations (européennes et françaises) sont en train de se multiplier autour de la problématique de réutilisation des eaux. La commission européenne mène actuellement des réflexions sur cette thématique, avec en point de mire les objectifs d'aboutir à la proposition d'un outil commun à l'ensemble des Etats membres d'ici fin 2016. Il existe également une norme récente (NF ISO 16075) composée de 4 parties, qui propose également des éléments pour l'élaboration et la mise en œuvre de projets de réutilisation des eaux [20].

La réutilisation de ces eaux présenterait un gain environnemental certain dans la gestion des pelouses sportives de haut niveau.

3.4.1b Le plan Ecophyto II vu sous un autre angle : dépollution des eaux

Les grands objectifs du plan Ecophyto II visent à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires de 25% d'ici 2020, et de 50% d'ici 2025. D'ici 2017, l'utilisation de produits phytosanitaires sera interdite pour les espaces verts [11]. Bien que cette réduction d'utilisation soit possible dans la maintenance des pelouses sportives de haut niveau, une suppression totale de ces produits semble très difficile à atteindre pour maintenir des surfaces de jeux qui répondent aux exigences et aux enjeux actuels.

Le système mis en place sur la pelouse du Moustoir à Lorient permet, si ce n'est de supprimer l'utilisation des produits phytosanitaires, de comprendre et de mieux gérer les déchets produits par les pratiques culturales. Un recyclage ou une dépollution des eaux permettrait de supprimer les pollutions environnementales dues aux phénomènes de transfert et de lessivage (d'autres types de transferts seront néanmoins toujours présents).

3.4.2 Amélioration des techniques de maintenance

Les résultats de l'étude pourront encore être utilisés afin d'améliorer la pertinence des techniques de maintenance pratiquées sur le terrain :

- une gestion plus fine de l'arrosage sera permise par les calculs des débits en sortie du terrain. Les quantités et les périodes d'apport en eau pourront être mieux positionnés vis-à-vis de la fertilisation réalisée sur le terrain afin de limiter le lessivage et le ruissellement des engrais.
- de la même manière les quantités et les dates des fertilisations et des traitements pourront être optimisées en fonction des résultats fournis par l'étude. Les calendriers de fertilisation seront plus pertinents et plus efficaces pour la qualité du gazon.
- les opérations mécaniques pourront elles aussi être raisonnées et réalisées en fonction du potentiel de transfert du terrain.
- le type d'opération mécanique à réaliser sera lui aussi impacté par les résultats.
- le choix des intrants, leurs formulations et mode d'application pourra être fait de la manière la plus raisonnée possible.

3.5 Communication et diffusion

Les sports comme le foot et le rugby sont très médiatisés en Europe. Une étude de ce type sera rapidement connue et ses résultats et sa pertinence influenceront grandement sur la diffusion et la médiatisation du système. Plusieurs clubs pourraient rapidement être intéressés, et, si le système s'avère efficace, permettre ainsi d'améliorer l'image du Club (prise en compte environnementale) et d'améliorer les pratiques de maintenance.

Dans son communiqué de presse du 13 juillet 2016, la LFP présente son nouveau plan d'action pelouse : « Créé il y a trois ans, le Championnat des Pelouses sera désormais doté financièrement. Les trois premiers du classement seront récompensés. La Commission Surface de Jeu récompensera par ailleurs le club le plus innovant en la matière. Enfin, les critères pelouses seront revalorisés dans la Licence Club. » (LFP, 2016).

Pour le moment, cette notation des pelouses n'intègre pas de critère environnemental, mais nous noterons que le critère « innovation » est désormais présent. Suite à des projets comme l'étude réalisée à Lorient, il se pourrait que le facteur « environnement » intègre rapidement cette notation et soit ainsi placé au cœur d'enjeux financiers très importants.

De la même manière, les droits télévisuels (principale source de revenus des clubs) sont calculés chaque année selon plusieurs critères. La démarche environnementale concernant la maintenance de l'aire de jeux pourrait également influencer rapidement sur ces critères.

3.6 Elargissement de l'étude : valorisation du système mis en place

Le système d'étude mis en place pour le stade du Moustoir à Lorient pourra à l'avenir permettre la réalisation de nombreuses études différentes de la nôtre. Le fait d'avoir transformé le terrain en case lysimétrique permettra d'étudier d'autres problématiques :

- l'évapotranspiration du gazon en place (bilan hydrique du terrain),
- le temps de diffusion et le taux de lessivage des produits phytosanitaires, amendements ou fertilisants émanant de plusieurs fournisseurs (comparaisons ou informations commerciales).

De plus, avoir installé un regard expérimental de grande taille en sortie du terrain, ainsi que des connexions avec un local technique sous la tribune, pourront permettre l'installation de nouveaux types d'instruments de mesure et d'envisager de nouvelles études.

CONCLUSION

Nous avons pu mesurer, à travers ce travail, que les pelouses sportives de haut niveau étaient particulièrement sensibles au phénomène de lessivage et donc aux problématiques de transferts d'intrants à travers les eaux de drainage (pesticides, nitrates et phosphates notamment). Malgré cela, l'analyse de ces transferts n'est pas encore assez considérée sur les terrains de haut niveau. La mise en place d'une étude pratique est donc pertinente, afin d'approfondir notre connaissance et de bien prendre la mesure des impacts environnementaux éventuels. Une opportunité pour cette étude s'est présentée sur le stade du Moustoir à Lorient, lors de la rénovation de sa pelouse. Sa mise en place nécessite un travail préalable important (organisation et protocole) qui est exposé ici. Enfin, la présentation de ce projet nous a permis d'évoquer des utilisations possibles futures de ce nouveau dispositif d'analyse qui lui donnent, selon nous, toute son importance.

La plupart des gens prêtent de l'attention aux choses qu'ils comprennent, ou encore à celles dont ils perçoivent l'influence directe sur leur vie (Kollmuss and Agyeman, 2002). La réalisation de cette étude devrait permettre d'apporter des informations sur l'importance des transferts d'intrants vers le milieu naturel depuis les pelouses de haut niveau. Nous espérons que les résultats contribueront, si cela est nécessaire, des nouveaux projets et des réglementations efficaces, visant à réduire ou supprimer ces transferts.

Le système mis en place à Lorient, doit permettre la bonne réalisation de l'étude analytique des transferts. De par sa structure (lysimètre à l'échelle d'un terrain entier), il devrait inspirer et permettre la réalisation de nombreux autres projets similaires. Pourront s'ajouter de nouvelles études portant sur les autres types de transferts d'intrants comme les transferts par volatilisation ou encore à travers les déchets de tonte. Ce travail est un premier pas vers une compréhension à la fois globale et précise de ces phénomènes afin de les limiter.

Nous pouvons apparenter l'objectif de cette étude à celui évoqué par la légende amérindienne du colibri. Cette légende a notamment été reprise par Pierre Rabhi comme fer de lance de son association COLIBRIS.

Un jour, dit la légende, il y eut un immense incendie de forêt. Tous les animaux terrifiés, atterrés, observaient impuissants le désastre. Seul le petit colibri s'activait, allant chercher quelques gouttes avec son bec pour les jeter sur le feu. Après un moment, le tatou, agacé par cette agitation dérisoire, lui dit : « Colibri ! Tu n'es pas fou ? Ce n'est pas avec ces gouttes d'eau que tu vas éteindre le feu ! »

Et le colibri lui répondit : « Je le sais, mais je fais ma part. »

Ainsi, bien que sa contribution à une prise environnementale globale et intensive soit minime, ce projet tente d'initier et de contribuer à son échelle à des projets et des modes de gestions des pelouses sportives plus respectueux de l'environnement et pouvant s'inscrire dans le temps.

BIBLIOGRAPHIE

AFNOR. Terrains de grands jeux en gazon synthétique. Norme Française NF P 90-112, Février 2008. 28p.

AFNOR. Terrains de grands jeux gazonnés. Norme Française NF P 90-113, Décembre 2008. 40p.

Baird, J.H., N.T. Basta, R.L. Huhnke, G.V. Johnson, M.E. Payton, D.E. Storm, C.A. Wilson, M.D. Smolen, D.L. Martin, and - J.T. Cole (2000). Best management practices to reduce pesticide and nutrient runoff from turf. In : Fate and management of turfgrass chemicals. J.M. Clark and M.P. Kenna, editors, pp. 268–293.

Barton, L., and T.D. Colmer (2006). Irrigation and fertilizer strategies for minimizing nitrogen leaching from turfgrass. *Agric. Water Manage*, 80, pp. 160–175.

Bary, F., A.C. Gange, M. Crane, and K.J. Hagley (2005). Fungicide levels and arbuscular mycorrhizal fungi in golf putting green. *Journal of Applied Ecology*, 42, pp.171–180.

Bierman, P.M., B.P. Horgan, C.J. Rosen, A.B. Hollman, and P.H. Pagliari (2010). Phosphorus runoff from turfgrass as affected by phosphorus fertilization and clipping management. *Journal of environmental quality*, 39, pp. 282–292.

Brown, K.W., J.C. Thomas, and R.L. Doble (1982). Nitrogen source effect on nitrate and ammonium leaching and runoff losses from greens. *Agronomy Journal*, 74, pp. 947–950.

Chaigneau A. et Chauvel G. Les transferts de pesticides utilisés sur gazon en France et la contamination des joueurs. République Française, 2004. 61p.

Comité national olympique et sportif Français. Programme Agenda 21 du sport Français. 2005. 38p.

Comité national olympique et sportif Français. Charte du sport Français pour le développement durable. 2008. 2p.

Direction des affaires économiques et internationales. Marchés publics de travaux, CCTG. Fascicule 35 : Aménagement paysagers, aires de sports et de loisirs de plein air. Avril 1999. 384p.

Easton, Z.M., and A.M. Petrovic (2004). Fertilizer source effect on ground and surface water quality in drainage from turfgrass. *Journal of environmental quality*, 33, pp 645–655.

Erickson, J.E., J.L. Cisar, G.H. Snyder, J.C. Volin, and D.M. Park. 2005. Phosphorus and potassium leaching under contrasting residential landscape models established on a sandy soil. *Crop Science*, 45, pp. 546–552.

FFF. Règlement des terrains et installations sportives. 2014. 71p.

Fiocre JP. (2015). L'irrigation des gazons. RTAES TECOMAH, le 30/01/2015, 83p.

Fiocre JP. (2015). La fertilisation des gazons. RTAES TECOMAH, le 16/01/2015, 117p

Fiocre JP. (2015). Les opération mécaniques. RTAES TECOMAH, le 27/01/2015, 115p.

Franck K. W. et Guertal E. A. (2013). Nitrogen research in turfgrass. In : Turfgrass : biology, use and management. John C. Stier, Brian P. Horgan, and Stacy A. Bonos, Editors, United States of America, p. 457 – 491.

Franck K. W. et Guertal E. A. (2013). Potassium and Phosphorus research in turfgrass. In : Turfgrass : biology, use and management. John C. Stier, Brian P. Horgan, and Stacy A. Bonos, Editors, United States of America, p. 493 – 519.

Frank, K.W., K. O'Reilly, J.R. Crum, and R.N. Calhoun (2006). The fate of nitrogen applied to a mature Kentucky bluegrass turf. *Crop Science*, 46, pp. 209–215.

Gardner D.S., Branham B.E. (2001). Effect of Turfgrass Cover and Irrigation on Soil Mobility and Dissipation of Mefenoxam and Propiconazole. *Journal of environmental quality*, 30, pp. 1612-1618.

Geron, C.A., T.K. Danneberger, S.J. Traina, T.J. Logan, and J.R. Street (1993). The effects of establishment methods and fertilization practices on nitrate leaching from turfgrass. *Journal of environmental quality*, 22, pp. 119–125.

Guillard, K., and K.L. Kopp. (2004). Nitrogen fertilizer form and associated nitrate leaching from cool-season lawn turf. *Journal of environmental quality*, 33, pp.1822–1827.

Institut national de la propriété industrielle. Protéger ses créations. 2013. 6p.

