



HAL
open science

Évaluation édaphique et botanique de mesures de réhabilitation de zones humides

Joseph Thiry

► **To cite this version:**

Joseph Thiry. Évaluation édaphique et botanique de mesures de réhabilitation de zones humides. Sciences agricoles. 2015. dumas-01234285

HAL Id: dumas-01234285

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01234285>

Submitted on 26 Nov 2015

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.

AGROCAMPUS
OUEST

- CFR Angers
 CFR Rennes



Année universitaire : 2014-2015

Spécialité :

Génie de l'Environnement

Spécialisation (et option éventuelle) :

Sol Eau Hydrosystèmes

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)

Evaluation édaphique et botanique de mesures de réhabilitation de zones humides

Par : Joseph THIRY



Soutenu à Rennes le 18 septembre 2015

Devant le jury composé de :

Président : Guénola PERES

Maître de stage : Sébastien GALLET

Enseignant référent : Jacques HAURY

Autres membres du jury (Nom, Qualité) :

Bernard CLEMENT, Maître de Conférence
laboratoire ECOBIO UMR 6553 (écosystèmes -
biodiversité - évolution) Université de Rennes I

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

Je tenais à remercier Armel Dausse et Sébastien Gallet, pour leurs conseils, leur patience, leur appui et leur savoir transmis tout au long de ce stage de la bibliographie, jusqu'à la rédaction en passant par le terrain.

Je tiens à remercier Vincent pour m'avoir lancé sur les rails de la phytosociologie et de m'avoir invité et accompagné sur le terrain en partageant sans limites son savoir botanique.

Je remercie Claire et Loïc de m'avoir aiguillé sur les inventaires zones humides.

Et un grand merci à Sébastien Vidal, Xavier, Gilbert, Monique, Gwendal, Morgan, Pauline, Clément, Manon Trinel et Manon Inizan, Marion, Sébastien Utard, Reynald, Marie-Dominique, Isabelle, Chantal Hilly-Mazé et tous ceux qui ne sont pas cités qui m'ont accompagné aidé ou partagé leur bonne humeur tout au long de ce stage, aux agriculteurs en particulier M. Kerno de m'avoir autorisé à travailler sur leur parcelles.

A ma sœur Juliette qui m'a transmis sa passion des plantes (et des insectes !), a mes parents et grands-parents, mes amis qui m'ont aidé à la cultiver.

A mon frère Augustin qui veille sur moi.

Sommaire

INTRODUCTION	7
1.1 DEFINITIONS ET CONTEXTE GENERAL	7
1.2 PRESENTATION DU RESEAU D'EXPERIMENTATION SUR LA REHABILITATION DE ZONES HUMIDES EN FINISTERE	11
1.2.1 LE RESEAU ET SES ACTEURS	11
1.2.2 LES SITES EN COURS DE REHABILITATION	12
1.3 PROBLEMATIQUE GENERALE	13
2 RESTAURATION D'UNE ANCIENNE PARCELLE CEREALIERE EN PRAIRIE HUMIDE, SITE DE LA FONTAINE MARGOT (BREST).	13
2.1 PRESENTATION DU CONTEXTE DE L'ETUDE	13
2.2 MATERIELS ET METHODES	14
2.2.1 PROTOCOLE EXPERIMENTAL	14
2.2.2 SUIVI DE LA BANQUE DE GRAINES	14
2.2.3 SUIVI DE VEGETATION SUR SITE	15
2.2.4 SAISIE ET ANALYSE DES DONNEES	15
2.3 RESULTATS	16
2.3.1 SUIVI DE VEGETATION	16
2.3.2 ANALYSE DES BANQUES DE GRAINES	21
2.4 DISCUSSION	25
2.4.1 EVALUATION EN FONCTION DES OBJECTIFS INITIAUX	25
2.4.2 ENTRE DIVERSITE VEGETALE ET RESTAURATION D'UN COUVERT VEGETAL DE PRAIRIE HUMIDE	25
2.4.3 BILAN GLOBAL	26
3 EVALUATION DES MESURES DE RESTAURATION : CREATION D'UN PANEL DE REFERENCES BOTANIQUES ET PEDOLOGIQUES	27
3.1 PRESENTATION DE L'ETUDE	27
3.2 MATERIEL ET METHODES	28
3.2.1 IDENTIFICATION DES PARCELLES DE REFERENCE	28
3.2.2 CHOIX ET PRESENTATION DES METHODES D'ECHANTILLONNAGE	28
3.2.3 SAISIE ET ANALYSE DES DONNEES.	29
3.3 RESULTATS	30
3.3.1 DESCRIPTION GENERALE DES DONNEES DE SOL ET DE VEGETATION	30
3.3.2 DESCRIPTION PRECISE DES DONNEES DE VEGETATION	32
3.3.3 CLASSEMENT MANUEL DES RELEVES ET TABLEAU PHYTOSOCIOLOGIQUE	34
3.3.4 CREATION DES GROUPES, CROISEMENT DE LA PHYTOSOCIOLOGIE ET DE LA CAH	39
3.3.5 CROISEMENT DES GROUPES DEFINIS ET DES DONNEES DE SOL	40
3.4 DISCUSSION	42
4 CONCLUSION	44
BIBLIOGRAPHIE :	46
ANNEXE I : POSTER SER EXPERIMENTATION FONTAINE MARGOT	50
ANNEXE II : BANQUE DE GRAINES NOMBRE DE GERMINATION/M²	51
ANNEXE III : SUIVI DE VEGETATION FONTAINE MARGOT	52

ANNEXE IV : DONNEES DE SOL PANEL DE REFERENCES **54**

ANNEXE V : TABLEAU PHYTOSOCIOLOGIQUE DES RELEVES PANEL DE REFERENCE **56**

Table des figures

Figure 1: Partenaire du Réseau d'Expérimentation et de Réhabilitation de Zones Humides (CAMA 2014)	11
Figure 2: Localisation des Zones Humides en cours de réhabilitation	12
Figure 3 : Parcelle d'expérimentation avec les différents traitements appliqués.....	14
Figure 4: Nombres d'espèces moyen dans la banque de graine du site expérimental, (*) signifie que les différences sont significatives (ANOVA)	21
Figure 5: Richesse spécifique de la banque de graines.....	22
Figure 6: Banques de graines, pourcentage d'espèces cibles ramené au total des espèces recensées.	22
Figure 7: Ratio d'espèces cibles dans les banques de graines	24
Figure 8: Transfert de foin, banque de graine et relevés, dominés par la houlque laineuse.....	26
Figure 9 : Mélange prairie humide partie décapée, et ray-grass italien à 25g/m ² versé, partie non décapée (même date que le transfert de foin figure)	26
Figure 11 : Pourcentage de MO pour les relevés.....	30
Figure 11bis pH pour les relevés.....	30
Figure 12: Densité apparente de l'ensemble des relevés de végétation.	31
Figure 13: Richesse spécifique de l'ensemble des relevés	31
Figure 14: Représentation selon les axes 1 et 2 de l'AFC sur l'ensemble des relevés de végétation	32
Figure 15: Représentation Graphique de La CAH effectuée sur l'ensemble des relevés de végétation	33
Figure 16: Illustration de la répartition des différentes végétations identifiées au sein de la CAH.....	39
Figure 17: Moyenne et variabilité de la richesse spécifique en fonction des groupes définis.....	40
Figure 18: Moyenne et variabilité du pH au sein des groupes définis	40
Figure 19: Moyenne et variabilité de la teneur en matière organique au sein des groupes définis.....	41
Figure 20: Moyenne et variabilité de la densité apparente au sein des groupes définis..	41
Figure 21: Schéma de caractérisation des végétations.....	42

Table des tableaux

Tableau 1 Eléments de définition du terme Zone Humide.....	7
Tableau 2: Espèces végétales indicatrices de zones humides (Sens légal) relevées sur la parcelle.	15
Tableau 3: Paramètres mesurés (moyenne +/- écart type) en fonction des traitements.	16
Tableau 4 : Richesse moyenne spécifique, groupes de significativité en fonction du traitement et du décapage.	17
Tableau 5: Richesse moyenne en espèces cibles groupes de significativité en fonction du traitement et du décapage	18
Tableau 6: Richesse spécifique cumulée en fonction des différents traitements.....	18
Tableau 7 : Recouvrement total, groupes de significativité en fonction du traitement et du décapage	19
- Tableau 8: Recouvrement moyen en espèces cibles groupe de significativité en fonction du traitement et du décapage	20
Tableau 9 : Recouvrement des espèces principales (hors espèces semées) pour chaque traitement. Les (*) signalent les espèces pérennes.....	20
Tableau 10 Proportion d'espèces issu des différentes banques de graines ayant germé. Les (*) signalent les espèces perennes.....	23
Tableau 11: Estimation du nombre de germination moyen / m ²	24
Tableau 12: Extrait du tableau phytosociologique ayant permis le regroupement des relevés.....	34
Tableau 13 : Extrait du tableau phytosociologique ayant permis le regroupement des relevés.....	35
Tableau 14 : Extrait du tableau phytosociologique ayant permis le regroupement des relevés.....	36
Tableau 15 : Extrait du tableau phytosociologique ayant permis le regroupement des relevés.....	37
Tableau 16: Gammes de valeur édaphique pour la référence finale	43

Introduction

1.1 Définitions et contexte général

Le terme de « zone humide » donne lieu à de multiples définitions (tab.1). C'est une notion sujette à débat qu'il est difficile de définir (Mermet et Barnaud 1996). Selon la sixième édition du manuel de la convention de Ramsar (1971) édité en 2013 « Les zones humides sont des régions où l'eau est le principal facteur déterminant l'environnement et la vie végétale et animale associée. On les trouve là où la nappe phréatique affleure ou est proche de la surface du sol, ou encore là où la terre est recouverte par des eaux peu profondes. » Selon l'article L.211-1 du code l'environnement, en droit français, les zones humides sont définies comme étant des « Terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année. » En France, ces espaces sont en effet protégés par la loi, et leur définition, caractérisation et délimitation précises sont à la base de la mise en œuvre de cette protection. Les Zones humides sont définies par l'EPA (United State Environmental Protection Agency) comme les zones où « L'eau recouvre le sol, ou est présente ou bien à la surface ou bien proche de la surface du sol toute l'année ou périodiquement y compris pendant la phase de végétation. L'hydrologie y est déterminante pour le développement des sols, ainsi que des communautés végétales et animales que la zone humide supporte qu'elles soient considérées comme terrestres ou aquatiques. Les zones humides accueillent les conditions nécessaires pour le développement d'hydrophytes et de sols hydriques (saturés). » L'EPA distingue les zones humides côtières/estuariennes des zones humides continentales. Au niveau européen, il n'existe apparemment pas de définition officielle du terme de « Zone Humide », la définition de la convention de Ramsar est donc utilisée dans les documents officiels (Silva 2007).

Tableau 1 Eléments de définition du terme Zone Humide.