Johnson, P.G., R.T. Koenig, and K.L. Kopp. (2003). Nitrogen, phosphorus, and potassium responses and requirements in calcareous sand greens. *Agronomy Journal*, 95, pp. 697–702.

Kollmuss, A., and J. Agyeman (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environ. Educ. Res.*, 8, pp. 239–260.

LFP, (2016) Communiqué de presse du 13 juillet 2016. 2p.

Linde, D.T., and T.L. Watschke (1997). Nutrients and sediment in runoff from creeping bentgrass and perennial ryegrass turfs. *Journal of environmental quality*, 26, pp. 1248–1254.

LNR. Guide d'entretien des terrains de rugby en gazon naturel. 2013. 74p.

Magri, A., and D.A. Haith (2009). Pesticide decay in turf: A review of processes and experimental data. *Journal of environmental quality*, 38, pp. 4–12.

Mancino, C.F., and J. Troll. (1990) Nitrate and ammonium leaching losses from N fertilizers applied to 'Penncross' creeping bentgrass. *HortScience*, 25, pp. 194–196.

Mazzella et Al. Applicabilité des échantillonneurs passifs dans le cadre de la DCE. Irstea-Cemagref, BRGM, Ifremer, LNE, 2011, 80p, Rapport final.

Mills, H.A., and J.B. Jones, Jr. (1996). Plant analysis handbook II. Micromacro, Athens, 422p.

Morton, T.G., A.J. Gold, and W.M. Sullivan (1988). Influence of overwatering and fertilization on nitrogen losses from home lawns. *Journal of environmental quality*, 17, pp. 124–130.

Muller JC. (2004). Trente ans de lysimétrie en France (1960-1990): Une technique, un outil pour l'étude de l'environnement. Quae, 390p.

- Paré, K., H. Chantigny, K. Carey, W.J. Johnston, and J. Dionne (2006). Nitrogen uptake and leaching under annual bluegrass ecotypes and bentgrass species: A lysimeter experiment. *Crop Science*, 46, pp. 847–853.
- Paré, K., M.H. Chantigny, K. Carey, and J. Dionne (2008). Leaching of mineral and organic nitrogen from putting green profiles supporting various turfgrasses. *Crop Science*, 48, pp. 2010–2016.
- Petrovic A.M., Borromeo N.R., Carroll M.J. (1994). Fate of Pesticides in the Turfgrass Environment. In : Handbook of integrated pest management for turf and ornamentals. Leslie A. R. *CRC Press Inc.* p. 29-44.
- Sartain J.B. (2008). Comparative Influence of N Source on N Leaching and St. Augustinegrass Quality, Growth and N Uptake. *Proceedings*, 67, pp. 43-47.
- Schwartz, L., and L.M. Shuman (2005). Predicting runoff and associated nitrogen losses from turfgrass using the root zone water quality model (RZWQM). *Journal of environmental quality*, 34, pp. 350–358.
- Sharpley, A.N., and I. Sisak (1997). Differential availability of manure and inorganic sources of P in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Journal*, 59, pp. 1661–1665.
- Shuman, L.M. (2002). Phosphorus and nitrate nitrogen in runoff following fertilizer application to turfgrass. *Journal of environmental quality*, 31, pp. 1710–1715.
- Shuman, L.M. (2004). Runoff of nitrate nitrogen and phosphorus from turfgrass after watering-in. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*, 35, pp. 9–24.
- Sigler, W.V., Z. Reicher, C. Throssell, M. Bischoff, and R.F. Turco (2003). Sorption and degradation of selected fungicides in the turfgrass canopy. *Water Air Soil Pollution*, 142, pp. 311–326.
- Soldat, D.J., and A.M. Petrovic (2008). The fate and transport of phosphorus in turfgrass ecosystems. *Crop Science*, 48, pp. 2051–2065.
- Starr, J.L., and H.C. DeRoo (1981). The fate of nitrogen fertilizer applied to turfgrass. *Crop Science*, 21, pp. 531–536.
- Therre P., Bouchet M., Bigot R. Stade du Moustoir : mission d'assistance technique dans le cadre de la transformation du terrain synthétique en terrain en gazon naturel renforcé, Etude technique et financière. NOVAREA, 2015, 102p, R150592-1A1.
- Torbert, H.A., K.W. King, and R.D. Harmel (2005). Impact of soil amendments on reducing phosphorus losses from runoff in sod. *Journal of environmental quality*, 34, pp. 1415–1421.
- UEFA. Guide de l'UEFA pour des stades de qualité. 2011. 160 p.
- Valiela, I., G. Collins, J. Kremer, K. Lajtha, M. Geist, B. Seely, J. Brawley, and C.H. Sham. (1997). Nitrogen loading from coastal watersheds to receiving estuaries: New method and application. *Ecol. Appl.*, 7, pp. 358–380.
- Vietor, D.M., T.L. Provin, R.H. White, and C.L. Munster (2004). Runoff losses of phosphorus and nitrogen imported in sod or composted manure for turf establishment. *Journal of environmental quality*, 33, 358–366.

Walker, W.J., and B. Branham (1992). Environmental impacts of turfgrass fertilization. In : J.C. Balogh and W.J. Walker, editors, *Golf course management and construction-environmental issues*. USGA, Lewis Publishers, Chelsea, MI. p. 105–219.

SITOGRAPHIE

[1] Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (2016). *Comprendre l'Agenda 21 local*. Disponible sur :< <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Qu-est-ce-qu-un-Agenda-21-local.html> > (Consulté 07/2016)

[2] Larousse (2016). *Chaîne alimentaire*. Disponible sur :< http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/cha%C3%A9ne_alimentaire/187208 > (Consulté 08/2016)

[3] Larousse (2016). *Développement durable*. Disponible sur :< http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/d%C3%A9veloppement_durable/185976> (Consulté 08/2016)

[4] Observatoire des résidus de pesticides (2016). *Ecotoxicité*. Disponible sur :< <http://www.observatoire-pesticides.fr/index.php?pageid=346> > (Consulté 07/2016)

[5] Observatoire des résidus de pesticides (2016). *Foire aux questions*. Disponible sur :< <http://www.observatoirepesticides.gouv.fr/index.php?pageid=184&ongletIstid=154&locator=Foire%20aux%20questions> > (Consulté 07/2016)

[6] Larousse (2016). *Zéolite*. Disponible sur :< <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/z%C3%A9olite/83089> > (Consulté 08/2016)

[7] Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (2016). *Eviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel*. Disponible sur :< <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Eviter-reduire-et-compenser-les.46019.html> > (Consulté 08/2016)

[8] Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (2016). *Vitrine des villes durables française*. Disponible sur :< <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Vitrine-des-villes-durables.31763.html> > (Consulté 08/2016)

[9] Legifrance (2016). *Directive 91/676/CEE du Conseil, du 12 décembre 1991, concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles*. Disponible sur :< <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000705787> > (Consulté 07/2016)

[10] Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (2016). *Le plan Ecophyto 2*. Disponible sur :< <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Consultation-publique-du-projet-de.html> > (Consulté 08/2016)

[11] LFP (2016). *Le règlement du championnat des pelouses*. Disponible sur :< <http://www.lfp.fr/corporate/article/le-reglement-du-championnat-des-pelouses.htm> > (Consulté 07/2016)

[12] Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (2016). *Algues vertes en Bretagne*. Disponible sur :< <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-nitrates-et-les-algues-vertes.17843.html> > (Consulté 08/2016)

- [13] Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (2016). *Le phosphate dans les détergents*. Disponible sur :< <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-contexte.html> > (Consulté 08/2016)
- [14] Observatoire des résidus de pesticides (2016). *Introduction*. Disponible sur :< <http://www.observatoire-pesticides.fr/index.php?pageid=158>> (Consulté 08/2016)
- [15] Ville de Lorient (2016). *Environnement*. Disponible sur :< <http://www.lorient.fr/services/environnement/> > (Consulté 07/2016)
- [16] Météo - Bretagne (2016). *Statistique climatique par mois*. Disponible sur :< <http://www.meteo-bretagne.fr/climatologie-mensuelle-Lorient-Lann-Bihoue/201607>> (Consulté 06/2016)
- [17] Actu Environnement (2014). *Eaux : quel avenir pour la mesure en continu ?* Disponible sur :< <http://www.actu-environnement.com/ae/news/eaux-mesure-continu-laboratoire-couts-investissement-fonctionnement-22878.php4> > (Consulté 08/2016)
- [18] Pôle DREAM (2016). *Présentation du pôle*. Disponible sur :< <http://www.poledream.org/Presentation-du-pole>> (Consulté 07/2016)
- [19] Legifrance (2016). *Arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts*. Disponible sur :< <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000022753522> > (Consulté 08/2016)
- [20] Agreporter (2016). *Irriguer avec une eau usée traitée : oui, mais...* Disponible sur :< <http://agreporter-aurea.blogspot.fr/2016/06/irriguer-avec-une-eau-usee-traitee-oui.html> > (Consulté 08/2016)

Année universitaire : 2015 - 2016

Spécialité :

PAYSAGE

Spécialisation (et option éventuelle) :

Maîtrise d'Œuvre et Ingénierie

Mémoire de fin d'études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

DYNAMIQUE DES EAUX DE DRAINAGE D'UNE PELOUSE SPORTIVE DE HAUT NIVEAU : EXEMPLE DE LA PELOUSE DU STADE DU MOUSTOIR A LORIENT

Par : Quentin BRUNOT

ANNEXES

Soutenu à Angers le lundi 05 septembre 2016

Devant le jury composé de :

Président : M. Christophe MIGEON

Maître de stage : M. Patrice THERRE

Enseignant référent : M. Pierre-Emmanuel BOURNET

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



ANNEXES

ANNEXE I : Résumés des articles scientifiques cités

- Valiela, I., G. Collins, J. Kremer, K. Lajtha, M. Geist, B. Seely, J. Brawley, and C.H. Sham. 1997. Nitrogen loading from coastal watersheds to receiving estuaries: New method and application. (1.2.2 Impacts environnementaux)

Across most of the World's coastal zone there has been a geographic transition from naturally vegetated to human-altered land covers, both agricultural and urban. This transition has increased the nitrogen loads to coastal watersheds, and from watersheds to receiving estuaries. We modeled the nitrogen entering the watershed of Waquoit Bay, Massachusetts, and found that as the transition took place, nitrogen loads to watersheds increased from 1938 to 1990. The relative magnitude of the contribution by wastewater, fertilizers, and atmospheric deposition depends on the land cover mosaics of a watershed. Atmospheric deposition was the major input to the watershed surface during this period, but because of different rates of loss within the watershed, wastewater became the major source of nitrogen flowing from the watershed to the receiving estuaries. Atmospheric deposition prevails in watersheds dominated by natural vegetation such as forests, but wastewater may become a dominant source in watersheds where urbanization increases. Increased nitrogen loads resulting from conversion of natural to human-altered watershed surfaces create eutrophication of receiving waters, with attendant changes in water quality, and marked shifts in the flora and food webs of the affected estuaries. Management efforts for restoration of eutrophied estuaries require maintenance of forested land, and control of wastewater and fertilizer inputs, the major terms in most affected places subject to local management. Wastewater and fertilizer nitrogen derive from within the watershed, which means local measures may effectively be used to control eutrophication of receiving waters.

- Shuman, L.M. 2004. Runoff of nitrate nitrogen and phosphorus from turfgrass after watering-in. (1.2.2 Impacts environnementaux)

Fertilizer nutrients could be transported from turfgrass areas to surface waters, especially those areas intensively managed, such as golf courses. An experiment was initiated to determine effects of "watering-in" fertilizer on the amounts of nitrate nitrogen and phosphorus that is found in runoff water. Three rates of 10-10-10 fertilizer were added to bermudagrass *Cynodon dactylon* (L.) Pers. on a 5% slope and a 0.64 cm irrigation applied. Three days later a 50-mm simulated rainfall was applied 72h after treatment (HAT) with three subsequent events. A second experiment was similar except no watering-in was done and the first event was at 4 HAT. Phosphorus and nitrate nitrogen mass transported increased step-wise with rate increases for the first two runoff events. Watering-in and waiting three days greatly decreased the volume of runoff water and the amounts of phosphorus and nitrate nitrogen transported. Runoff volume was a function of soil moisture content before the simulated rainfall events. Percent runoff water of that applied ranged from 24.3 to 43.5% for the first two events where no watering-in was done, but only 12.1-29.7% where watering-in was done. Total percent of phosphorus in runoff of that added was 13.8% for without and 3.4% with watering-in for the high rate (11 kg P/ha) and total nitrate-nitrogen was 1.5 and 0.8%, respectively. Results indicate that watering-in fertilizer with a small amount of irrigation after application is beneficial.

- Vietor, D.M., T.L. Provin, R.H. White, and C.L. Munster. 2004. Runoff losses of phosphorus and nitrogen imported in sod or composted manure for turf establishment. (1.2.2 Impacts environnementaux)

Nutrient loading on impaired watersheds can be reduced through export of sod grown with manure and export of composted manure for turf production on other watersheds. Effects of the sod and manure exports on receiving watersheds were evaluated through monitoring of total dissolved phosphorus (TDP) and N concentrations and losses in runoff from establishing turf. Three replications of seven treatments were established on an 8.5% slope of a Booneville soil (loamy-skeletal, mixed, superactive Pachic Argicryolls). Three treatments comprised imported 'Tifway' bermudagrass [*Cynodon dactylon* (L.) Pers. × *C. transvaalensis* Burt-Davy] sod grown with composted dairy manure (382 or 191 kg P ha⁻¹) or fertilizer (50 kg P ha⁻¹). Three treatments were sprigged with Tifway and top-dressed with either composted manure (92 or 184 kg P ha⁻¹) or fertilizer (100 kg P ha⁻¹). The control was established bermudagrass [*Cynodon dactylon* (L.) Pers. var. Guymon]. During eight fall rain events, mean TDP concentration in runoff (7.8 mg L⁻¹) from sprigged Tifway top-dressed with manure (84 kg P ha⁻¹) was 1.6 times greater than sod imported with 129 kg manure P ha⁻¹. During the first fall event, mass losses of TDP (232 mg m⁻²) and total nitrogen (TKN) (317 mg m⁻²) from sprigged treatments top-dressed with manure or fertilizer were nearly three times greater than manure-grown sod. Percentages of manure P lost as TDP in runoff from imported sod were 33% of percentages lost from sprigged treatments top-dressed with manure. Sod grown with manure P

rates of 190 kg P ha⁻¹ can be imported without increasing runoff losses of TDP compared with conventional fertilization of establishing turfgrass.

- Torbert, H.A., K.W. King, and R.D. Harmel. 2005. Impact of soil amendments on reducing phosphorus losses from runoff in sod. J. Environ. (1.2.2 Impacts environnementaux)

Received for publication December 22, 2004. Research was initiated to study the interaction between soil amendments (lime, gypsum, and ferrous sulfate) and dissolved reactive phosphorus [RP (<0.45)] losses from manure applications from concentrated runoff flow through a sod surface. Four run-over boxes (2.2 m² surface area) were prepared for each treatment with a bermudagrass [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] sod surface (using sod blocks) and composted dairy manure was surface-applied at rates of 0, 4.5, 9, or 13.5 Mg ha⁻¹. The three soil amendments were then applied to the boxes. Two 30min runoff events were conducted and runoff water was collected at 10min intervals and analyzed for RP (<0.45). Results indicated that the addition of ferrous sulfate was very effective at reducing the level of RP (<0.45) in runoff water, reducing RP (<0.45) from 1.3 mg L⁻¹ for the highest compost rate with no amendment to 0.2 mg L⁻¹ for the ferrous sulfate in the first 10 min of runoff. Lime and gypsum showed a small impact on reducing RP (<0.45), with a reduction in the first 10 min to 0.9 and 0.8 mg L⁻¹, respectively. The ferrous sulfate reduced the RP (<0.45) in the tank at the end of the first runoff event by 66.3% compared with no amendment. In the second runoff event, the ferrous sulfate was very effective at reducing RP (<0.45) in runoff, with no significant differences in RP (<0.45) with application of 13.5 Mg ha⁻¹ compost compared with no manure application. The results indicate that the addition of ferrous sulfate may greatly reduce RP (<0.45) losses in runoff and has considerable potential to be used on pasture, turfgrass, and filter strips to reduce the initial RP (<0.45) losses from manure application to the environment.

- Bierman, P.M., B.P. Horgan, C.J. Rosen, A.B. Hollman, and P.H. Pagliari. 2010. Phosphorus runoff from turfgrass as affected by phosphorus fertilization and clipping management. (1.2.2 Impacts environnementaux)

Phosphorus enrichment of surface water is a concern in many urban watersheds. A 3-yr study on a silt loam soil with 5% slope and high soil test P (27 mg kg⁻¹ Bray P1) was conducted to evaluate P fertilization and clipping management effects on P runoff from turfgrass (*Poa pratensis* L.) under frozen and nonfrozen conditions. Four fertilizer treatments were compared: (i) no fertilizer, (ii) nitrogen (N)+potassium (K)+0xP, (iii) N+K+1xP, and (iv) N+K+3xP. Phosphorus rates were 21.3 and 63.9 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ the first year and 7.1 and 21.3 kg ha⁻¹ yr⁻¹ the following 2 yr. Each fertilizer treatment was evaluated with clippings removed or clippings recycled back to the turf. In the first year, P runoff increased with increasing P rate and P losses were greater in runoff from frozen than nonfrozen soil. In year 2, total P runoff from the no fertilizer treatment was greater than from treatments receiving fertilizer. This was because reduced turf quality resulted in greater runoff depth from the no fertilizer treatment. In year 3, total P runoff from frozen soil and cumulative total P runoff increased with increasing P rate. Clipping management was not an important factor in any year, indicating that returning clippings does not significantly increase P runoff from turf. In the presence of N and K, P fertilization did not improve turf growth or quality in any year. Phosphorus runoff can be reduced by not applying P to high testing soils and avoiding fall applications when P is needed.

Magri, A., and D.A. Haith. 2009. Pesticide decay in turf: A review of processes and experimental data. (1.2.3 Transfert de pesticides)

Decay rates are central parameters in modeling pesticide fate and transport in the environment. Pesticide decay is usually modeled as a first-order process, and variations in half-life can have significant impacts on model predictions. Decay rates for the foliage and thatch components of turf are scarce, and most simulation efforts must resort to values based on pesticide behavior in soil. This paper describes the main dissipation processes affecting pesticides applied to turf and compares aerobic soil decay rates from the USDA-Agricultural Research Service Pesticide Properties Database (ARS PPD; USDA-ARS, 2006) and from The Pesticide Manual (Tomlin, 2003) to dissipation values in turf found in the literature for 18 pesticides currently registered for turf. Median half-lives were 39.5 d for the ARS values, 35.8 d for Tomlin's values, and 5.7 d for the turf-specific values. The turf dissipation half-lives are considered to be representative of the microbial decay processes occurring in the foliage and thatch layers of well established turf, where the majority of the pesticide is intercepted and retained.

- Sigler, W.V., Z. Reicher, C. Throssell, M. Bischoff, and R.F. Turco. 2003. Sorption and degradation of selected fungicides in the turfgrass canopy. Water Air Soil Pollut. (1.2.3 Transfert de pesticides)

Microbial degradation of fungicides on leaf surfaces after repeated applications to turfgrass was investigated. Prior and current work in our laboratory has identified two characteristics of the turfgrass leaf system that may contribute to the enhanced degradation of fungicides after repeated application to turfgrass:(1) The leaf surface is

rich in microorganisms (108 g^{-1} dr wt leaf), and (2) Leaf surface microorganisms may respond to repeated fungicide applications in a manner consistent with the phenomena of enhanced biodegradation. Field studies were conducted on Penncross' creeping bentgrass with four fungicides representing three chemical families applied either two or eight times in one growing season. Biodegradation was estimated using data from both a field study and a parallel laboratory study that followed the fate of ^{14}C -labelled fungicides. For the laboratory incubations, the locations of the residual ^{14}C fungicides were estimated using a sequential extraction protocol that fractionated the materials into three pools: available, retained and bound. Data from both the field and laboratory study refuted our hypothesis that enhanced biodegradation would develop following repeated applications of the fungicides onto the leaf surface. Our studies support a conclusion that a two-stage physical sorption process leads to plant incorporation and this controls most of the fungicide's fate. Thus, our data suggest that microbial activity plays a less important part in the process than would be indicated by considering the size of the microbial population on the leaves.

- Bary, F., A.C. Gange, M. Crane, and K.J. Hagley. 2005. Fungicide levels and arbuscular mycorrhizal fungi in golf putting greens. (1.2.3 Transfert de pesticides)

Annual meadow grass *Poa annua* is the most problematic weed within sports turf in temperate climates. It is so abundant that herbicides cannot be used against it because almost total loss of the sward would occur. Arbuscular mycorrhizal (AM) fungi can be used as biological control agents of *P. annua*, acting to reduce its growth while increasing that of desirable perennial grasses. However, natural levels of AM fungi in amenity turf are very low. Sports turf is characterized by high fungicide usage, so this study tested the hypothesis that levels of toxic elements (derived from historical fungicide applications) and/or organic fungicides are related to the low mycorrhizal abundance observed.

Records of fungicide applications to putting greens at four golf courses in south-east England were collected for the period 1993–2000. Soils from all 18 putting greens on each course were sampled during spring 2000. Levels of arsenic, cadmium, copper and lead were recorded, as these elements formed part of the fungicidal compounds applied in the past. Of the organic fungicides in current use, chlorothalonil, fenarimol and iprodione were found to comprise more than 70% of all compounds used and soil levels of these three chemicals were also measured. Levels of AM colonization of *P. annua* were recorded at every putting green. The rates of AM colonization of desirable grasses could not be obtained because these were too rare in all the swards examined.

There was little evidence that the abundance of AM fungi, as measured by arbuscular colonization of roots, was affected by the presence of any of the chemicals. Levels of all elements were below the ambient levels for UK soils.

Chlorothalonil, fenarimol and iprodione were applied to a single putting green over a 6-month period but no effects on AM colonization were found.

Synthesis and applications. We have demonstrated that the low levels of AM fungi in putting greens are unlikely to be a consequence of excessive fungicide application. Levels of compounds applied in the last 20 years are very low and modern fungicides do not reduce existing AM colonization when applied to turf. Therefore, if AM fungi are added to sports turf to control *P. annua*, their effectiveness will not be compromised by current or past fungicide use. *Journal of Applied Ecology*.

- Geron, C.A., T.K. Danneberger, S.J. Traina, T.J. Logan, and J.R. Street. 1993. The effects of establishment methods and fertilization practices on nitrate leaching from turfgrass. (1.2.3 Transfert des nitrates)

A lysimeter study was conducted at the Ohio State University Turfgrass Research Center, Columbus, to investigate $\text{NO}_3\text{-N}$ leaching losses from fertilized turfgrass. Nitrogen fertilizer treatments were applied to 'Baron' Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) seeded and sodded turf established on a Miamian silt loam (fine, mixed, mesic Typic Hapludalf). Treatments included two N sources, urea and resin-coated urea (RCU); and Two fertilization programs, one that emphasize spring and summer applications (SSF) and the second program that included a late season application (LSF). Both the SSF- and LSF-fertilization programs received $218.2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. The $\text{NO}_3\text{-N}$ leachate concentrations from seeded turfgrass exceeded those from sodded turf for the first 3 mon. As the turf matured, $\text{NO}_3\text{-N}$ losses from sod exceeded $\text{NO}_3\text{-N}$ from the seeded plots. Leachate concentrations were 1.1 and $3.5 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$ for seed and sod turf, respectively, from April 1990 through March 1991. Less rooting in the sodded plots resulted in greater N loss. Annual $\text{NO}_3\text{-N}$ losses were not affected by N source. During the winter of 1991, significantly ($P = 0.05$) higher percolate $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations were recorded from urea-treated plots ($3.66 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$) vs. RCU ($2.10 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$), however. Similarly, N programs did not result in annual differences in percolate concentration, but differed during the winter of 1991. Concentrations were 3.37 and $2.39 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$ for LSF and SSF, respectively. The $\text{NO}_3\text{-N}$ leaching losses from all treatments exceeded the maximum concentration limit (MCL) early in the study. These high concentrations were caused by

soil disturbance during establishment. During the 2nd yr, NO₃-N leaching results were more representative of typical turfgrass situations with mean annual flow-weighted NO₃-N concentrations well below the MCL. Different N sources and fertilizer programs did not result in greater NO₃-N percolate losses compared to unfertilized turfgrass plots.