Facteurs pris en compte dans la définition	Ramsar	Code de l'environnement	US Environmental Protection Agency
Eau/Hydrologie	✓	✓	✓
Sol	✓	Non mentionné	✓
Flore/Végétation	✓	✓	✓
Faune	✓	X	✓
Usage	X	✓	X

Les zones humides constituent non seulement un exceptionnel réservoir de biodiversité mais sont aussi des milieux très productifs pouvant rendre de nombreux services à l'humanité, comme la production de nourriture ou d'eau potable (Ramsar 1971). Il est estimé que 50% des zones humides continentales ont été perdues à cause de certaines activités humaines comme le drainage ou encore l'artificialisation des sols (Millenium Ecosystem Assesment 2005). C'est dans ce contexte global de pressions sur les milieux naturels et semi naturels que la conservation de ces milieux ne suffit plus à les protéger ainsi qu'à assurer les services écosystémiques leur étant associés. La restauration écologique interviendrait donc comme un complément essentiel de la conservation (Cristofoldi et Mahy 2010) afin de pouvoir protéger et retrouver les fonctionnalités qu'offrent les zones humides. Beaucoup de mesures de restauration ont vu le jour ces dernières années (Ruiz-Jaén et Aide 2005). Elles sont particulièrement coûteuses (Gallet et al. 2011). Il est impératif de déterminer autant que possible si les mesures de restauration fonctionnent ou non et pourquoi, dans le but de les corriger pour retrouver une fonctionnalité satisfaisante de ces écosystèmes.

Une certaine nuance existe entre les termes de restauration et de réhabilitation. En effet, la restauration écologique est définie par la SER (Society for Ecological Restoration) (2004) comme « L'action intentionnelle qui initie ou accélère l'auto-réparation d'un écosystème en respectant sa santé, son intégrité et sa gestion durable ». La réhabilitation quant à elle est définie comme « La réparation jusqu'à un niveau déterminé de certains processus, de fonctionnalités et de services écologiques propres à l'écosystème de référence » (SER 2004). La différence entre les deux termes réside dans le fait que la restauration est axée autour du rétablissement de l'ensemble des caractéristiques de l'écosystème comme la composition spécifique et les communautés d'êtres vivants, alors que la réhabilitation est axée sur des objectifs de fonction et de services rendus par l'écosystème (SER 2004). Les mesures de restauration/réhabilitation peuvent donc avoir de multiples finalités, dont certaines ne sont pas directement focalisées sur le retour à des processus naturels, mais plutôt sur des besoins humains comme l'amélioration de la qualité de l'eau ou le support pour certains usages (récolte de foin, de roseaux, ou pour la pêche) (White et Walker 1997).

Pour évaluer le succès de la restauration/réhabilitation d'un milieu il est nécessaire de définir un ou plusieurs écosystèmes de référence avec lesquels on pourra comparer l'écosystème restauré. (Confer et Niering, 1992, Kentula 2000, Bouzillé 2007 *in* Science Eaux & Territoires 2011, Cristofoldi et Mahy 2010). Ces écosystèmes de référence permettront aussi de prédire les besoins de gestions futures d'un site restauré (White et Walker 1997). Selon Cristofoldi et Mahy. (2010), deux facteurs sont à intégrer à la notion de référence : la différence du contexte spatio-temporel entre les écosystèmes de référence et restauré (Nature des lisières, taille, connectivité, etc.) et le paradigme de variation spatiale régionale (la similitude entre deux sites diminue quand l'éloignement géographique augmente).

Il est avéré que si beaucoup de mesures de restauration ont vu le jour ces dernières années dans le monde entier, peu d'entre elles ont la possibilité de bénéficier d'une évaluation de leur succès (Ruiz-Jaén et Aide 2005, Cristofoldi et Mahy 2010, Gallet et al. 2010). D'après Kentula (2000), une des difficultés dans l'évaluation du succès d'une restauration/réhabilitation de zone humide est l'absence ou l'imprécision d'objectifs à

atteindre, clairement établis, en amont de la restauration/réhabilitation. C'est dans le but de donner une ligne directrice concernant l'évaluation du succès des mesures de restauration/réhabilitation, que la SER (2004) a détaillé neuf attributs déterminants le succès des mesures de restauration/réhabilitation. Les écosystèmes ainsi restaurés devraient satisfaire les conditions suivantes:

- (1) une diversité et une structure des communautés similaires à l'écosystème de référence
- (2) l'écosystème restauré doit être constitué au maximum d'espèces indigènes
- (3) présence des groupes fonctionnels nécessaires à la stabilité et/ou à l'évolution continue
- (4) un environnement physique capable de maintenir des populations d'espèce reproductrices
- (5) bon fonctionnement apparent/absence de signes de dysfonctionnement
- (6) fonctionnement de l'écosystème au sein du paysage avec lequel il interagit
- (7) élimination des menaces potentielles du paysage alentour
- (8) résilience de l'écosystème restauré face à des stress naturels
- (9) autonomie de l'écosystème restauré

Selon Ruiz-Jaén et Aide (2005) on peut détailler trois attributs de l'écosystème, qui sont généralement contrôlés lors de l'évaluation des mesures de restauration:

- (1) la diversité spécifique
- (2) la nature des communautés végétales
- (3) les processus écologiques

Même si tous les attributs proposés par la SER (2004) sont rarement systématiquement vérifiés, le contrôle de certains attributs peut renseigner sur d'autres. Par exemple: les mesures de diversité fonctionnelles (biodiversité) peuvent témoigner de la résilience de l'écosystème (Peterson et al. 1998). Comme le suggèrent les attributs numéros (6) et (7) (SER 2004), le contexte géographique doit être considéré lorsqu'on veut évaluer le succès de mesures de restauration/réhabilitation. Historiquement cette appréciation de la réussite des mesures de restauration/réhabilitation était focalisée uniquement sur la parcelle restaurée sans considérer le paysage ou la région alentour (Kentula 2000). Müller et al. (2008) insiste aussi sur le fait que la parcelle restaurée doit être prise dans son contexte global, dans le cas notamment de la restauration/réhabilitation de prairies où le maillage agricole alentour va pouvoir influencer la durée du processus de restauration/réhabilitation. L'acceptation sociale des projets est aussi un critère qui peut intervenir dans l'évaluation du succès des mesures de restauration des zones humides notamment lorsque celles-ci se trouvent en zones urbaines ou périurbaines, et où le

contexte hydrologique peut être amené à changer (Kentula 2000).

Afin de pouvoir mesurer le succès ou l'échec d'une mesure de restauration on peut utiliser un certain nombre d'indicateurs ciblés en fonction du contexte, des techniques et des objectifs de la restauration. Les indicateurs se présentent comme des outils permettant de surveiller et d'assister des relations de pression-état-réponse (Hardi et Pinter 1995) ils peuvent renseigner sur l'état d'un ou plusieurs des attributs précédemment cités. Ils doivent permettre de comprendre et d'évaluer le fonctionnement d'un système. Ils peuvent également servir à évaluer des performances et dans ce cas précis, ils nécessitent une base de comparaison. Ils peuvent se présenter sous forme de seuils à atteindre, ou à ne pas dépasser, et doivent ainsi être clairs et compréhensibles par tous et, permettent de mettre en application des politiques de gestion, ou de législation. Ils peuvent aussi permettre de valider des hypothèses de causalité, pour servir à la construction de modèles et d'analyses de scénarii en fournissant des données réelles pour tester ces modèles. Les indicateurs doivent être lisibles, ils doivent donc pouvoir rendre compte d'un état ou des résultats d'une action, comme la restauration, par une simple valeur qui peut être confrontée à une référence. Ils doivent être évidemment sensibles aux variations et reproductibles. Enfin ils doivent être stables dans le temps et l'espace en l'absence de perturbations majeures du milieu (Short et al. 2009).

Parmi les indicateurs pour l'évaluation et le suivi de restauration de zones humide, l'analyse du couvert végétal et l'étude de certains paramètres édaphiques sont souvent utilisés accompagnés d'autres indicateurs (suivi hydrologique, espèces animales...) (Ruiz-Jaén et Aide 2005). Généralement faciles à mettre en œuvre, ils sont complémentaires entre eux bien que la végétation est restaurée plus rapidement que les paramètres édaphiques (Kentula 2000, Patterson et Cooper 2007, Moreno-Mateos et al. 2012).

1.2 Présentation du Réseau d'Expérimentation sur la Réhabilitation de Zones humides en Finistère

1.2.1 Le Réseau et ses acteurs

Le Réseau d'Expérimentation sur la Réhabilitation de Zones humides en Finistère (fig. 1) s'est développé dans le but de répondre à une réelle attente en matière de connaissance scientifiques sur la restauration de zones humides, notamment en ce qui concerne l'évaluation de ces mesures ainsi que la quantification du gain apporté par ces travaux en terme de services écosystémiques comme l'épuration de l'eau qui transite par ces zones, la capacité de rétention ou encore la capacité de support pour la biodiversité animale et végétale.

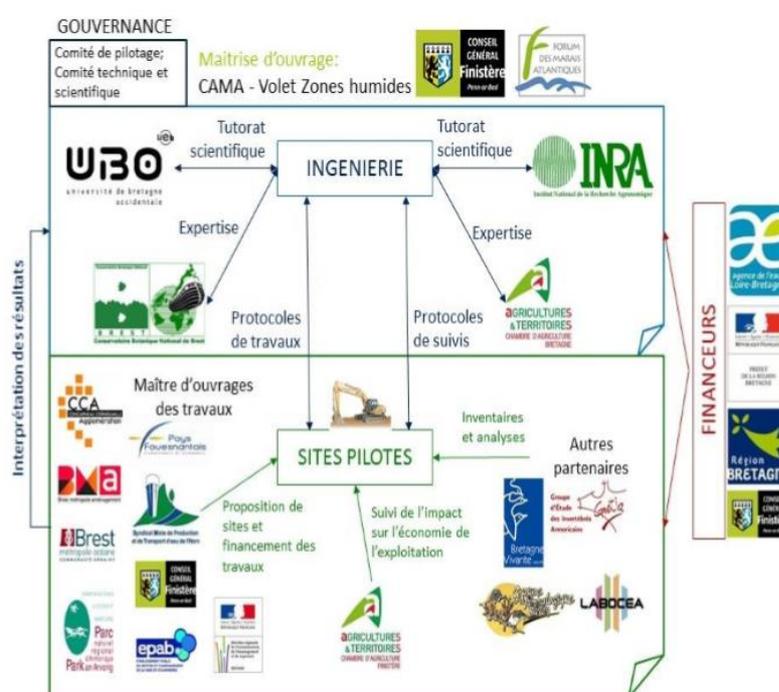


Figure 1: Partenaire du Réseau d'Expérimentation et de Réhabilitation de Zones Humides (CAMA 2014)

Ce réseau pionnier sur le sujet en France a pour objectif de diffuser des études permettant la validation de l'utilisation de certaines méthodes et indicateurs et de fournir des outils et des résultats opérationnels pour les gestionnaire et porteurs de projets de restauration de zones humides.