- Frank, K.W., K. O'Reilly, J.R. Crum, and R.N. Calhoun. 2006. The fate of nitrogen applied to a mature Kentucky bluegrass turf. (1.2.3 Transfert des nitrates)

Research on nitrate-nitrogen (NO₃-N) leaching in turfgrass indicates that, in most cases, leaching poses little risk to the environment. Most of the research was conducted on sites that were recently established, and the potential for greater NO₃-N leaching from mature turf sites is unknown. The fate of nitrogen (N) was examined for a 10-yr-old Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) turf using intact monolith lysimeters and microplots. From October 2000 through July 2002, half of the lysimeters and microplots were treated annually with urea at a high rate of 245 kg N ha⁻¹ (49 kg N ha⁻¹ application⁻¹). The remaining lysimeters and microplots were treated annually with urea at a low rate of 98 kg N ha⁻¹ (24.5 kg N ha⁻¹ application⁻¹). The Oct. 2000 urea application was made with ¹⁵N double-labeled urea to facilitate fertilizer identification among clippings, verdure, thatch, soil, roots, and leachate. The average total recovery of applied labeled fertilizer nitrogen (LFN) for the low and high N rates was 78 and 74%, respectively. NO₃-N concentrations in leachate for the low N rate were typically below 5 mg L⁻¹. For the high N rate, NO₃-N concentrations in leachate were often greater than 20 mg L⁻¹. Over approximately 2 yr, 1 and 11% of LFN was recovered in leachate for the low and high N rates, respectively. This research indicates that single dose, high rate, water soluble N applications (49 kg N ha⁻¹ application⁻¹) to mature turfgrass stands should be avoided to minimize the potential for NO₃-N leaching.

- Starr, J.L., and H.C. DeRoo. 1981. The fate of nitrogen fertilizer applied to turfgrass. (1.2.3 Transfert des nitrates)

Field plots, instrumented with suction lysimeter and neutron probe access pipes, were used to study the fate of nitrogenous fertilizer applied to turfgrass grown on a sandy loam soil. Fertilizer N was applied to each plot at a rate of 195 kg ha⁻¹ in each of the first 2 years and 180 kg ha⁻¹ in the 3rd year to each plot. The fertilizer N was in a 50:50 split application in May and September of each year. Grass clippings were returned, after subsampling, to two of the four plots. In the 3rd year, the use of ¹⁵N as a tracer in conjunction with grass clipping management provided the means to quantify the N in the grass derived from fertilizer, soil, the current year's grass clippings, and the previous 2 years of grass clippings. For example, where clippings were not returned, about equal quantities of N were derived from soil and fertilizer. Where clippings were returned, the yield of grass increased by about one-third and nearly equal proportions of N in the plant tissue came from soil, fertilizer, and grass clippings.

- Easton, Z.M., and A.M. Petrovic. 2004. Fertilizer source effect on ground and surface water quality in drainage from turfgrass. (1.2.3 Transfert des nitrates)

Nutrients in surface and ground water can affect human and aquatic organisms that rely on water for consumption and habitat. A mass-balance field study was conducted over two years (July 2000-May 2001) to determine the effect of nutrient source on turfgrass runoff and leachate. Treatments were arranged in an incomplete randomized block design on a slope of 7 to 9% of Arkport sandy loam (coarseloamy, mixed, active, mesic Lamellic Hapludalf) and seeded with Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Three natural organic (dairy and swine compost and a biosolid) and two synthetic organic nutrient sources (readily available urea and controlled-release N source sulfur-coated urea) were applied at rates of 50 and 100 kg N ha⁻¹ per application (200 kg N ha⁻¹ yr⁻¹). Runoff water collected from 33 storms and composite monthly leachate samples collected with ion exchange resins were analyzed for nitrate (NO₃-N), phosphate (PO₄(3-)-P), and ammonium (NH₄⁺-N). Nutrient concentrations and losses in both runoff and leachate were highest for the 20-wk period following turfgrass seeding. The NO₃-N and NH₄⁺-N losses declined significantly once turfgrass cover was established, but PO₄(3-)-P levels increased in Year 2. Turf's ability to reduce nutrient runoff and leachate was related to overall plant growth and shoot density. The use of natural organics resulted in greater P loss on a percent applied P basis, while the more soluble synthetic organics resulted in greater N loss.

- Guillard, K., and K.L. Kopp. 2004. Nitrogen fertilizer form and associated nitrate leaching from cool-season lawn turf. (1.2.3 Transfert des nitrates)

Various N fertilizer sources are available for lawn turf. Few field studies, however, have determined the losses of nitrate (NO₃-N) from lawns receiving different formulations of N fertilizers. The objectives of this study were to determine the differences in NO₃-N leaching losses among various N fertilizer sources and to ascertain when losses were most likely to occur. The field experiment was set out in a completely random design on a turf typical

of the lawns in southern New England. Treatments consisted of four fertilizer sources with fast- and slow-release N formulations: (i) ammonium nitrate (AN), (ii) polymer-coated sulfur-coated urea (PCSCU), (iii) organic product, and (iv) a nonfertilized control. The experiment was conducted across three years and fertilized to supply a total of 147 kg N ha⁻¹ yr⁻¹. Percolate was collected with zero-tension lysimeters. Flow-weighted NO₃-N concentrations were 4.6, 0.57, 0.31, and 0.18 mg L⁻¹ for AN, PCSCU, organic, and the control, respectively. After correcting for control losses, average annual NO₃-N leaching losses as a percentage of N applied were 16.8% for AN, 1.7% for PCSCU, and 0.6% for organic. Results indicate that NO₃-N leaching losses from lawn turf in southern New England occur primarily during the late fall through the early spring. To reduce the threat of NO₃-N leaching losses, lawn turf fertilizers should be formulated with a larger percentage of slow-release N than soluble N.

- Morton, T.G., A.J. Gold, and W.M. Sullivan. 1988. Influence of overwatering and fertilization on nitrogen losses from home lawns. (1.2.3 Transfert des nitrates)

Fertilized home lawns represent a potential source of NO₃-N contamination to groundwater and surface waters. The waterborne losses of inorganic N from Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) turf subjected to three levels of N fertilization (0, 97, and 244 kg N ha⁻¹ yr⁻¹ as urea and methylene urea) and two irrigation regimes (scheduled by tensiometer and overwatering with 3.75 cm of water per week in addition to rainfall) were measured. The site was located on a Merrimac sandy loam (sandy, mixed, mesic Typic Dystrochrept). Soil-water percolate was collected by suction plate lysimeters placed below the root zone. Surface runoff was quantified with orifice flow splitters. Soilwater percolate flux comprised >93% of the total water and inorganic-N discharged from all treatments. Mean annual flow weighted concentrations of inorganic N in soil-water percolate were below the U.S. drinking water standard on all treatments and ranged from 0.36 mg L⁻¹ on the overwatered, unfertilized, control treatment to 4.02 mg L⁻¹ on the over-watered, high N treatment. Annual losses ranged from 32 kg ha⁻¹ on the overwatered high N rate treatment to 2 kg ha⁻¹ on the scheduled irrigation, unfertilized, control treatment. Overwatering in conjunction with fertilization generated significantly higher annual flow weighted concentrations and mass loss than the unfertilized controls. Nitrogen loss and concentrations from the scheduled irrigation treatments were not significantly different from the controls.

- Barton, L., and T.D. Colmer. 2006. Irrigation and fertilizer strategies for minimizing nitrogen leaching from turfgrass. Agric. Water Manage. 80:160–175. doi:10.1016/j.agwat.2005.07.011 (1.2.3 Transfert des nitrates)

Establishing and implementing management practices that limit N leaching from agricultural and horticultural land is a priority internationally. Movement of N through soil to surface and ground waters can degrade aquatic systems and compromise water used for drinking, industry and recreation. Reported annual rates of N leaching from turfgrass range from 0 to 160 kg N ha⁻¹ year⁻¹, representing up to 30% of applied N. Irrigation rate, fertiliser regime and turfgrass growth phase influence the amounts of N leached. Nitrogen losses tend to be low (<5% of applied fertiliser N) from established turfgrass that is not over-irrigated, and has received N fertiliser at 200–300 kg N ha⁻¹ year⁻¹. Efficient irrigation management is critical for efficient N use. Irrigation scheduling that does not cause water to move beyond the active rooting zone decreases the amount of N leached from established turfgrass, without being detrimental to, and in some instances enhancing, turfgrass growth and quality. Applying N fertilisers at rates and frequencies that match N requirements decreases N leaching from established turfgrass. Soil disturbance, such as during preparation of areas for planting turfgrass, can increase N leaching. Therefore, the main strategies for minimising N leaching from turfgrass are (i) optimise irrigation regimes, and (ii) ensure N is applied at rates and frequencies that match turfgrass demand. These strategies are particularly important during turfgrass establishment. Further work is required on turfgrass-soil N cycling and partitioning of N applied to turfgrass. Research needs to be conducted for a broad range of turfgrass species, turfgrass ages, soil types and climates.

- Paré, K., H. Chantigny, K. Carey, W.J. Johnston, and J. Dionne. 2006. Nitrogen uptake and leaching under annual bluegrass ecotypes and bentgrass species: A lysimeter experiment. (1.2.3 Transfert des nitrates)

Nitrate (NO₃⁻) can leach from golf greens, potentially causing the degradation of surface and ground water quality. A greenhouse experiment was conducted with 11 annual bluegrass (*Poa annua* var. *reptans* Hausskn.) ecotypes from eastern Canada (Quebec and Ontario) and the USA, and three bentgrass (*Agrostis* spp.) species to compare N uptake and potential for N leaching. Two-month-old grasses were established for a 6-wk period in lysimeter columns simulating a golf-green profile. An unplanted root zone control was included. Water-soluble fertilizer was applied at 25 kg N ha⁻¹ (NH₄NO₃) every 14 d for 57 d. Leachate samples were collected every second day and analyzed for NO₃-N and ammonium N (NH₄-N) content. Dry weight and N concentration were determined on clippings, shoots, and roots. Ammonium N leaching was negligible for all grasses. Less NO₃-N

leaching losses occurred under bentgrasses (6–11% of applied N) than under annual bluegrasses (28–71% of applied N). Differences in $\text{NO}_3\text{-N}$ leaching were also found within annual bluegrasses; Quebec *P. annua* > Ontario *P. annua* > USA *P. annua*. Grasses with a greater aboveground biomass developed a larger and deeper root system and were associated with a greater N uptake ($r = 0.94$) and, therefore, a lower $\text{NO}_3\text{-N}$ leaching ($r = -0.94$). Breeding programs and management practices to improve turfgrass root development appear to be critical to reduce fertilizer N leaching under sand-based putting greens

- Mancino, C.F., and J. Troll. 1990. Nitrate and ammonium leaching losses from N fertilizers applied to 'Penncross' creeping bentgrass. (1.2.3 Transfert des nitrates)

Combining frequent N applications and irrigations for turfgrasses grown in sandy soils is a common occurrence on golf course putting greens. A greenhouse study was conducted to determine leaching losses of nitrate and ammonium nitrogen from 'Penncross' creeping bentgrass (*Agrostis palustris* L.) growing on an 80 sand:20 peat soil mixture following frequent, moderately heavy irrigations and light or moderate N fertilizer applications. Nitrogen sources included calcium nitrate, ammonium nitrate, ammonium sulfate, urea, urea formaldehyde and isobutylidene diurea. Application levels were 9.76 kg N/ha per 7 days and 19.52 kg N/ha per 14 days for 10 weeks. Irrigation equivalent to 38 mm·week⁻¹ was applied in three equal applications. Overall, 46% of the applied water leached. Total leaching losses were <0.5% of the applied N. Nitrate represented the major portion of the leached N, with ammonium losses being negligible. There were no differences between sources when applied at these levels. In a second study, a single 48.8 kg N/ha application resulted in higher leaching losses of N, but only calcium nitrate and ammonium nitrate had total losses > 2% (2.80% and 4.13%, respectively, over an n-day period). Nitrate concentrations were found to exceed 45 mg·liter⁻¹ for ammonium nitrate.