Pour mettre en place ces expérimentations cinq zones humides (dont 4 prairies humides, et une tourbière) sélectionnées en Finistère via un appel à projet sont en cours de réhabilitation. Ces sites font l'objet de suivi multiples avec un appui technique et scientifique de la part de plusieurs organismes (fig.1) le tout coordonné par la Cellule d'Animation sur les Milieux Aquatiques (CAMA) et encadré par un comité de pilotage et un comité scientifique et technique.

Un suivi hydrologique, et biogéochimique a été mis en place avec l'étude de plusieurs

paramètres comme l'évolution du niveau de la nappe, la récolte d'un certain nombre de données sur la chimie et la physique du sol, des concentrations de certains éléments comme les nitrates permettant un travail de modélisation de la fonction de dénitrification.

Un suivi botanique a aussi été mis en place avec le concours de l'équipe de recherche EA2219 de l'Université de Bretagne Occidentale et du Conservatoire Botanique de Brest.

Un suivi de la faune inhérente aux zones humides avec le concours du Groupe d'étude sur les Invertébrés Armoricains, de l'association Bretagne Vivante et du Groupe Mammalogique Breton.

Et enfin une étude sur les impacts économiques des exploitations concernées et sur la qualité du fourrage en coopération avec la chambre d'agriculture bretonne.

1.2.2 Les sites en cours de réhabilitation

Quatre zones humides à vocation de pâturage sont en cours de réhabilitation au sein du réseau (fig. 2) :

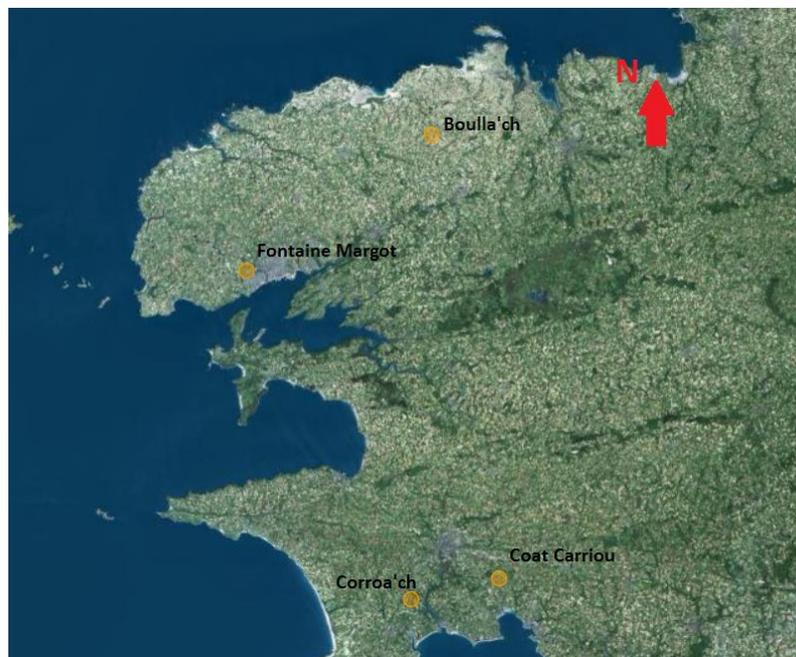


Figure 2: Localisation des Zones Humides en cours de réhabilitation

-Le site de la Fontaine Margot à Brest

Ancienne parcelle céréalière, elle est en cours de réhabilitation en prairie humide afin d'y rétablir une dénitrification, une régulation hydriques, un support pour la biodiversité et la production agricole (foin, herbage).

-Le site de Coat Carriou à Saint Evarzec

Prairie humide drainée elle est réhabilitée dans le but d'y rétablir une régulation hydrique, de la dénitrification, un support pour la biodiversité et une production agricole (foin, herbage) satisfaisante.

-Le site de Boulla'ch à Plouzévédé

Prairie humide sur-semée et drainée, le but est d'y rétablir un support pour la biodiversité, une régulation hydrique en y maintenant une production agricole (foin, herbage) satisfaisante.

-Le site du Corroa'ch à Plomelin

Ancienne prairie humide voir mégaphorbiaie, elle accueillait une pisciculture. Elle est aujourd'hui en cours de réhabilitation avec pour principaux objectifs le support de biodiversité, et la production agricole (herbage).

1.3 Problématique générale

Dans ce contexte, quelles mesures de réhabilitation peuvent être appliquées sur le site de la Fontaine Margot et comment l'évaluer au niveau de la parcelle ? Puis comment évaluer de manière globale les restaurations de prairies humides en Finistère, sur le plan pédologique et sur le plan botanique ?

Dans ce sens, la mise en place d'une expérimentation a été initiée à l'automne 2014 sur le site de la fontaine margot, ce travail présente dans un premier temps l'évaluation des travaux mis en œuvre puis dans un deuxième temps la construction d'un référentiel pédologique et botanique dans le but d'évaluer les mesures de restauration de prairies humides au sein du RERZH.

2 Restauration d'une ancienne parcelle céréalière en prairie humide, Site de la Fontaine Margot (Brest).

2.1 Présentation du contexte de l'étude

Une ancienne parcelle agricole de 4ha, dont 2ha humides, a été acquise dans le cadre de la Zone d'Aménagement Concerté de la Fontaine Margot à Brest. Elle était jusqu'ici exploitée en tant que parcelle céréalière, après avoir été partiellement drainée et remblayée, jusqu'à l'année dernière. Elle fait aujourd'hui l'objet d'un projet d'une réhabilitation en prairie humide dans le cadre de la compensation écologique de l'extension urbaine de la ville. L'objectif principal de la réhabilitation de cette zone humide est d'assurer au sein de la parcelle les services écosystémiques de purification de l'eau et d'accueil de la biodiversité.

Dans le cadre du RERZH, le maître d'ouvrage, Brest Métropole Aménagement en collaboration avec Brest Métropole a instauré un partenariat avec la CAMA et l'UBO pour un transfert de compétences et une coordination des expérimentations visant à déterminer quelle techniques de restauration (semis, décapage de remblais...) pouvaient avoir lieu sur ce type de parcelle (partiellement drainée et remblayée) afin de répondre aux objectifs. Un certain nombre de suivi (botaniques, pédologiques, faunistique,

hydrologique) ont été mis en place. Cette étude traite du suivi de la végétation 9 mois après mise en place de différents traitements expliqués ci-dessous. L'expérimentation a fait l'objet d'un poster lors de du colloque SER 2015 (6th World Conference on Ecological Restoration, annexe 1)

2.2 Matériels et méthodes

2.2.1 Protocole expérimental

La parcelle a subi différents traitements (fig. 3) afin d'en mesurer l'efficacité et les intérêts potentiels les uns par rapport aux autres. Elle est bordée au nord par un fossé à l'est par un merlon issu de la terre décapée au sud par une haie et à l'ouest par un fossé de drainage. Les placettes de traitement ont été disposées de manière à intégrer le gradient d'humidité (est-ouest) existant au sein de la parcelle. Décapage d'une partie du remblai.

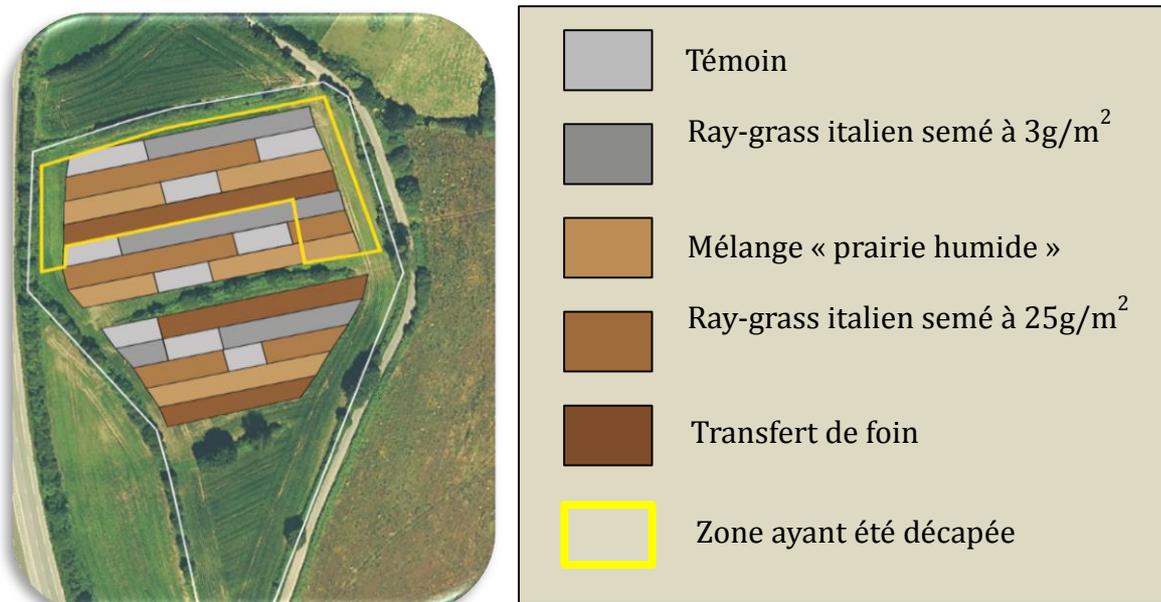


Figure 3 : Parcelle d'expérimentation avec les différents traitements appliqués.

2.2.2 Suivi de la banque de graines

Des carottes de sol de 5 cm de diamètre et de 10 cm de hauteur ont été prélevées sur la parcelle avant travaux représentant un total de 46 prélèvements répartis aléatoirement sur l'ensemble parcelle (29 pour la partie décapée et 27 pour la partie non décapée).

Des prélèvements de sol (30) ont été effectués de la même manière dans une parcelle de référence (appelée parcelle témoin au sein du RERZH) en bon état écologique et à proximité du site à réhabiliter.

Après une étape de concentration par tamisage (Ter heerd et al., 1996), chaque échantillon a été déposé dans des barquettes plastiques sur un mélange de vermiculite, perlite et terreau préalablement stérilisés (3 jours dans une étuve à 105°C) et arrosées. Pour le transfert de foin un volume d'environ 3L a été coupé en petits morceaux (après tri partiel des parties végétatives) et mélangé au support de culture. Un arrosage

hebdomadaire a été assuré. Une observation des barquettes avec comptage puis prélèvement des espèces assez développées pour être identifiable a été effectué en avril et à la fin juin 2015 pour un comptage final.

2.2.3 Suivi de végétation sur site

Le protocole suivant a été utilisé afin de caractériser la végétation:

-6 quadrats (2x 3) de 1m² ont été relevés en pourcentage de recouvrement par espèces pour chaque placette témoin (sol nu) et moyennés en distinguant les parties non décapées des parties décapées.

-5 quadrats de 1m² ont été relevés en pourcentage de recouvrement par espèce pour les traitements M, TF et RGI et moyennés en distinguant les parties décapées et non décapées.

Les quadrats ont été disposés aléatoirement le long de chaque zone de traitement, en prenant soin d'éviter les parties périphériques risquant un effet lisière avec les autres traitements.

2.2.4 Saisie et Analyse des données

2.2.4.1 Traitement des données

Les données de végétation une fois récoltées, ont été saisies sur le logiciel Microsoft Excel puis traitées au moyen du logiciel Microsoft Excel et ExcelSat. Après normalisation (n-1) des écarts types par la fonction de normalisation des données du logiciel ExcelStat, une analyse de la variance à deux facteurs (ANOVA, test de Tuckey, et test de Dunett, intervalle de confiance à 95%) a été utilisée afin de déterminer s'il y avait une différence significative entre les mesures moyennes effectuées pour chaque traitement.

2.2.4.2 Définitions d'espèces cibles

Des espèces caractéristiques de zones humides au sens de l'article L.211-1 du code l'environnement ont été définies comme espèces « cibles » (tab. 2) afin d'être pris en compte comme critère dans les analyses, la seule richesse spécifique globale ne permettant de conclure quant au succès d'une mesure de restauration (Noss 1990, Jaunatre et al. 2013).

Tableau 2: Espèces végétales indicatrices de zones humides (Sens légal) relevées sur la parcelle.

Nom latin	Nom vernaculaire
<i>Agrostis stolonifera</i>	Agrostide stolonifère
<i>Cardamine pratensis</i>	Cardamine des prés
<i>Carex laevigata/leporina/echinata</i>	Laîche lisse/des lièvres/étoilée
<i>Convolvulus sepium</i>	Liseron des haies
<i>Epilobium parviflorum</i>	Epilobe à petites fleurs
<i>Epilobium tetragonum/obscurum</i>	Epilobe quadrangulaire/obscur
<i>Glyceria fluitans</i>	Glycérie flottante
<i>Hypericum humifusum</i>	Millepertuis couché
<i>Isolepis setacea</i>	Isolépis sétacé
<i>Juncus acutiflorus</i>	Jonc acutiflore
<i>Juncus bufonius</i>	Jonc des crapauds
<i>Lotus pedunculatus</i>	Lotier des marais
<i>Myosotis secunda</i>	Myosotis unilatéral
<i>Oenanthe crocata</i>	Oenanthe safranée
<i>Parentucelia viscosa</i>	Parentucelie visqueuse
<i>Ranunculus flammula</i>	Renoncule flammette
<i>Ranunculus repens</i>	Renoncule rampante
<i>Stellaria alsine</i>	Stellaire alsine

On remarquera que le Callitriche stagnant (*Callitriche stagnalis* Scop.), bien qu'inféodé aux milieux périodiquement humides, humides ou stagnants (Grim 2007) ne figure pas dans la liste des taxons indicateurs de zones humides de l'article L.211-1 du code l'environnement. Par souci de cohérence avec les textes servant de référence pour les gestionnaires, il n'a pas été intégré à la liste des « espèces cible ».

2.3 Résultats

2.3.1 Suivi de végétation

Tableau 3: Paramètres mesurés (moyenne +/- écart type) en fonction des traitements.

	T	T dec	TF	TF dec	M	M dec	25RGI	25RGI dec	3RGI	3RGI dec
Richesse spécifique moyenne (nombre d'espèces)	13 +/-3	15 +/-1	7 +/-3	7 +/-2	9 +/-2	8 +/-2	5 +/-3	5 +/-2	6 +/-2	9 +/-3
Richesse moyenne en espèces cibles (nombre d'espèces)	4 +/-1	6 +/-1	3 +/-2	2 +/-1	1 +/-1	2 +/-0	1 +/-0	1 +/-0	2 +/-1	4 +/-2
Recouvrement total (%)	92,5 +/-8,2	57 +/-19,7	81 +/-20,5	98,4 +/-0,9	96,3 +/-6,6	64 +/-4,2	86,8 +/-19,3	53 +/-6,7	78,5 +/-7	42 +/-11
Recouvrement des espèces cibles (%)	53,7 +/-35,6	39 +/-18,1	33,1 +/-35,3	17,5 +/-14,1	7,5 +/-8,7	11,4 +/-4,7	6,3 +/-10,3	1 +/-0	7,7 +/-6,0	4 +/-2,7

« T » = témoin, « TF » = transfert de foin, « M » = mélange pour prairie humide, « 25RGI » = ray-grass italien semé à 25g/m², « 3RGI » = ray-grass italien semé à 3g/m². Le suffixe « dec » indique si le sol a préalablement été décapé.

2.3.1.1 Richesse spécifique

Un total de 58 espèces ont été relevées, dont 18 espèces cibles. La liste de ces végétaux est disponible en annexe 3.

- La richesse spécifique moyenne varie 5 à 15 espèces par mètre-carré (tab 3 et 4):
 - les traitements Tdec et T peuvent être rassemblés dans un premier groupe statistique ¹(A) avec la richesse spécifique moyenne la plus élevée (13 à 15 espèces par mètre-carré).
 - Les traitements T, M et 3RGIdec peuvent être rassemblés dans un second groupe statistique (B) avec une richesse spécifique moyenne intermédiaire (9 à 13 espèces par mètre-carré).
 - Les traitements M, Mdec, TF, TFdec, 25RGI, 25RGIdec, 3RGI, 3RGIdec, peuvent être rassemblés dans un troisième groupe statistique (C) avec la richesse spécifique la plus faible (5 à 9 espèces).

Il apparaît que le décapage n'a pas d'effet significatif sur la richesse spécifique (entre deux traitements de même nature).

Tableau 4 : Richesse moyenne spécifique, groupes de significativité en fonction du traitement et du décapage.

Modalité	Groupes		
Tdec	A		
T	A	B	
M		B	C
3RGIdec		B	C
3RGI			C
Mdec			C
TFdec			C
TF			C
25RGIdec			C
25RGI			C

- Pour la richesse moyenne en espèces cibles (tab. 3 et 5):
 - Le traitement Tdec constitue un premier groupe statistique (A) avec la richesse moyenne en espèce cibles la plus élevée (6 espèces).
 - Les traitements 3RGIdec, T, TF, et TFdec, Mdec, peuvent être rassemblés dans un second groupe statistique (B) avec une richesse moyenne en espèces cibles intermédiaire allant de 2 à 4 espèces.
 - Les traitements T, TF, M, 25RGI, 3RGI, TFdec, Mdec, 25RGIdec peuvent être rassemblés dans troisième un groupe statistique (C, le même que B sans 3RGIdec) avec la richesse moyenne en espèce cible la moins élevée allant aussi de 1 à 4 espèces.
 - Pour la richesse moyenne en espèces cibles, le décapage a un effet significatif sur le témoin et sur le ray-grass italien à 3g/m² (tab.5).

¹ L'expression « groupe statistique » signifie qu'il n'existe pas de différences significatives entre les membres de ce groupe.

Tableau 5: Richesse moyenne en espèces cibles groupes de significativité en fonction du traitement et du décapage

Modalité	Groupes		
Tdec	A		
3RGIdéc	B		
T	B	C	
TF	B	C	
TFdec	B	C	
3RGI		C	
25RGIdéc		C	
25RGI		C	
Mdec		C	
M		C	

- Le nombre total d'espèces rencontrées pour chaque traitement (richesse cumulée) est beaucoup plus important que la richesse moyenne et varie de 11 à 41 espèces. Le témoin possède la richesse spécifique cumulée la plus importante avec 41 espèces rencontrées sur l'ensemble des relevés, suivi du témoin décapé avec 34 espèces, suivi du traitement TF décapé avec 26 espèces, suivi de 25RGI et M avec 22 espèces, suivi de 3RGI et 3GIdéc avec 21 espèces, suivi de TFdec avec 16 espèces, de Mdec avec 12 espèces et de 25RGIdéc avec 11 espèces.

On peut observer que les traitements ayant été décapés possèdent une richesse spécifique cumulée inférieure aux traitements non décapés excepté pour 3GI et 3RGIdéc qui possèdent tous deux une richesse spécifique cumulée de 21 espèces.

- En ce qui concerne la richesse en espèces cibles Tdec et TF possèdent la plus grande diversité avec 10 espèces suivi de T avec 9 espèces, suivi de 3RGIdéc avec 7 espèces cibles, suivi de 25RGI avec et de 3RGI avec 5 espèces suivi de TFdec et de M avec 4 espèces, suivi de Mdec avec 2 espèces et finalement 25 RGIdéc avec 1 espèce.

En ce qui concerne la richesse en espèces cibles cumulée (tab.6) on constate que les traitement ayant été décapés possèdent aussi une richesse spécifique inférieure aux traitements non décapés là encore excepté pour 3RGI qui est de 5 espèces alors que pour 3RGIdéc celle-ci est de 7 espèces.

Tableau 6: Richesse spécifique cumulée en fonction des différents traitements.

	T	T dec	TF	TF dec	M	M dec	25RGI	25RGI dec	3RGI	3RGI dec
Richesse spécifique cumulée	41	34	26	16	22	12	22	11	21	21
Richesse espèces en cibles cumulée	9	10	10	4	4	2	5	1	5	7

2.3.1.2 Recouvrement

Pour le recouvrement total moyen :

- les traitements TFdec, M, T, 25RGI, TF, et 3RGI, peuvent être rassemblés dans un premier groupe statistique (A) possédant le recouvrement total moyen le plus important allant de 78,5% à 98,4%.
- Les traitements 25RGI, TF, 3RGI, Mdec, forment un groupe statistique intermédiaire (B) allant de 64% à 86,8%.
- Les traitements TF, 3RGI, Mdec, et Tdec, forment un groupe statistique intermédiaire (C) allant de 57% à 81%.
- Les traitements 3RGI, Mdec, Tdec, et 25RGIdec forment un groupe statistique intermédiaire (D) allant de 53% à 78,5 %.
- Les traitements Mdec, Tdec, 25 RGIdec et 3RGI dec forment un groupe statistique possédant le recouvrement total moyen le moins important allant de 42% à 64%.

Tableau 7 : Recouvrement total, groupes de significativité en fonction du traitement et du décapage

Modalité	Groupes				
TFdec	A				
M	A				
T	A				
25RGI	A	B			
TF	A	B	C		
3RGI	A	B	C	D	
Mdec		B	C	D	E
Tdec			C	D	E
25RGIdec				D	E
3RGIdec					E

Concernant le recouvrement total, le décapage a un effet significatif entre tous les traitements de même nature (les parties décapées sont moins recouvertes que les parties non décapées), sauf pour le transfert de foin où le décapage n'a pas significativement influencé le recouvrement.