- Brown, K.W., J.C. Thomas, and R.L. Duble. 1982. Nitrogen source effect on nitrate and ammonium leaching and runoff losses from greens. (1.2.3 Transfert des nitrates)

The use of sandy rooting media with rapid infiltration rates in the construction of golf greens provides the potential for N pollution of nearby water supplies. This study was designed to measure the effects of different N sources on NO_3^- and NH_4^+ concentrations in leachate and runoff from golf greens constructed with various rooting media.

Individual golf greens with USGA-type profiles were constructed in the field with upper 30 cm layers consisting of sand-peat, sandsoil-peat and sandy loam soil mixtures. All profiles were equipped with subsurface tile drains over a plastic sheet and were treated sequentially with the following N fertilizers: NH_4NO_3 , ureaformaldehyde, 12-12-12, Milorganite, and IBDU. Leachate and runoff were collected and analyzed for NO_3^- and NH_4^+ . Nitrate concentrations in leachate from sand, mixed, and soil greens fertilized with quick release materials ranged from 45 to 326, 8 to 314 and 8 to 170 mg liter⁻¹, respectively and remained in this range for a 3-week period. Runoff concentrations from the greens constructed of sandy loam soil exceeded 30 mg liter⁻¹. No runoff was collected from sand or mixed greens.

Nitrate N losses from various sources were in the order of NH_4NO_3 > 12-12-12 > Milorganite > Isobutylenediurea (IBDU) > Ureaformaldehyde. Isobutylenediurea provided a very uniform release rate. Milorganite had a 25 to 30 day delay before NO_3^- appeared in the leachate. Soluble sources, NH_4NO_3 , and 12-12-12 exhibited leaching within 5 days after application. It appears that regular moderate applications of slow release N sources would provide minimum NO_3^- loss while supplying a continuous N supply.

Ammonium losses ranked from greatest to smallest were NH_4NO_3 > Ureaformaldehyde > Milorganite > 12-12-12 > IBDU. Ammonium losses contributed very little to the total N losses from golf greens. Highest total N loss was 23% of the applied N.

- Shuman, L.M. 2002. Phosphorus and nitrate nitrogen in runoff following fertilizer application to turfgrass.

(1.2.3 Transfert des nitrates)

Intensively managed golf courses are perceived by the public as possibly adding nutrients to surface waters via surface transport. An experiment was designed to determine the transport of nitrate N and phosphate P from simulated golf course fairways of 'Tifway' bermudagrass [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.]. Fertilizer treatments were 10-10-10 granular at three rates and rainfall events were simulated at four intervals after treatment (hours after treatment, HAT). Runoff volume was directly related to simulated rainfall amounts and soil moisture at the time of the event and varied from 24.3 to 43.5% of that added for the 50-mm events and 3.1 to 27.4% for the 25-mm events. The highest concentration and mass of phosphorus in runoff was during the first simulated rainfall event at 4 HAT with a dramatic decrease at 24 HAT and subsequent events. Nitrate N concentrations were low in the runoff water (approximately 0.5 mg L⁻¹) for the first three runoff events and highest (approximately 1-1.5 mg L⁻¹) at 168 HAT due to the time elapsed for conversion of ammonia to nitrate. Nitrate N mass was highest at the 4 and 24 HAT events and stepwise increases with rate were evident at 24 HAT. Total P transported for all events was

15.6 and 13.8% of that added for the two non-zero rates, respectively. Total nitrate N transported was 1.5 and 0.9% of that added for the two rates, respectively. Results indicate that turfgrass management should include applying minimum amounts of irrigation after fertilizer application and avoiding application before intense rain or when soil is very moist.

- Schwartz, L., and L.M. Shuman. 2005. Predicting runoff and associated nitrogen losses from turfgrass using the root zone water quality model (RZWQM). (1.2.3 Transfert des nitrates)

Nitrogen fertilizers are used to maintain optimum turfgrass quality, but off-site movement of this primary nutrient can affect water quality. We conducted a 4-yr study (1998-2001) designed to measure nitrate N runoff from turfgrass, gathering data to be used in the model. The process-based Root Zone Water Quality Model (RZWQM) was used to predict nitrate associated with runoff from turfgrass. The measurements were made on 12 sloped (5%), 25-m² plots of 'Tifway' bermudagrass [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.], managed as golf course fair-ways and exposed to natural and simulated rainfall. Surface runoff volume and nitrate N loads were monitored after applying simulated rainfall at an average intensity of 27.4 mm h⁻¹. The irrigation occurred (25 or 50 mm) 4 through 168 h after treatment with various rates of N fertilizers for 1998-2001. RZWQM adequately simulated water runoff volumes (<19%; nonsignificant, paired t test) in the first three (normal or wet) years, but overpredicted (70%) in the fourth, dry year. RZWQM overpredicted nitrate N loads by a factor of 1.3 for the first three years (nonsignificant), and by a factor of almost 6 for the fourth year (highly significant). These overpredictions occurred when the runoff volumes and N loads were very small. The research has shown that refinements to RZWQM are needed for turfgrass management applications.

- Soldat, D.J., and A.M. Petrovic. 2008. The fate and transport of phosphorus in turfgrass ecosystems.

(1.2.3 Transfert des phosphates)

Phosphorus losses from turfgrass areas are perceived to contribute to water quality problems, yet a comprehensive review of P fate in turfgrass ecosystems is lacking. According to available data in the literature, phosphorus fertilizer inputs (2–10 kg ha⁻¹) slightly exceed the estimated outputs of phosphorus in clippings (0.4–7.5 kg ha⁻¹). Sediment losses from turf areas are negligible, generally limited to establishment, but runoff and leaching losses of P vary from inconsequential to severe depending on rate, source, and timing of fertilizer application. Soil properties were found to have a larger effect on runoff volume than vegetative properties. Highest runoff and leaching losses of P occurred when rainfall occurred or was simulated shortly after P fertilizer application. Leaching losses of P have historically been considered relatively minor; however, the limited research results available indicate that annual P leaching losses from mineral soils (0.2–0.7 kg ha⁻¹) are similar in magnitude to runoff-P losses from turfgrass systems. One major gap in the knowledge is how P sources other than fertilizer (i.e., soil and plant tissue) and irrigation affect runoff and leaching losses of P.

- Sharpley, A.N., and I. Sisak. 1997. Differential availability of manure and inorganic sources of P in soil.

(1.2.3 Transfert des phosphates)

As little information is available on whether differences in the availability of manure and fertilizer P in soil exist, manure management recommendations are being based on fertilizer response. Thus, the availability of P (as Fe-oxide strip P) from poultry litter leachate or KH₂PO₄ was investigated by incubation for 7 d with 193 soils with a wide range of properties associated with P sorption. Phosphorus availability, calculated as the slope of the linear relationship (F) between strip P and P added (0-108 mg inorganic P kg⁻¹), was consistently greater for soils treated with KH₂PO₄ (Fk of 0.50) than litter leachate (Fk of 0.29). Although Fk and FI were linearly related (r² of 0.92), relative availabilities were inversely related to the ratio of soil clay/organic C content (r² of 0.68), an estimate of the reactive surface area involved in P sorption and availability. The differential availability in soil of the two sources of P is attributed to the complexation of P with Ca and organo-Ca, Fe, and Al, with the addition of Ca and soluble organic compounds in poultry litter leachate. Thus, manure management recommendations should be based on yield trials for manure and its availability in soil rather than on fertilizer P. Current fertilizer recommendations may be modified by soil CaCO₃, extractable Fe, and clay/organic C to account for the differential availability of manure and inorganic P sources in soil.

- Linde, D.T., and T.L. Watschke. 1997. Nutrients and sediment in runoff from creeping bentgrass and perennial ryegrass turfs. J. Environ. (1.2.3 Transfert des phosphates)

Although scientists have found little transport of nutrients to date in runoff from turfgrasses, more research is needed on a wider range of soil conditions and management scenarios. This study was designed to assess nutrient and sediment transport from creeping bentgrass (*Agrostis palustris* Huds.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) turfs and to assess the influence that vertical mowing had on sediment transport. Sloped

plots of bentgrass and ryegrass, maintained similar to a golf fairway, were irrigated to force runoff for the generation of runoff and leachate water samples. About 12 h before each runoff event, irrigation was used to equilibrate soil moisture for all plots. For four events, plots were treated with fertilizer at a rate of 4.9 g N m⁻², 0.3 g P m⁻², and 4.1 g K m⁻² about 4 h after pre-event irrigation and 8 h before runoff. For another four events, plots were verticut 6 h before runoff. Water samples were analyzed for NO₃-N, total Kjeldahl-N (TKN), phosphate, and sediment. Mean NO₃-N concentrations rarely exceeded 1 mg L⁻¹. Phosphate and TKN concentrations and losses significantly increased when runoff was forced 8 h after fertilization. On average for these events, 11% of applied P and 2% applied N was detected in runoff and 14% applied P and 3% applied N was detected in leachate. For all other events, nutrient concentrations and losses were consistently lower. Vertical mowing had little effect on sediment transport. Sediment transport from both turfs averaged 0.8 kg ha⁻¹. On golf fairways, off-site movement of nutrients may happen if runoff occurs soon after granular fertilizer is applied to a nearly saturated soil.

- Johnson, P.G., R.T. Koenig, and K.L. Kopp. 2003. Nitrogen, phosphorus, and potassium responses and requirements in calcareous sand greens. (1.2.3 Transfert de potassium)

Calcareous sands are widely used in the construction of putting greens in the western USA. Plants growing on these sands frequently exhibit nutrient deficiencies and rapidly changing nutrient levels due to the low nutrient-holding capacity of this medium. Our objectives were to determine the effects of N, P, K, and N x K and P x K interactions on the growth of creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera* Huds.) in calcareous sand greens. Measurements included visual ratings of turfgrass quality, soil and tissue nutrient levels, and golf ball roll distance. Creeping bentgrass plots receiving 5.5 kg P ha⁻¹ yr⁻¹ had lower quality than the remainder of the treatments (27.5-110 kg P ha⁻¹ yr⁻¹). Interactions between P and K were not observed. Ball roll was negatively correlated with soil test P. According to linear plateau regression analysis, soil test P level was 3.0 mg kg⁻¹ soil, and tissue test P was 0.4% for maximum quality. Nitrogen fertilizer treatments increased turfgrass quality with each successively higher treatment. No N x K interactions were observed. No significant effect of K on turfgrass quality was observed; however, K rates increased soil test K, and tissue K showed a weak correlation (R² = 0.13) with turfgrass quality. Potassium levels within the soil profile indicated leaching of K through the root zone. Alternative K fertilization methods (foliar, increased frequency, and slow-release forms) may be needed to improve K nutrition of bentgrass growing on calcareous sands.

- Erickson, J.E., J.L. Cisar, G.H. Snyder, J.C. Volin, and D.M. Park. 2005. Phosphorus and potassium leaching under contrasting residential landscape models established on a sandy soil. (1.2.3 Transfert de potassium)

The quantity of fertilizer applied to residential land use is increasing rapidly with urban expansion. Phosphorus (P) and potassium (K) are essential plant nutrients often included in fertilizers used on residential landscapes. As a result, the potential exists for substantial P and K losses to ground and surface waters via runoff and leaching. Landscape vegetation and maintenance protocols play important roles in mitigating nutrient losses. Therefore, the objectives of this comparative study were to examine fertilizer P and K leaching losses from contrasting residential landscape models established on a sandy soil. Four replications each of a St. Augustinegrass [*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze] monoculture (SA) and a mixed-species (MS) landscape were randomly assigned to 47.5-m² plots. The use of common management practices was part of each landscape model, as granular fertilizers were applied to the SA monoculture routinely (bimonthly) throughout the study (61 kg P ha⁻¹ and 424 kg K ha⁻¹) but only during establishment for the MS landscape (105 kg P ha⁻¹ and 630 kg K ha⁻¹). Losses of P and K in surface runoff were negligible. However, during the 45 month of data collection, cumulative mean P leached was 37.8 kg ha⁻¹ on the MS model and 22.9 kg ha⁻¹ on the SA model, while cumulative mean K leached was 346 kg ha⁻¹ on the MS landscape and 185 kg ha⁻¹ on the SA landscape. Notably, leaching losses were high during establishment and following intense precipitation, but the SA landscape model minimized these losses compared with the MS model. Regardless of landscape, leaching losses of P, and perhaps K, were high enough to raise concern over ecological impacts on neighboring hydrologically linked systems.