Pour le recouvrement moyen en espèces cible (Tab. 8) :

- les témoins (T et Tdec) forment un premier groupe statistique (A) possédant le recouvrement en espèces cibles le plus important, soit 53,7% et 39%, respectivement.
- Les traitements TF, TFdec, M et Mdec forment un groupe statistique intermédiaire possédant un recouvrement en espèces cibles inférieur au témoin allant de 7,5% à 33,1%.
- Les traitements M, Mdec, 3RGI, 3RGIdec, 25RGI et 25RGIdec forment un groupe statistique (C) possédant le recouvrement en espèce cibles le moins important allant de 7,5% à 11,4%.

- **Tableau 8: Recouvrement moyen en espèces cibles groupe de significativité en fonction du traitement et du décapage**

Modalité	Groupes		
T	A		
Tdec	A		
TF		B	
TFdec		B	
M		B	C
Mdec		B	C
3RGI			C
3RGIdec			C
25RGI			C
25RGIdec			C

• Le tableau (9) présente le recouvrement moyen des principales espèces relevées sur les différentes placettes de traitement (liste exhaustive en Annexe 3). Il ne prend pas en compte les espèces semées comme le ray-grass italien ou le mélange pour « prairies humide » afin de ne présenter que les espèces susceptibles de provenir des banques de graines et du transfert de foin. Comme on peut le remarquer le jonc des crapauds (*Juncus buffonius* L.) quasiment présents sur tous les relevés constitue l'espèce dominante pour le témoin (décapé et non-décapé), il s'agit d'une espèce annuelle. En ce qui concerne le transfert de foin une grande majorité d'espèces prairiales pérennes (signalées par « * » dans le tableau) constituent le cortège principal de végétation pour la partie décapée (87%) et pour la partie non décapée (66%).

Tableau 9 : Recouvrement des espèces principales (hors espèces semées) pour chaque traitement. Les (*) signalent les espèces pérennes.

Témoin	45 % de jonc des crapauds, 5 % de céréiste aggloméré, 3% de houlque* , 2% de glycérie flottante*
Témoin décapé	13% de jonc des crapauds, 10% de houlque laineuse* , 9% d'agrostide blanche* , 7% d'isolépis setacée*, 5% de millepertuis couché*
Transfert de foin	41% de houlque* , 25% de glycérie flottante* , 6% de jonc des crapauds
Transfert de foin décapé	71% de houlque laineuse* , 13 % d'agrostide blanche* , 3% de jonc des crapauds, 3% de pâturin commun*
Mélange "prairie humide"	5 % de jonc des crapauds, 2% de glycérie flottante*
Mélange "prairie humide" décapé	9% de jonc des crapauds, 2% d'isolépis setacé
Raygrass 25g/m2	3 % de jonc des crapauds
Raygrass 25g/m2 décapé	2% de lysimachia arvensis
Raygrass 3g/m2	7 % de jonc des crapauds, 2% de véronique de perse*
Raygrass 3g/m2 décapé	3 % de houlque laineuse*

2.3.2 Analyse des banques de graines

2.3.2.1 Effet du décapage sur la banque de graines du site

La richesse spécifique moyenne pour la banque de graines sol du site expérimental décapé est d'environ 3 espèces par échantillon mis en culture. Elle est significativement inférieure à la richesse spécifique de la banque de graine du sol non décapé qui présente une richesse spécifique moyenne de 4 espèces par échantillon. En revanche la richesse en espèces cibles est significativement supérieure pour la partie décapée avec environ 2,6 espèces cibles par échantillon contre 1,8 espèces par échantillon pour la partie non décapée.

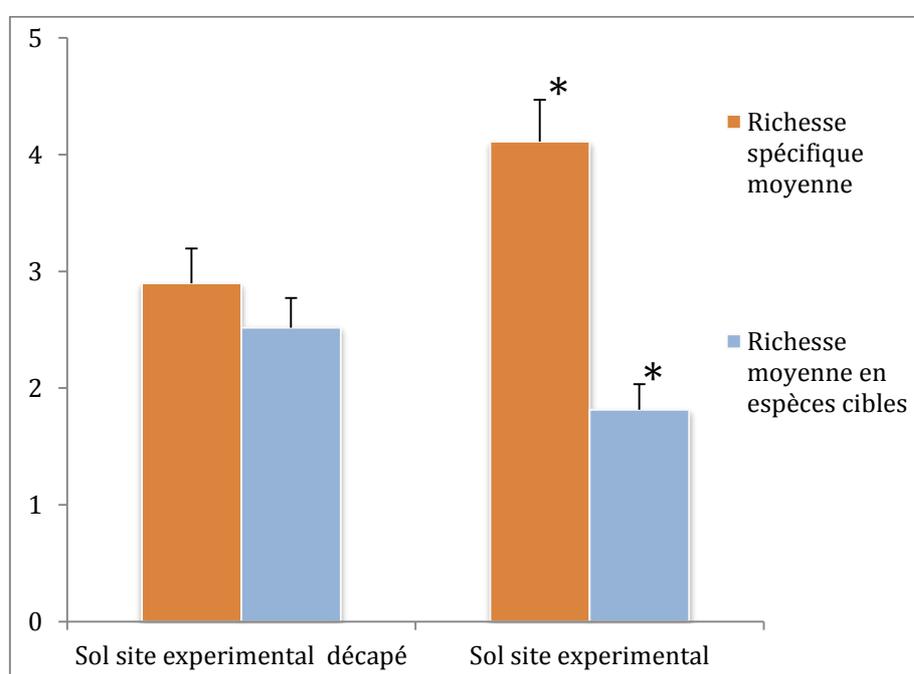


Figure 4: Nombres d'espèces moyen dans la banque de graine du site expérimental, (*) signifie que les différences sont significatives (ANOVA)

2.3.2.2 Richesse spécifique

La richesse spécifique cumulée la plus importante a été rencontrée dans le sol de la parcelle de référence avec 33 espèces au total dont 18 espèces cibles, suivi du sol du site expérimental non décapé avec 26 espèces dont 12 espèces cibles, suivi du sol du site décapé avec 18 espèces dont 10 espèces cibles. Enfin l'analyse du foin a permis de recenser 14 espèces au total dont 8 espèces cibles.

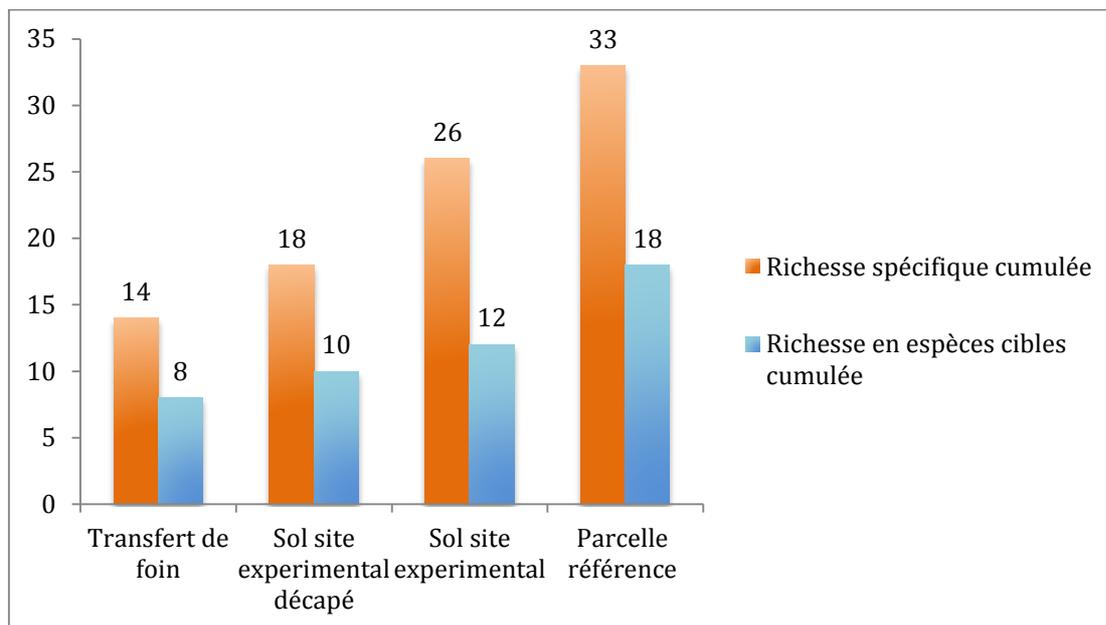


Figure 5: Richesse spécifique de la banque de graines

En ce qui concerne le pourcentage d'espèces cibles par rapport au total des espèces recensées au sein de la banque de graines en fonction de chacun des traitements le transfert de foin obtient le maximum avec 57% d'espèces cibles, puis par le sol du site décapé avec 56%, puis par le site référence avec 55% d'espèces cibles et enfin 46% pour le sol issu de l'horizon arable du site témoin.

	Transfert de foin	Sol Site Exp décapé	Sol Site Exp	Parcelle de référence
Pourcentage d'espèces cibles par rapport au total des espèces	57%	56%	46%	55%

Figure 6: Banques de graines, pourcentage d'espèces cibles ramené au total des espèces recensées.

2.3.2.3 Estimation du nombre d'espèces contenues dans la banque de graine

La banque de graines originaire du foin est caractérisée par des espèces prairiales avec une dominance de la houlque laineuse. La banque de graine du site expérimental décapée est essentiellement caractérisée par du jonc des crapauds, mais aussi par la présence d'autres joncs caractéristiques des prairies humides comme le jonc acutiflore ou le jonc diffus. La banque de graine du site expérimental non décapée est elle aussi dans une moindre mesure caractérisée par le jonc des crapauds (*J. bufonius*) mais aussi par de nombreuses plantes rudérales et adventices de cultures. Le sol de la prairie humide est principalement caractérisé par un mélange de différents joncs (des crapauds, acutiflore et diffus). On y relève notamment la présence de 10% de renoncules rampante, 8 % de houlque laineuse et enfin 4% de glycérie flottante.

Tableau 10 Proportion d'espèces issu des différentes banques de graines ayant germé. Les (*) signalent les espèces pérennes

Origine de la banque de graine	Principales espèces ayant germées
Transfert de foin	81% de houlque laineuse* , 13 % d'agrostide blanche* , 2 % de glycérie flottante*
Sol site expérimental décapé	76% de jonc (majorité de jonc des crapauds mais aussi jonc acutiflore et jonc diffus) 9% d' <i>Isolepis sétacée</i>
Sol site expérimental	53% de jonc des crapauds 4 % de grand plantain* et de véronique de perse et, présence d'autre espèce rudérales et adventices de cultures.
Référence	50% de joncs en mélange 10 % de renoncule rampante* , 8 % de houlque laineuse* et 4 % de glycérie flottante*

La proportion importante de houlque laineuse dans la banque de graine se répercute sur la proportion d'espèce cible ayant germé dans le transfert de foin (18% seulement). Sur le site expérimental décapé on totalise 96% d'espèce cibles, il constitue de ce fait la banque de graine contenant le plus d'espèces cibles, suivie du site référence contenant 82% d'espèce cibles et du site expérimental non décapé avec 64% d'espèce cibles.

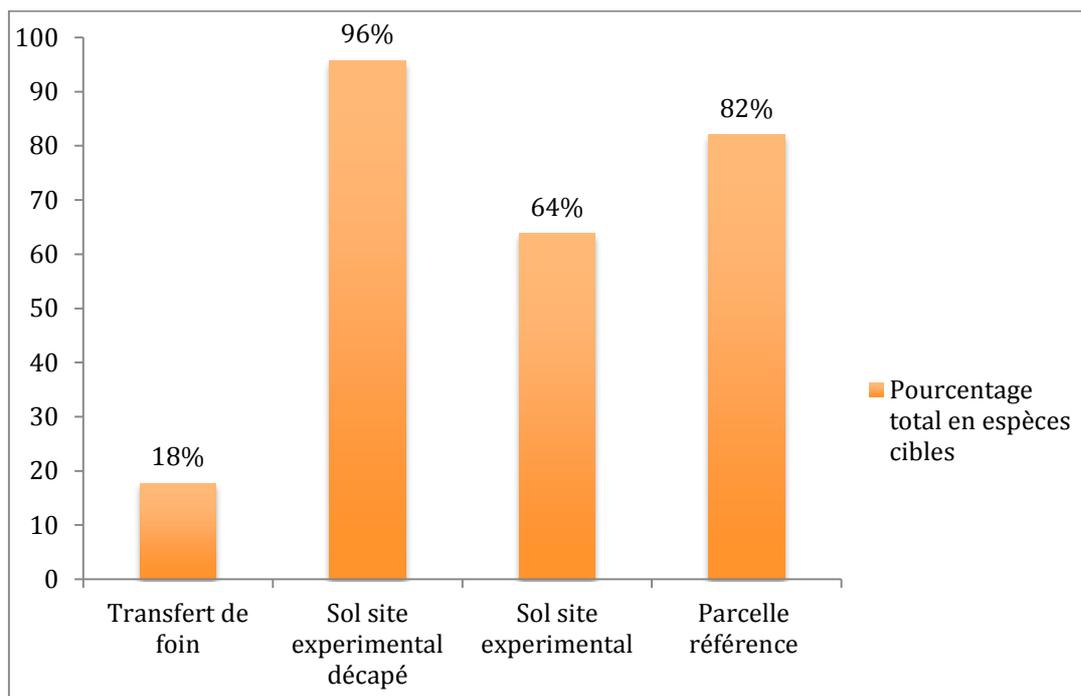


Figure 7: Ratio d'espèces cibles dans les banques de graines

Une estimation du nombre moyen de germinations par mètre carré est donnée par le tableau (11) pour chaque origine de la banque de graines.

Tableau 11: Estimation du nombre de germination moyen / m²

	Sol site décapé	Sol site non décapé	Sol parcelle de référence
Total germination observées/ m ²	2073	2873	2833
Total germination observées pour les espèces cibles / m ²	1985	1833	2325

2.4 Discussion

2.4.1 Evaluation en fonction des objectifs initiaux

Plusieurs objectifs de départ sont fixés lors de la restauration d'une zone humide, il est essentiel d'évaluer les mesures de restauration par rapport à ces objectifs afin de conclure quant à l'efficacité d'une méthode par rapport à une autre en évitant de la généraliser (Kentula 2000, Prach et Del Moral 2015). La reconversion de la parcelle céréalière de la Fontaine Margot en zone humide a en effet pour objectif :

- L'amélioration de la qualité de l'eau qui transite par elle (épuration et dénitrification)
- Un gain de biodiversité
- La réhabilitation en prairie humide

L'analyse des différents traitements peut donc permettre de discuter de leur efficacité au sujet de la biodiversité végétale, ainsi que de la restauration d'un couvert végétal de prairie humide. La mesure des effets des différents traitements sur la qualité de l'eau n'a pas encore eu lieu, des prélèvements de sols, et des extractions de l'azote minéral du sol ont été réalisées cette année dans ce sens, les données n'ont pas pu être traitées dans le cadre de ce travail.

2.4.2 Entre diversité végétale et restauration d'un couvert végétal de prairie humide

C'est pour la richesse spécifique globale que les parcelles témoin offrent la plus grande diversité végétale que le sol ait été décapé ou non. Cette diversité est à considérer avec prudence car elle est constituée entre autre d'espèces ségétales et synanthropiques (au sens de Sudnik-Wojcikowska 2011). Le jonc des crapauds, qui représente une grande partie de leur composition, a été choisit comme espèce cible car il contribue à leur caractérisation en zone humide (au sens de l'article L.211-1 du code de l'environnement), il s'agit cependant d'une espèce annuelle cosmopolite et pionnière des lieux humides, qui est caractéristique des milieux perturbés, artificialisés et fertiles (Grime 2007).

Les zones ayant étéensemencées par le transfert de foin originaire d'une prairie humide sont tous les deux (décapée et non décapée) dominées par la houlque laineuse, espèce commune des prairies fraîches à humides, clairement apportée par le foin transféré. (fig 8). Cette forte implantation, et la faible diversité observé, peuvent sans doute s'expliquer par les propriétés allélopathique de la houlque vis à vis des autres espèces (Remison et Snaydon 1980) et, à ses capacités de facilitation vis à vis de ses congénères (Newman et Miller 1977)



Figure 8: Transfert de foin, banque de graine et relevés, dominés par la houlque laineuse.

Il conviendrait d'observer attentivement l'évolution de cette domination de la houlque et de procéder si nécessaire à un griffage et à un transfert de foin d'une parcelle sans houlque par exemple afin de permettre une diversification du couvert végétal. La provenance du foin, où la proportion et la répartition des espèces peuvent varier considérablement (Kiehl et al., 2006 ; Rasran et al., 2006), dépend de la qualité du site donneur (Klimkowska et al., 2007). Néanmoins on notera la présence d'autres espèces communes des prairies humides comme la glycérie flottante, l'agrostide blanche et le pâturin commun ainsi qu'un couvert végétal dense, ce qui n'est pas le cas pour les autres traitements.

Les semis de mélanges issus du commerce ne permettent pas d'obtenir une diversité spécifique supérieure au témoin ni au transfert de foin. Le recouvrement n'y est pas plus important. De ce fait, ces traitements n'offrent pas une production intéressante à exploiter d'un point de vue agronomique et ce d'autant plus que la majeure partie du ray-grass a versé. Le phénomène était d'ailleurs accentué pour les fortes densités de semis (25g/m²).



Figure 9 : Mélange prairie humide partie décapée, et ray-grass italien à 25g/m² versé, partie non décapée (même date que le transfert de foin figure 8)

La végétation issue du mélange « prairie humide » s'était peu développée dans la partie décapée lorsque les relevés ont été effectués (fig.9).

2.4.3 Bilan global

L'analyse de la végétation après travaux couplée à l'examen des banques de graines ont montré lors de cette étude que, lorsque le décapage n'est pas exigé, la banque de graine originellement contenue dans le sol pourrait suffire à établir un couvert végétal riche et relativement diversifié. Un point de vue partagé par certains auteurs (Prach et Hobbs

2008) quand d'autres ont pu montrer le contraire (Maas et Schopp-Guth 1995 ; McDonald et al., 1996, Bossuyt et Honnay 2008, Valkó et al., 2011).

Lorsque le décapage du sol est nécessaire (présence de polluants, remblais) le transfert de foin s'est révélé être la meilleur des solutions dans le but de fournir un couvert végétal dense, d'espèces pérennes typiques de prairies humides. Le transfert de foin pourrait également intervenir comme un complément de la banque de graine existante (Valkó et al. 2011).

Cette étude montre globalement que le semis de différents types de mélanges de graines issus du commerce n'est pas exigé en termes de diversité et de recouvrement, et ne présente donc pas d'intérêt particulier. Ainsi les semis qu'ils soient mono-spécifiques densément semés ou non, ou encore issus d'un mélange « prairie humide » ne semblent pas présenter un effet bénéfique particulier. Les coûts relatifs à de telles opérations en ce qui concerne les semences ou la mise en place du semis seraient alors évités de même que le risque d'introduction de variétés ou d'espèces exotiques. Le transfert de foin quant à lui assure une origine locale des propagules tout en assurant un couvert végétal dense, pérenne et relativement diversifié, limitant ainsi le sol nu notamment en hiver. Il constituerait ainsi une option préférable lorsqu'un apport de diaspores est nécessaire.

Ces premiers résultats nécessitent d'être complétés par une analyse et un suivi approfondis du devenir de ces végétations, de l'hydrologie, de la chimie du sol et du cortège faunistiques inhérents au site. Des suivis entomologiques, des extractions de l'azote minéral du sol et des analyses des caractéristiques physico-chimiques et physique du sol ont d'ailleurs été réalisées au cours de l'année 2015 dans le but de compléter cette première étude.

3 Evaluation des mesures de restauration : Création d'un panel de références botaniques et pédologiques

3.1 Présentation de l'étude

Pour évaluer sur le long terme le devenir de la végétation, et des sols lors de la restauration ou la réhabilitation d'une prairie humide comme le site de la Fontaine Margot il est important de disposer d'une ou plusieurs références (Confer et Niering, 1992, Kentula 2000, Bouzillé 2007 *in* Science Eaux & Territoires 2011, Cristofoldi et Mahy 2010).

Initialement, dans le contexte du RERZH un site témoin a été désigné pour chaque site à restaurer. Il est apparu qu'en parallèle de ce témoin, auquel chaque site pourra être individuellement comparé, il est important de construire un système de référence multiples en recherchant des parcelles situés dans un contexte hydrogéomorphologique

similaire, afin de pouvoir collecter des données qui permettront de créer un panel de références pédologiques et botaniques.

3.2 Matériel et méthodes

3.2.1 Identification des parcelles de référence

C'est dans un contexte géologique et hydrogéomorphologique similaire que les parcelles de référence ont été identifiées via l'inventaire permanent des zones humides du Finistère géré par la Cellule d'Animation du Milieu Aquatique (CD29 et Forum des Marais Atlantique), à partir des données produites les syndicats de Bassin Versant et gestionnaires publics (en application de l'arrêté du 24 juin 2008). Afin d'être intégrées au panel de référence ces parcelles se devaient de respecter les critères suivants déterminés sur la base du travail de Chevalier (2014):

- Situation topographique et contexte géochimique similaire (composition minérale similaire si le socle géologique varie).
- Végétation de type prairie humide, mésotrophe à mésoeutrophe, mésohygrophile à hygrophile.
- Bon état de la végétation (Pas de dominance d'espèces trop nitrophiles, rudérales, ou sursemées d'origine anthropique).
- Absence de drainage ou d'autre perturbation.

Après l'identification de ces parcelles un contact a été établi avec les propriétaires ou les exploitants afin de leur poser des questions sur la gestion de leur parcelle, et d'obtenir leur autorisation pour y intervenir. Un total de 21 parcelles a été ainsi sélectionné. Sur chaque parcelle un relevé a été effectué pour toute surface apparaissant homogène du point de vue de la végétation (de 1 à 4 par parcelle).