- Sartain J.B. 2008. Comparative Influence of N Source on N Leaching and St. Augustinegrass Quality, Growth and N Uptake.

(A rajouter)

Nitrogen fertilization of home lawns with soluble and controlled-release N sources has recently become an environmental concern. Cities and municipalities are imposing restrictions on home lawn fertilization with questionable scientific merit. A glasshouse study was conducted to evaluate the influence of N source and rate on the quantity of N loss through leaching and the growth and quality of St. Augustinegrass (*Stenotaphrum secundatum* Walt. Kuntze.). Saint Augustine cv. 'Floritam' sod was placed on 45 by 60 cm tubs filled with

Candler fine sand (Typic Quartzipsamments, Hyperthermic, uncoated) which were engineered for gravity flow leachate collection. Moisture level was maintained such that no leaching occurred except during imposed leaching events. Soluble N sources (urea and UAN) were applied at 4.88 g N m⁻² every 30 days and controlled release N sources (SCU and T-180 type staged nutrient release 15-2-15, a blend of primary nutrients differentially coated with a proprietary polymer coating) were applied at 9.76 g N m⁻² every 60 days as SCU or once at 7.32, 9.76 or 12.26 g N m⁻² as 15-2-15. Total shoot (clippings) dry matter over a 180 day period was collected and analyzed for total Kjeldahl N. Visual quality ratings were taken weekly and leachates were collected every 30 days by adding ½ pore volume of water. Leachates were analyzed for urea, NH₄ and NO₃-N. There was no urea or NH₄-N detected in the leachates. Only the NO₃-N form of N was detected in the leachates which accounted for 4 to 8% of the applied N and was detected only during the first 30 d after application. An immature turfgrass root system was assumed to be responsible for the leaching losses during the early days of the study. Following the establishment of the root system and during the active growing period of the turfgrass no N was detected in the leachates. This indicates that 4.88 g N m⁻² every 30 day as soluble N and as much as 12.26g N m⁻² in a one-time application as a controlled-release N source can be applied without a negative environmental impact. In summary, results from this glasshouse study suggest soluble and controlled-release N sources can be applied to actively growing St. Augustinegrass at rates higher than currently recommended by the Urban Turf Fertilizer Rule without negative environmental impact.

- Paré et al. 2008. Leaching of Mineral and Organic Nitrogen from Putting Green Profiles Supporting Various Turfgrasses.

(A rajouter)

Nitrate (NO₃⁻) leached from golf greens has the potential to impair water quality. Dissolved organic N (DON) is also increasingly recognized as a form leached from fertilized soils. A controlled experiment was conducted to determine (i) the significance of DON in total N leaching losses under simulated golf-green profiles and (ii) the short-term contribution of fertilizer to leaching of inorganic and organic N forms. Various turfgrasses were grown in lysimeter columns designed to simulate a golfgreen profile. Fertilizer was applied at 25 kg N ha⁻¹ every 14 d for 55 d, and the last application was labeled with 15N. Leachates were analyzed for NO₃⁻-N, NH₄⁺-N, and DON. The 15N recovery was assessed in plant, soil, and leachates. In the presence of plants, 10 to 70% (average 40%) of total N leached was accounted for by DON. Application of 15N revealed that one-half to two-thirds of NO₃⁻-N leached in the following 14 d was derived from the fertilizer, whereas the majority of leached DON was derived from soil residual N. Nevertheless, DO15N was present in most leachate samples collected for 14 d after fertilizer application, indicating that only a few days were required to convert mineral fertilizer to leachable organic forms. We conclude that DON may be a significant component of total N leaching losses from putting greens and would account for part of the N losses traditionally attributed to volatilization and denitrification.

- Johnston W.J. et Golob C.T. 2001. Nitrogen Leaching through a Sand-based Golf Green . *(A rajouter)*

Sand-based rootzones are prone to leaching. Washington State University researchers used the unique floating green at the Coeur d'Alene Resort Golf Course in Coeur d'Alene, Idaho, to measure the NO₃-N and NH₄-N leachate losses following nitrogen fertilizer applications. Their study revealed:


- N fertilization of sand-based golf greens poses little potential for ground water contamination when healthy turfgrass is maintained.
- Bentgrass was very efficient at taking up N with 47% of applied N removed in the clippings.
- The greatest amount of N moved through the soil profile when the turf was dormant and/or in response to precipitation events.
- An increase in N concentration and amount leached occurred for 7 to 21 days following fertilizer application.
- Tissue N was a better indicator than clipping dry wt. of when fertilizer was applied.
- The large, sand-based floating green used in this study was a unique field laboratory that could be utilized in future research to develop environmentally sound turfgrass BMPs.

- Gardner D.S. et Branham B.E. 2001. Effect of Turfgrass Cover and Irrigation on Soil Mobility and Dissipation of Mefenoxam and Propiconazole. *(A rajouter)*


Irrigation effects on pesticide mobility have been studied, but few direct comparisons of pesticide mobility or persistence have been conducted on turfgrass versus bare soil. The interaction of irrigation practices and the presence of turfgrass on the mobility and dissipation of mefenoxam [N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(methoxyacetyl)-D-alanine methyl ester] and propiconazole (1-[[2-(2,4-dichlorophenyl)-4-propyl-1,3-dioxolan-2-yl]methyl]-1H-1,2,4-triazole) was studied. Sampling cylinders (20-cm diam.) were placed in either creeping bentgrass [*Agrostis stolonifera* L. var. *palustris* (Huds.) Farw.] or bare soil. Mefenoxam was applied at 770 g a.i. ha⁻¹ and

propiconazole was applied at 1540 g a.i. ha⁻¹ on 14 June 1999. Sampling cylinders were removed 2 h after treatment and 4, 8, 16, 32, and 64 days after treatment (DAT) and the cores were sectioned by depth. Dissipation of mefenoxam was rapid, regardless of the amount of surface organic matter or irrigation. The half-life (t_{1/2}) of mefenoxam was 5 to 6 d in turf and 7 to 8 d in bare soil. Most mefenoxam residues found in soil under turfgrass were in the 0- to 1-cm section at 0, 4, and 8 DAT. Residues were found in the 15- to 30-cm section at 4, 8, 16, 32, and 64 DAT, regardless of turf cover or irrigation. The t_{1/2} of propiconazole was 12 to 15 d in turfgrass and 29 d in bare soil. Little movement of propiconazole was observed in either bare soil or turf.

ANNEXE II : Fiches techniques du matériel installé ou envisagé pour l'étude



AQUABAC
BAC JUGEUR AVEC
DÉVERSOIR À ÉCHANCRURE
TRIANGULAIRE OU
RECTANGULAIRE



L'AQUABAC existe en 6 modèles de mesure de 2,9 à 40 m³/h avec déversoir intégré.

L'AQUABAC est bac rectangulaire en PVC ou Inox 316L à l'intérieur duquel est fixé un déversoir à échancre triangulaire ou rectangulaire. Sa potence capteur permet de placer une sonde Ultrason (ou capteur radar), afin d'effectuer la mesure du débit.



BABYNOX Eco 

**GÉREZ VOS PRÉLÈVEMENTS
EN TOUTE SIMPLICITÉ**

L'échantillonneur fixe BABYNOX Eco est un appareil compact fonctionnant même dans les conditions les plus difficiles, fabriqué suivant les standards de qualité Aqualyse

- Réalisé entièrement en inox 304
- Livré "Plug & Play" pré-programmé en atelier
- Système de prélèvement par pompe à vide pour un échantillonnage plus précis
- Pas de recalibration nécessaire après nettoyage
- Vase à graduations, protégé dans la chambre d'échantillonnage
- Logiciel avec programme de contrôle à distance
- 9 programmes personnalisables pouvant être activés simultanément
- Climatisé / ventilé froid et chaud, contrôle de température par sondes de précision, dégivrage automatique
- Accès facile aux éléments principaux pour une souplesse de maintenance.



AQUOLABO

CONTRÔLE

SONDE CTZN CAPTEUR NUMÉRIQUE CONDUCTIVITE À INDUCTION/SALINITÉ LA TECHNOLOGIE À INDUCTION PEU SENSIBLE À L'ENCRASSEMENT



Le capteur CTZN PONSEL est un capteur de conductivité à Induction adapté aux milieux de mesure les plus encrassants et qui se connecte à tout type d'enregistreur, transmetteur, système de télégestion ou automate doté d'une entrée Modbus RS485 ou SDI12. Grâce à l'indexation du capteur, plus de 200 capteurs peuvent être connectés sur un enregistreur.

- **Principe de mesure** : Un bobinage torique est excité à fréquence fixe et la réponse est récupérée sur un deuxième bobinage accordé sur le premier. Le couplage, fonction de la conductivité, se fait par l'intermédiaire de la solution conductrice.
- **Résistant aux perturbations** : pré-amplification intégrée au capteur et traitement numérique des signaux.

Toutes les données concernant l'étalonnage, l'historique des étalonnages, les utilisateurs et les mesures sont traitées directement dans le capteur CTZ et transmises par liaison Modbus RS-485 ou SDI-12.

AQUALABO

CONTRÔLE

SONDE PHEHT

CAPTEUR NUMERIQUE PH, REDOX & TEMPÉRATURE



Le capteur PHEHT intègre une électrode de référence, utilisée pour les mesures de pH et Rédox, de type Ag/AgCl à électrolyte plastifié saturé en KCl «PLASTOGEL»®

L'électrolyte «PLASTOGEL»® communique directement avec le milieu extérieur sans interposition de capillaire ou de poreux. Il n'y a donc aucun risque d'obturation ni de désamorçage de la référence.

Les électrodes de mesure sont sous forme d'ampoule de verre spécial sensible au pH et soudée à l'extrémité d'un tube de cristal pour le pH et sous forme d'une pointe de platine pour le rédox.

Température : mesures via CTN insérée dans une gaine inox.

- **Communication numérique / Transmetteur Intégré** : Le capteur PHEHT se connecte à tout type d'enregistreur, transmetteur, système de télégestion ou automate doté d'une entrée Modbus RS485. Grâce à l'indexation du capteur, plus de 200 capteurs peuvent être connectés sur un enregistreur.

Résistant aux perturbations : pré-amplification intégrée au capteur et traitement numérique des signaux.

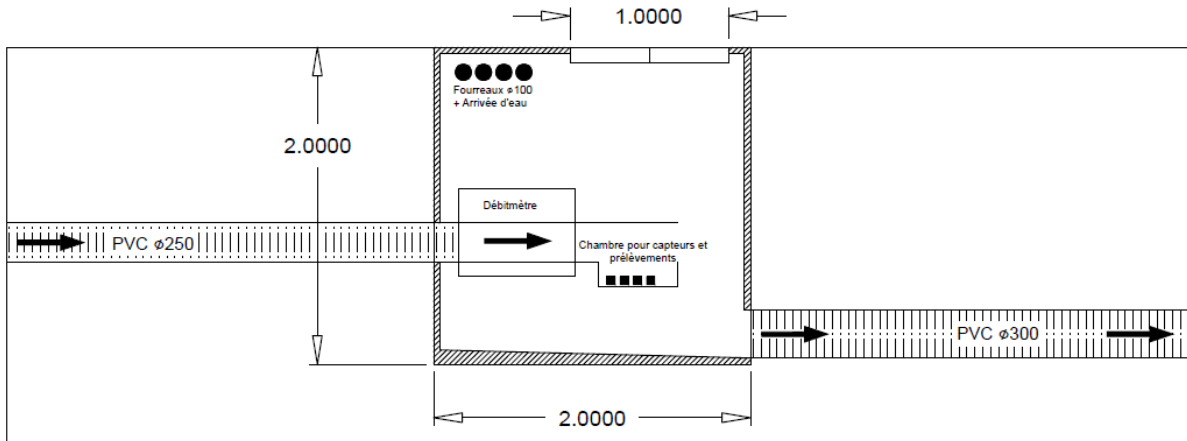
Toutes les données concernant l'étalonnage, l'historique et les utilisateurs sont enregistrées directement dans le capteur PHEHT.

- **Mécanique** : Un manche en matière PVC assure la tenue mécanique du capteur et le scellement étanche du câble.

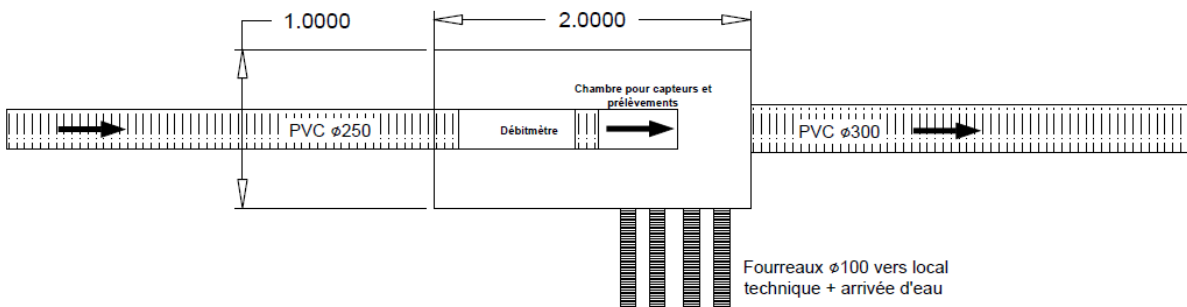
Compact, robuste et léger, le capteur en PVC permet une utilisation en version portable ou poste fixe.

ANNEXE III : Détail technique du regard installé

PRINCIPE D'INSTALLATION D'UN REGARD BETON 1x2x2 m - EN COUPE



PRINCIPE D'INSTALLATION D'UN REGARD BETON 1x2x2 m - EN PLAN



ANNEXE IV : Tableau de l'ensemble des paramètres étudiés

ANALYSE DES ECHANTILLON	CONTENANT	TEMPERATURE D'ECHANTILLONAGE	VOLUME D'ECHANTILLONAGE	DELAIS
Conductivité/Salinité	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
SAR (Sodium Absorption Ratio)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
PH	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Alcalinité	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Dureté	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
MOD (matière organique dissoute)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Azote (N)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Nitrate (NO3-)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Ammonium (NH4+)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Phosphore (P)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Phosphore (P2O5)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Phosphate (PO43-)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Potassium (K+)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Potassium (K2O)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Calcium	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Magnesium (Mg2+)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Sulfate (SO42-)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Souffre (S)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Zinc (Zn)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Bore (B)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Cuivre (Cu)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Manganese (Mg)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Fer (Fe)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Aluminium (Al)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Chlore (Cl)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
sodium (Na)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Silice (Si)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Chlore (Cl)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
Fluore (F)	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours
PESTICIDES A DETERMINER SELON L'USAGE	Flaconnage polyéthylène	4°C	3L	quelques jours

DONNEES TERRAIN	APPAREILLAGE	CONCENTRATION/VALEUR/INTENSITE	FREQUENCE DE MESURE	STOCKAGE DES DONNEES
Température du sol	Sonde et Station météo	Degré Celcius	permanente	-
Température extérieur	Sonde et Station météo	Degré Celcius	permanente	-
Volume pluviométrie	Pluviomètre	m3	permanente	-
Volume irrigation	Journal d'entretien	m3	permanente	-
Opérations mécaniques	Journal d'entretien	-	journalière	-
Apports	Journal d'entretien	masse et centration	journalière	-
Humidité de l'air	Sonde et Station météo	%	permanente	-
Humidité du sol	Sonde et Station météo	%	permanente	-

DONNEES SYSTÈME	APPAREILLAGE	CONCENTRATION/VALEUR/INTENSITE	FREQUENCE DE MESURE	STOCKAGE DES DONNEES
Débit sortant	Débitmètre	m3	permanente	-
PH	Sonde PH	-	permanente	-
Conductivité	Sonde conductivité	mS	permanente	-
Température de l'eau	Sonde température	Degré Celcius	permanente	-
Activité du preleveur	Préleveur automatique	-	permanente	-

ANNEXE V : Journal photographique du chantier

MAITRE D'OUVRAGE : VILLE DE LORIENT

MAITRE D'ŒUVRE : NOVAREA

ENTREPRISES PRESENTES SUR LE CHANTIER :

Mandataire : **SPORTINGSOLS**

Sous-traitant 1 : **SIREV**

Sous-traitant 2 : **GETHERM**

Coordinateur sécurité : **APAVE**



DESCRIPTION : Après découpe sur le sol, le tapis synthétique est soulevé et mis en rouleau.
Le remplissage est lui récupéré dans des « big bag »

Dépose du gazon synthétique

Calendrier prévisionnel : 18/05/2016

Etat du 17/05/2016



DESCRIPTION : Après découpe sur le sol, le tapis synthétique est soulevé et mis en rouleau.
Le remplissage est lui récupéré dans des « big bag »

Dépose du gazon synthétique

Calendrier prévisionnel 18/05/2016

Etat du 18/05/2016



DESCRIPTION : Installation des rouleaux de géocomposite étanche avec un géotextile par dessus.
Les bandes sont collées entre elles et maintenues au sol par le poids de la grave.

Pose du géocomposite étanche

Calendrier prévisionnel 24/05/2016

Etat du 19/05/2016



DESCRIPTION : Installation des rouleaux de géocomposite étanche avec un géotextile par dessus.
Les bandes sont collées entre elles et maintenues au sol par le poids de la grave.

Pose du géocomposite étanche

Calendrier prévisionnel 24/05/2016

Etat du 20/05/2016



DESCRIPTION : Après avoir réalisée la tranchée, installation d'un géotextile et d'une bâche étanche permettant le raccordement avec le géocomposite.

Réalisation du collecteur

Calendrier prévisionnel 24/05/2016

Etat du 24/05/2016



DESCRIPTION : Pose des collecteurs en fond de tranchée et raccordement sur des regards PVC aux quatre angles du terrain.

Réalisation du collecteur

Calendrier prévisionnel 24/05/2016

Etat du 25/05/2016



DESCRIPTION : Remplissage de la tranchée avec du gravillon.

Réalisation du collecteur

Calendrier prévisionnel 24/05/2016

Etat du 25/05/2016



DESCRIPTION : Finalisation de la tranchée avec raccord sur géocomposite.

Réalisation du collecteur	Calendrier prévisionnel 24/05/2016	Etat du 25/05/2016
----------------------------------	------------------------------------	--------------------



DESCRIPTION : installation des conduites d'arrosages intérieures au terrain. Les arroseurs sont localisés par l'implantation de fiche métalliques.

Pose de l'arrosage (canalisation)	Calendrier prévisionnel 24/05/2016	Etat du 24/05/2016
--	------------------------------------	--------------------



DESCRIPTION : Installation d'une première partie des électrovannes dans le local technique sous la tribune.

Pose des électrovannes	Calendrier prévisionnel 27/05/2016	Etat du 25/05/2016
-------------------------------	------------------------------------	--------------------



DESCRIPTION : Après approvisionnement en grave 2/6, la niveleuse commence à mettre en place la couche drainante sur une épaisseur de 10cm.

Couche drainante	Calendrier prévisionnel 26/05/2016	Etat du 24/05/2016
-------------------------	------------------------------------	--------------------



DESCRIPTION : En fin de journée (24/05) une grande partie de la première moitié du terrain est nivelée.

Couche drainante	Calendrier prévisionnel 26/05/2016	Etat du 24/05/2016
-------------------------	------------------------------------	--------------------



DESCRIPTION : Etat général du terrain le 25/05/2016 à midi.

VUE GENERALE		Etat du 25/05/2016 - midi
---------------------	--	---------------------------



DESCRIPTION : Etat du collecteur terminé et rempli avec passage de la ceinture d'arrosage en surface.

Réalisation du collecteur

Calendrier prévisionnel : 24/05/2016

Etat du 26/05/2016



DESCRIPTION : Après contrôle de la couche drainante, implantation de barrettes qui permettront la pose et le maintien des tuyaux de chauffage de manière précise sur le terrain

Pose du chauffage

Date calendrier prévisionnel 03/06/2016

Etat du 25/05/2016



DESCRIPTION : Installation des premières boucles de chauffage.

Pose du chauffage	Date calendrier prévisionnel 03/06/2016	Etat du 25/05/2016
--------------------------	---	--------------------



DESCRIPTION : Soudure des boucles de chauffage sur le collecteur en bas du virage sud.

Pose du chauffage	Date calendrier prévisionnel 03/06/2016	Etat du 26/05/2016
--------------------------	---	--------------------



DESCRIPTION : Le 26/05, avancé de la pose du chauffage. Finition sur le collecteur périphérique.

VUE GENERALE

Etat du 26/05/2016



DESCRIPTION : Nivellement progressif de la couche de sable pur.

Couche de sable pur

Calendrier prévisionnel 03/06/2016

Etat du 01/06/2016



DESCRIPTION : Début de l'installation de la grave 0/20 drainante entre la bordure et le caniveau technique, sous le futur tapis synthétique.

Pose de la grave 0/20 drainante	Date calendrier prévisionnel 17/05/2016	Etat du 30/05/2016
--	---	--------------------



DESCRIPTION : Le 30/05 au matin l'ensemble du chauffage est posé sur le terrain.

VUE GENERALE		Etat du 30/05/2016
---------------------	--	--------------------



DESCRIPTION : Le 01/06 en début d'après midi la première moitié du terrain est quasiment nivelée.

VUE GENERALE		Etat du 01/06/2016
---------------------	--	--------------------



DESCRIPTION : L'ensemble de la couche de sable pur est pratiquement nivelée.

Couche de sable pur	Calendrier prévisionnel 03/06/2016	Etat du 02/06/2016
----------------------------	------------------------------------	--------------------



DESCRIPTION : Amendement en zéolite à l'aide d'un tracteur sur l'ensemble de la plateforme sable. La zéolite permet une fertilisation du sable.

Amendement du sable en zéolite

Date calendrier prévisionnel 06/06/2016

Etat du 02/06/2016



air

DESCRIPTION : Début de la réalisation de la plateforme en AirFibr®. Les apports sur le terrain et le nivellement se font simultanément.

Couche en AirFibr®

Calendrier prévisionnel 10/06/2016

Etat du 06/06/2016



DESCRIPTION : Etat du 07/06 à midi. Deux niveleuses travaillent sur la plateforme AirFibr®.