Chaque relevé se voit attribuer un code :

CC : Pour les relevés Coat Carriou

BOU, BOR : Pour Les sites référence Boulla'ch

COR : Pour les sites références de Corroa'ch

FM, FMR pour les sites de référence de Fontaine Margot

Un chiffre est ensuite donné pour la parcelle, une lettre pour le relevé. En ce qui concerne les données de sol le numéro 1,2, ou 3 était donné à chacun des réplicas, à la suite du code du relevé.

3.2.2 Choix et présentation des méthodes d'échantillonnage

3.2.2.1 Végétation

La méthode du relevé phytosociologique a été utilisée pour échantillonner la végétation. Dans une zone homogène au niveau physiognomique, écologique et floristique et sur une aire minimale de 25m², habituellement définie pour les prairies (Barkman et al. 1964), la

liste exhaustive des végétaux présents est établie, et un coefficient d'abondance-dominance est attribuée pour chaque espèce (Braun-Blanquet 1921 adaptée par Barkman et al. 1964) : l'abondance correspond au nombre d'individus par unité de surface et la dominance au recouvrement total des individus de l'espèce considérée. La campagne de prélèvement des données de végétation a été effectuée en juin-juillet 2014 (Chevalier 2014) (26 relevés) complétée en mai-juin (32 relevés). Le jeu de données final est donc constitué d'un ensemble de 58 relevés phytosociologiques.

3.2.2.2 Paramètres édaphiques

En ce qui concerne les paramètres édaphiques, les relevés ont été réalisés sur un substrat géologique granitique (roche plutonique), sauf pour les sites de référence de Fontaine Margot qui se trouvent sur un substrat géologique métamorphique dont la composition en silice (élément majeur), oxyde d'aluminium et minéraux magnésiens est comparable aux substrats granitiques des autres sites (Abreal 2008, Capdevila 2010).

Pour chaque zone homogène identifiée (de 1 à 4 par parcelle) trois prélèvements à la tarière à densité apparente ont été effectués. Après séchage à 105°C pendant 72h, la densité apparente est calculée par le rapport du poids sec sur volume de la carotte, initialement mesuré. La densité apparente a été mesurée car outre le fait qu'elle renseigne sur l'état de compaction des sols et donc la capacité de l'eau à y circuler elle est fortement corrélée avec différents paramètres comme la teneur en matière organique du sol, la capacité de pénétration racinaire, l'aération, et l'activité biologique (Low 1972, Coote et Ramsey 1983, Meyer *et al.* 2008). Elle peut être considérée comme un paramètre facile à mesurer (Meyer *et al.* 2008). En effet sa mesure est moins contraignante que celle de la matière organique par exemple (il suffit d'une étuve ou d'un four pour faire sécher les volumes prélevés, et d'une balance précise au gramme (type balance de cuisine) pour la pesée). Il semble important dans le cadre d'un panel de références de présenter des données faciles à mesurer s'il on veut qu'il soit simple d'utilisation, accessible, et donc utilisé.

Chaque prélèvement est ensuite broyé à l'aide d'un mortier puis tamisé (1mm). Les échantillons homogénéisés et broyés sont utilisés pour les mesures de pH et de matière organique.

Le pH est mesuré, par sonde pH, dans une solution de 5g de sol pour 25 ml d'eau distillée. La matière organique est estimée par la méthode de perte au feu, soit 16h de calcination à 375°C pour estimer le pourcentage de matière organique par rapport de pesée. Le poids des cendres est donc rapporté sur le poids total initial afin de quantifier la matière organique (qui a été entièrement calcinée).

3.2.3 Saisie et Analyse des données.

Les données de sol et végétation une fois récoltées, ont été saisies sur le logiciel Microsoft Excel puis traitées au moyen des logiciels Excel Stat et/ou Juice.

Dans un premier temps les données de végétation ont été explorées au moyen d'Analyses Factorielle des Correspondances. Ce premier traitement des données a été complété par

une Classification par Ascendance Hiérarchique (Méthode d'agrégation de Ward, la dissimilarité entre les individus (relevés) obtenue par calcul de distance euclidienne).

Les données ont ensuite été suivies d'un classement manuel des relevés en tableau phytosociologique (annexe 5) par rattachement manuel afin de tenter de rattacher les relevés à d'éventuelles associations. La Classification phytosociologique des relevés a ensuite été complétée par une CAH (Méthode d'agrégation de Ward, la dissimilarité entre les individus (relevés) obtenue par calcul de distance euclidienne afin de compléter ou de valider l'interprétation).

3.3 Résultats

3.3.1 Description générale des données de sol et de végétation

3.3.1.1 Caractéristiques physico-chimiques des sols

Le pH mesuré sur l'ensemble des sols échantillonnés est relativement acide (fig. 11bis) il est de 5,7 pour le plus haut (échantillons COR5a) et de 3,8 pour le plus bas (échantillon BOR6b) avec un pH moyen de 4,6.

En ce qui concerne la matière organique (fig.11), celle-ci est d'une teneur moyenne de 24,3%, le maximum de 80% est atteint par l'échantillon BOR3c, le minimum de 6% est atteint par l'échantillon FM2c.

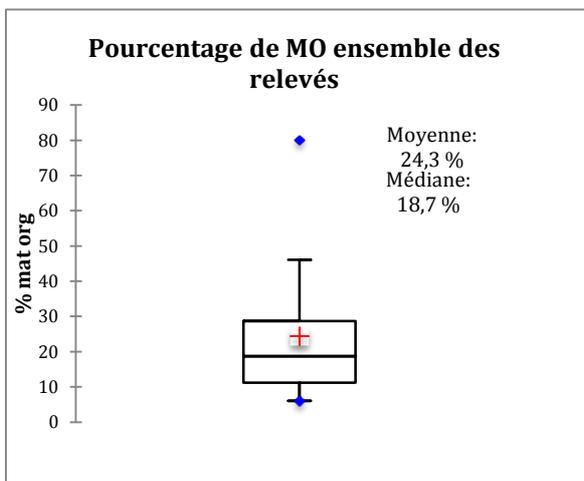


Figure 11 : Pourcentage de MO pour les relevés

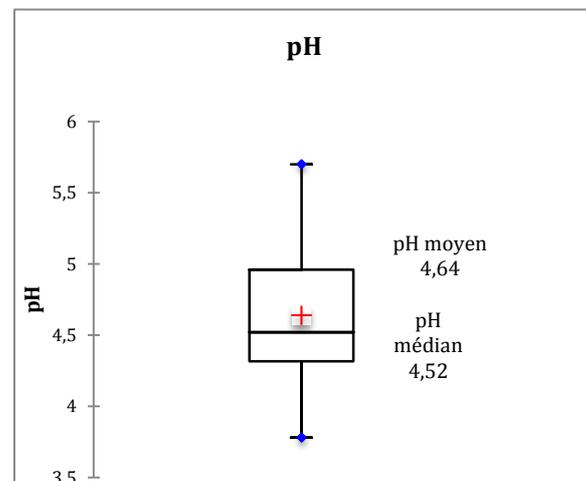


Figure 11bis pH pour les relevés

La densité apparente de l'horizon supérieur moyenne est de 0,6 et la médiane de 0,58. Elle ne dépasse pas 1,2 pour son maximum et atteint 0,16 pour le minimum (fig. 12).

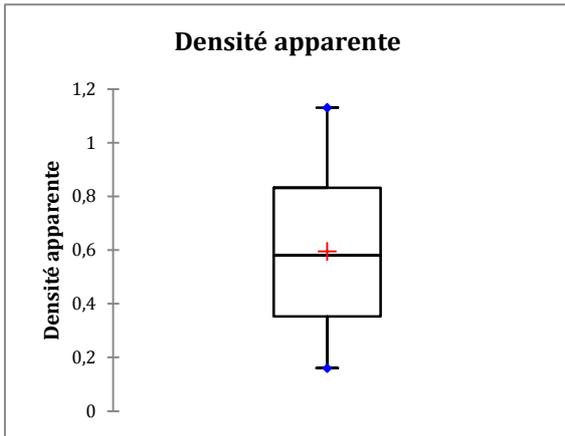


Figure 12: Densité apparente de l'ensemble des relevés de végétation.

3.3.1.2 Données de végétation

Un ensemble de 58 relevés ont été produits lors de cette étude (voir tableau brut et tableau phytosociologique en annexe 5)

- 17 relevés ont été effectués sur les sites références de Coat Carriou
- 11 relevés ont été effectués sur les sites référence de fontaine margot
- 17 relevés ont été effectués sur les sites référence de Corroa'ch
- 13 relevés ont été effectués sur les sites référence de Boula'ch

Un total de 96 espèces a été recensé, tous relevés confondus.

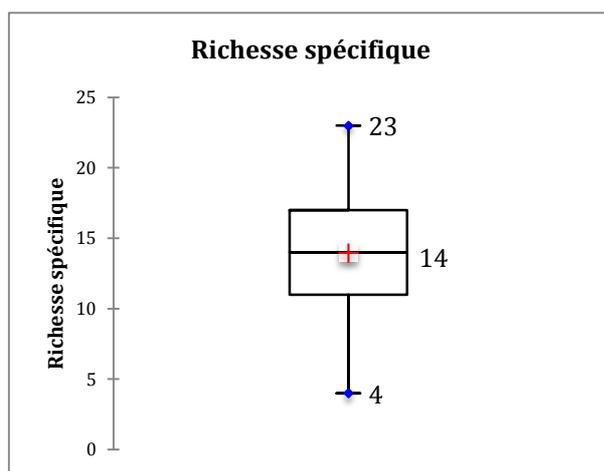


Figure 13: Richesse spécifique de l'ensemble des relevés

La richesse spécifique moyenne et médiane est de 14 espèces (fig.13). Le maximum est de 23 espèces pour le relevé FM4a le minimum est de 4 espèces pour le relevé BOR2a.

3.3.2 Description précise des données de végétation

3.3.2.1 Analyse Factorielle des Correspondances

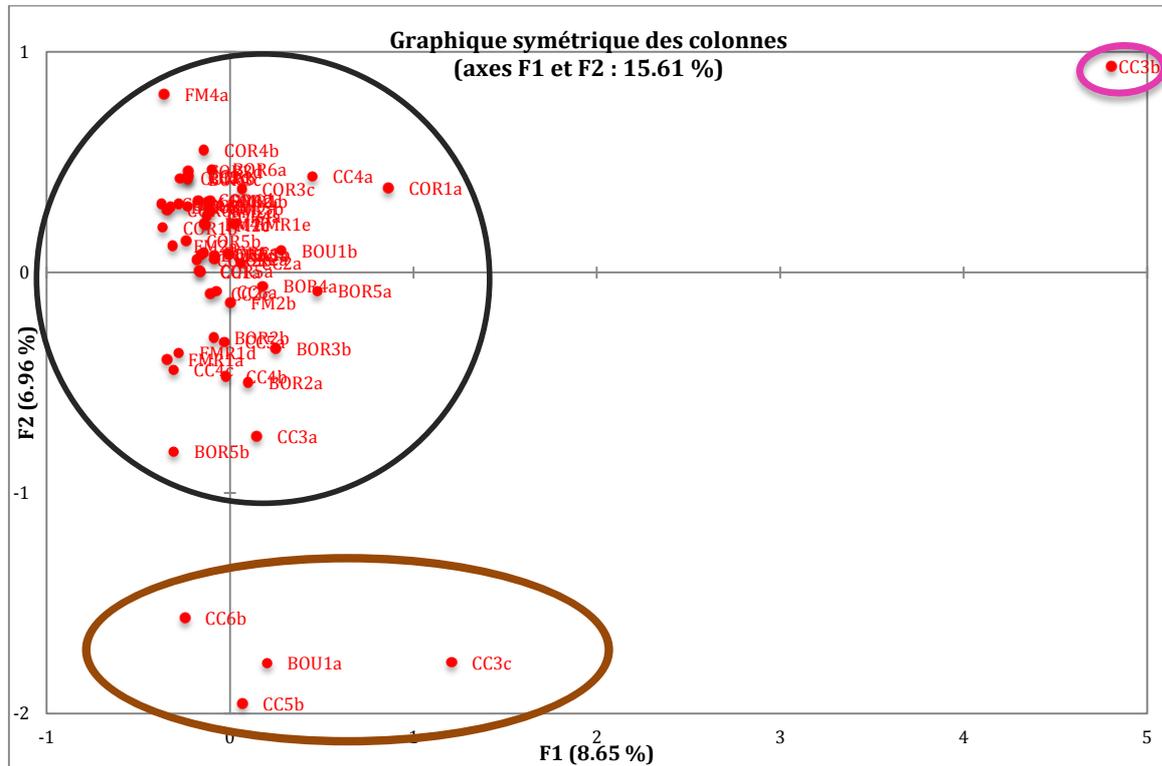


Figure 14: Représentation selon les axes 1 et 2 de l'AFC sur l'ensemble des relevés de végétation

Sur le plan factoriel des axes 1 et 2, à première vue, deux groupes et un relevé semblent ressortir de l'analyse:

Le relevé CC3b (entouré en rose sur la figure 1). Il est constitué d'une dominance de jonc diffus et d'espèces nitrophiles (Ortie, Renouée poivre d'eau, Rumex à feuilles obtuses, la Scrofulaire auriculée) ainsi que deux espèces rudérales dont une invasive (le Circe commun et la vergerette (gp. Canadensis))

Un premier groupe (entouré en marron) constitué de quatre relevés : CC6b, BOU1a, CC3c, CC5b. Ils sont constitués d'espèces prairiales banales comme la houlque laineuse, la renoncule rampante et, présentent une faible richesse spécifique (6 en moyenne).

Un second groupe (entouré en noir) qui comprend l'ensemble des autres relevés du jeu de données.

La représentation cumulée des données sur les axes est de 15,61%.

La représentation des plans 1/3 et 2/3 ne permet pas de mieux discriminer les données, de même que la suppression du relevé CC3b, ou des relevés CC6b, BOU1a, CC3c, CC5b.

3.3.2.2 Classification par Ascendance Hiérarchique

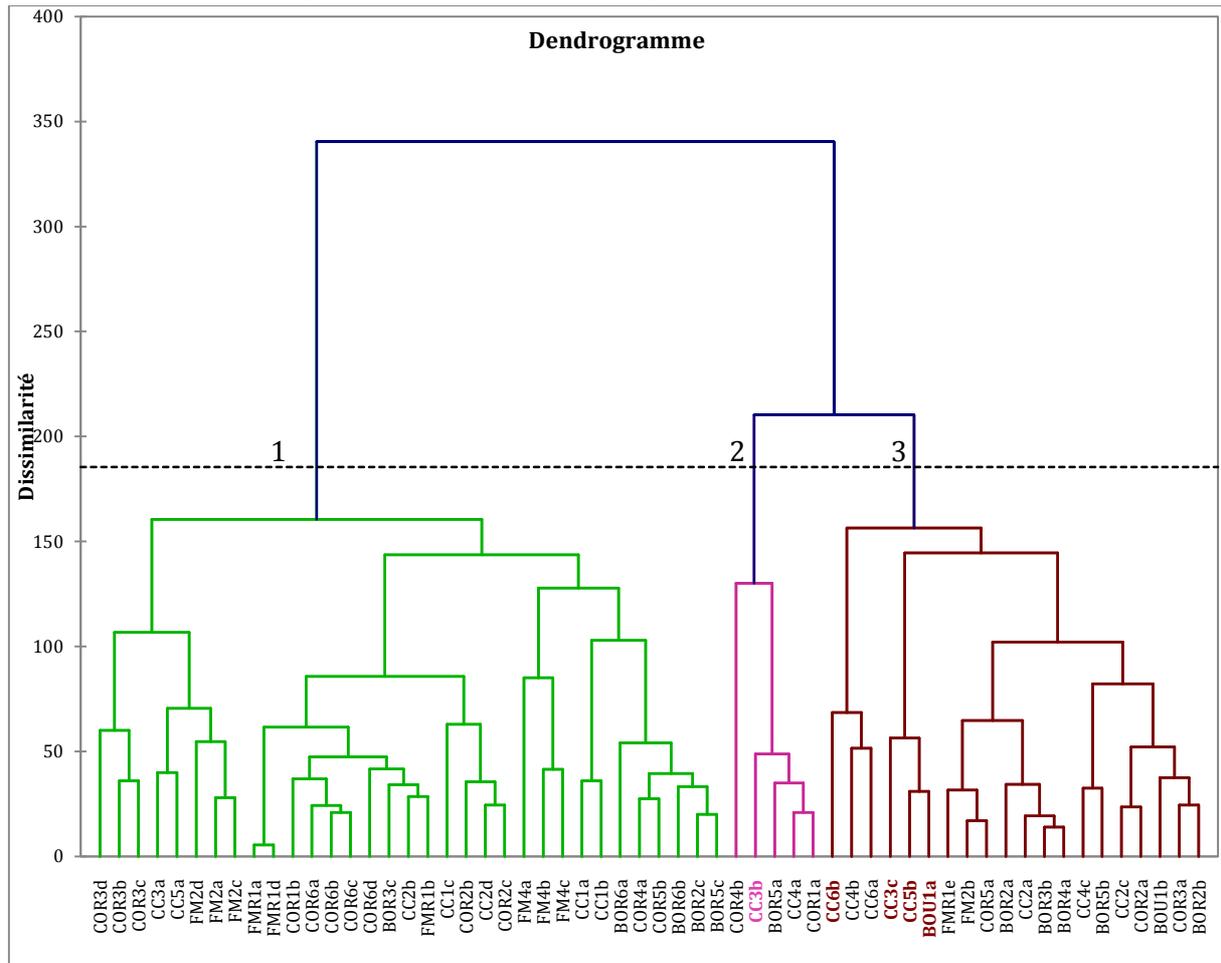


Figure 15: Représentation Graphique de La CAH effectuée sur l'ensemble des relevés de végétation

La CAH définit trois groupes de relevés :

Un premier groupe, majoritaire, constitué de 33 relevés, répartis sur l'ensemble des différents secteurs (Fontaine Margot, Coat Carriou, Boulla'ch et Corroa'ch).

Un deuxième groupe, minoritaire, constitué de cinq relevés appartenant aux différents sites sauf Fontaine Margot. Tous caractérisés par une certaine abondance de jonc diffus.

Un troisième groupe constitué de 20 relevés répartis sur l'ensemble des différents secteurs.

Le premier relevé à part (CC3b) dans l'AFC est présent dans le groupe minoritaire.

3.3.3 Classement manuel des relevés et Tableau Phytosociologique

Tableau 12: Extrait du tableau phytosociologique ayant permis le regroupement des relevés

		C C1 b	F M R1 d	C O R4 a	F M 4b	C O R3 c	B O R2 c	F M R1 a	B O U1 b	F M 2a *	C C1 a*	C C5 a*	C O R5 b*	C C4 c*	B O R5 c*	C O R6 d*	
espèces caractéristiques de la sous-association <i>Typicum</i>	<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm.	2	2	3	2	2	2	1	.	2	2	2	2	+	2	.	
	<i>Juncus effusus</i> L.	1	+	1	2	3	.	.	2	.	.	2	.	.	1	.	
	<i>Ranunculus flammula</i> L.	.	.	.	.	1	+	.	1	.	2	.	.	.	.	.
	<i>Lotus pedunculatus</i> Cav.	1	1	.	2	.	.	1	.	2	2	+	+	1	.	2	
	<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	1	.	1	.	.	.	.	1	1	1	.	.	2	.	1
	<i>Lolium perenne</i> L.
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	.	+	+
espèces de la sous-association <i>Scorzoneretosum humilis</i>	<i>Carex ovalis</i> Gooden.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	2	1	1	.	.
	<i>Agrostis canina</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
	<i>Trocdaris verticillatum</i> (L.) Raf.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Scorzonera humilis</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
	<i>Carex echinata</i> Murray	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Hydrocotyle vulgaris</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Wahlenbergia hederacea</i> (L.) Rchb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Carex laevigata</i> Sm.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1
	<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Juncus conglomeratus</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.

Après analyse statistique des relevés, les résultats ont été organisés en tableau phytosociologique, afin d'effectuer un rattachement à la synsystème (Catteau et de Foucault 2012, Delassus et al. 2014). Cette réorganisation effectuée manuellement et à l'aide du logiciel Juice. Elle a permis d'identifier une Association principale, le *Juncus acutiflori - Cynosuretum cristati* (Sougez 1957). Plusieurs sous associations ont été par la suite identifiées :

- *Juncus acutiflori - Cynosuretum cristati* (Sougez 1957) *Typicum*. (tab. 11)
Les relevés CC1b, FMR1d, COR4a, FM4b, COR3c, BOR2c, FMR1a, BOU1b, peuvent être considérés comme appartenant à la sous association *Typicum*. Les relevés FM2a, CC1a, CC5a, COR5b, CC4c, COR6d, BOR5c forment un groupe de transition vers le *Scorzoneretosum-humilis*.

- *Junco acutiflori* - *Cynosuretum cristati* (Sougnez 1957) *Scorzoneretosum humilis* (De Foucault 1984) inféodées à des sols tourbeux et plutôt mésotrophes. (tab. 12)
Cette sous-association est représentée par les COR2a, CC2b, FM2c, FM4c, CC1c, BOR3c, COR3d, COR2c, CC2d, COR2b, COR6b, COR4b, FM4a, COR6a, COR6c et COR1b

Tableau 13 : Extrait du tableau phytosociologique ayant permis le regroupement des relevés

		C O R 2 a	C C 2 b	F M 2 c	F M 4 c	C C 1 c	B O R 3 c	C O R 3 d