VUE GENERALE

Etat du 07/06/2016



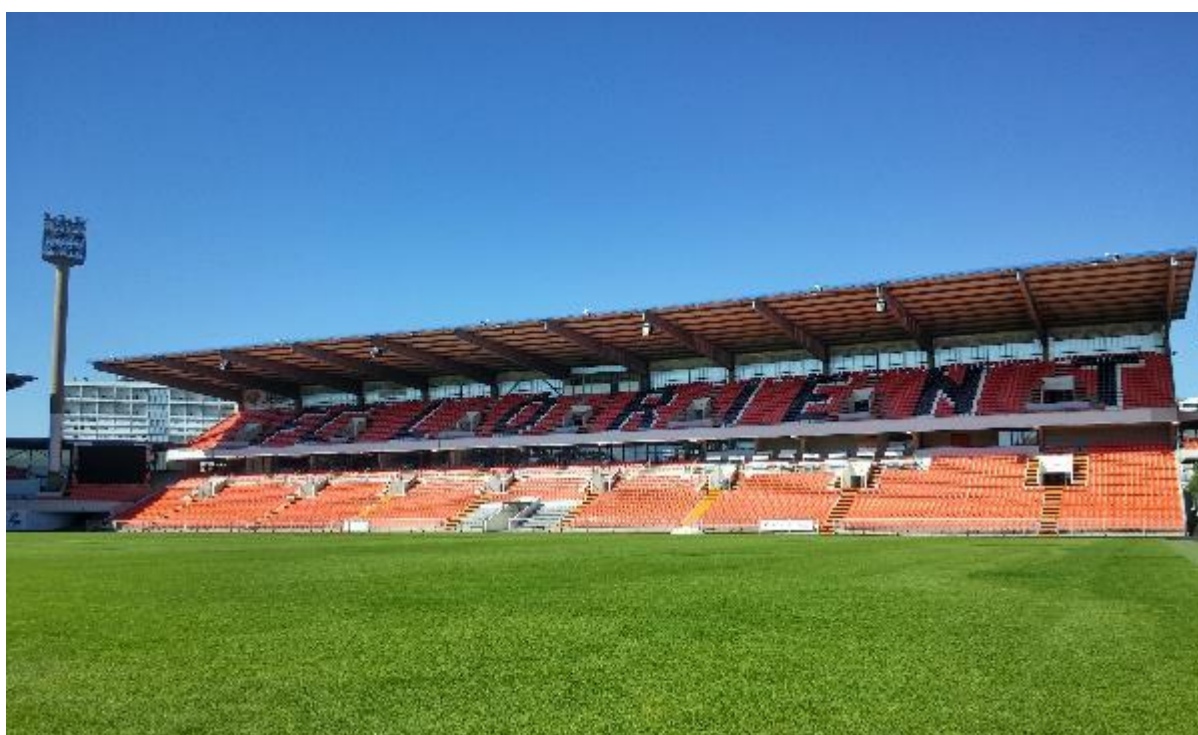
DESCRIPTION : Une fois le nivellement de l'AirFibr® terminé, le semis du terrain est réalisé.

SEMIS DU GAZON

Etat du 11/06/2016



DESCRIPTION : Germination des semences.		
SEMIS DU GAZON		Etat du 21/06/2016



DESCRIPTION : Après plusieurs semaines le tapis végétal est de plus en plus dense.		
VUE GENERALE		Etat du 10/08/2016

ANNEXE VI : Bilan de la journée d'information du programme LIFE

La journée d'information s'est déroulée le 11/04/16 à la Défense à Paris.

Les chiffres clés d'un projet LIFE :

Durée du projet : 2 à 5 ans (*avec une personne en charge du projet durant cette période la*).

Budget global du projet : 500 000 à 5 millions d'euros

Subvention moyenne : 1,5 million d'euros

Financement maximum : 60%

Autres financements européens impossibles, possibilité de financements nationaux ou régionaux pour compléter.

Date de rendu des formulaires de demande d'assistance du ministère et Enviropea :

Avant fin avril 2016 de préférence (mi-mai au maximum).

Date de publication des dossiers d'appel à projet : 19 mai

Date de rendu des dossiers finaux : 12 septembre 2016

Temps d'élaboration d'un dossier de demande de subvention LIFE : 6 mois

En 2014 – Environ 60 dossier déposés en France, 10 validés

En 2015 - Dans le domaine environnement/ressource en France, 16 dossiers déposés 2 validés

De manière générale environ 1500 projets déposés pour 200 sélectionnés chaque année.

Si sélection, la convention est signée en septembre de l'année N+1, le projet commence dans la foulée. Suivie de l'ensemble des projets par NEEMO : un consortium de 9 entreprises qui sont les yeux de la commission européenne.

Le projet LIFE en quelques mots :

Les projets doivent s'inscrire dans le programme de travail pluriannuel LIFE, dans les exigences du dossier d'appel à projet ainsi que dans les politiques européennes actuelles.

Les projets proposés doivent également s'inscrire d'une part dans l'un des deux sous-programmes de LIFE et d'autre part dans l'un des domaines prioritaires prévu par le règlement. Enfin le projet doit être identifié dans l'une des 4 catégories de projets éligibles.

Il y a un bénéficiaire coordinateur pour le projet avec un ou plusieurs bénéficiaires associés (qui doivent participer techniquement et financièrement au projet). A cela peut s'ajouter des partenaires techniques.

Sous-programme concerné	Domaine prioritaire	Catégories de projets éligibles
Environnement	Environnement et utilisation rationnelle des ressources	Projets pilote Projets de démonstration
	Nature et Biodiversité	Projets pilote Projets de démonstration Projets faisant appel aux meilleures pratiques
	Gouvernance et Information	Projets d'information, de sensibilisation et de diffusion

Les "projets pilotes" sont des projets dans lesquels est appliquée une technique ou une méthode qui n'a pas été appliquée ou expérimentée dans ce cadre avant, ni ailleurs, qui offrent des avantages environnementaux ou climatiques potentiels par rapport aux meilleures pratiques actuelles et qui peuvent être appliqués à un stade ultérieur à une plus grande échelle pour des situations similaires.

Les "projets de démonstration" sont des projets qui mettent en pratique, expérimentent, évaluent et diffusent des actions, des méthodes ou des approches qui sont nouvelles ou inconnues dans le contexte spécifique du projet, tel que le contexte géographique, écologique ou socio-économique, et qui pourraient aussi être appliquées ailleurs dans des circonstances similaires.

Sélection des projets :

Critères éliminatoires :

Cohérence technique

Cohérence financière

Valeur ajoutée européenne – qualité de la contribution au regard des objectifs de LIFE

Valeur ajoutée européenne – synergies et intégration

Valeur ajoutée européenne – reproductibilité et transférabilité

Critères non éliminatoires :

Contribution aux priorités thématiques

Transnationalité

Marchés publics vert

Conclusion :

Suite à cette journée d'information mise en relation avec l'état d'avancement actuel du projet nous avons tirés les conclusions suivantes :

La rédaction d'un dossier LIFE pour demande subvention demande un travail très important et est la concrétisation d'un projet précis et abouti. LIFE finance à 60% des projets d'envergure importante. De plus une expérience dans le montage de dossier est fortement souhaitée pour mener à bout cette candidature avec peu de sélectionnés chaque année.

La structure actuelle de NOVAREA et le manque de précision sur le projet ne nous permettent pas de prétendre à monter seul cette demande de subvention. Un projet plus important et plus abouti avec des aides pour l'élaboration du dossier serait nécessaire pour candidater.

Ce bilan peut être amené à évoluer en fonction de l'avancement du projet et de l'avis de la Ville de Lorient vis-à-vis de cette subvention.

PARAMETRES / SOURCES	Irrigation science and technology Bernd Leinauer et Dale A. Devitt 2013		Landscape Irrigation Best Management Practices - Association and American Society of Irrigation May 2014 Adapted from Hanson 1994 and Hassan 1998		Twins stadium Project Qualité de l'eau traitée au Twins Stadium septembre 2010
	Concentration (mg/L)	Concentration (mg/L)	Concentration min (mg/L)	Concentration max (mg/L)	
Carbonate de calcium (CaCO ₃)	-	-	-	-	-
Aluminium (Al ³⁺)	-	-	-	-	-
Carbonate (CO ₃ ²⁻)	-	-	-	-	-
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	-	-	-	-	-
Bore (B)	-	-	0,7	3	-
Calcium (Ca ²⁺)	-	-	-	-	32,9
Chlore (Cl ⁻)	-	-	-	-	-
Cuivre (Cu ²⁺)	-	-	-	-	-
Fluor (F ⁻)	-	-	-	-	-
Fer (Fe ³⁺)	-	-	0,2	1,5	-
Magnésium (Mg ²⁺)	-	-	-	-	-
Manganèse (Mn ²⁺)	-	-	0,1	1,5	0,092
Molybdène (Mo)	-	-	-	-	-
Potassium (K ⁺)	-	-	-	-	8,88
Sodium (Na ⁺)	-	-	-	-	95,7
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	-	-	-	-	20
Zinc (Zn ²⁺)	-	-	-	-	0,04
Azote (N)	-	-	-	-	-
Nitrate (NO ₃ ⁻)	-	-	5	30	-
Ammonium (NH ₄ ⁺)	-	-	-	-	-
Phosphore (P)	-	-	-	-	-
PH	6,5	8,4	7	8	8,2
RAS	-	-	3 ppm	9 ppm	-
MOD	-	-	500 ppm	2000 ppm	453 ppm
Conductivité/salinité	0,25 dS/m	0,75 dS/m	0,75 dS/m	0,3 dS/m	-
Residual sodium carbonate RSC	-	-	-	-	-



Diplôme : Ingénieur
Spécialité : Paysage
Spécialisation / option : Maîtrise d'œuvre et ingénierie
Enseignant référent : M. Pierre-Emmanuel BOURNET

Auteur(s) : Quentin BRUNOT

Date de naissance* : 27/01/1992

Nb pages : 83

Annexe(s) : 7

Année de soutenance : 2016

Organisme d'accueil : Novarea

Adresse : 22 rue Hélène BOUCHER
28630 GELLAINVILLE

Maître de stage : M. Patrice THERRE

Titre français : DYNAMIQUES DES EAUX DE DRAINAGE D'UNE PELOUSE SPORTIVE DE HAUT NIVEAU : EXEMPLE DE LA PELOUSE DU STADE DU MOUSTOIR A LORIENT

Titre anglais : DRAINAGE WATER DYNAMICS OF AN HIGHT STANDARD SPORT TURF: EXAMPLE OF STADE DU MOUSTOIR TURF IN LORIENT.

Résumé : En France les pelouses sportives de haut niveau (pelouses accueillant les matchs de foot et rugby des divisions élites principalement) sont soumises à une maintenance quotidienne et intensive qui intègre l'apport de grandes quantités d'intrants. Ces pelouses aux structures de sol très perméables semblent être particulièrement sensibles aux phénomènes de lessivages des intrants utilisés à travers les eaux de drainage. Parmi ces intrants, les produits phytosanitaires, les nitrates et les phosphates peuvent présenter des risques environnementaux si ceux-ci sont transmis au milieu naturel en quantité trop importante (phénomène d'eutrophisation notamment). Ce risque de pollution n'est aujourd'hui pas pris en compte par les gestionnaires et le milieu sportif en général. Ce mémoire justifie la pertinence et l'importance de la mise en place d'une étude portant sur la composition des eaux de drainage de ces pelouses afin de comprendre et évaluer le risque de pollution. Il présente l'élaboration d'un protocole d'étude sur le stade du Moustoir à Lorient intégrant la transformation du terrain en case lysimétrique avec instrumentalisation en sortie du drainage. Cela permet l'étude et la caractérisation des eaux de lessivage et ruissellement du terrain. Le mémoire aborde le protocole de l'étude, son financement, sa mise en place ainsi que la méthodologie de traitement des données collectées. Cette étude présente de nombreuses applications dont l'amélioration des techniques de maintenance en lien avec une prise en compte environnementale plus importante.

Abstract: In France, high standards sport turf (hosting football and rugby first leagues) are faced to a daily and intensive green keeping which use huge quantity of inputs. These sport turfs present a soil structure very permeable and seem to be sensitive to the leaching of inputs through drainage water. Among these inputs, phytosanitary products, nitrates and phosphates present an environmental risk if they are transmitted to natural water in too important quantity. Today, this risk is not taken in account by the green keepers and the sport community. This memoir justifies the importance and the appropriateness of a study on the composition of drainage waters of these sport turfs in order to understand and evaluate the pollution risk. It presents the development of the study protocol on the Stade du Moustoir in Lorient with the transformation of the pitch into a lysimeter and the installation of measuring instruments at the end of drainage system. It allows the study and the characterization of the leaching and runoff waters of the turf. The memoir deals with the protocol of the study, it fund, it launching and the methodology of analysis of the data collected. This study present a lot of application with the improving of the green keeping and an environmental account at the same time.

Mots-clés : pelouse sportive, eaux de drainage, lessivage, ruissellement, nitrate, phosphate, produit phytosanitaire, maintenance, environnement.

Key Words: sport turf, drainage water, leaching, runoff, nitrate, phosphate, phytosanitary product, green keeping, environment.

* Elément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires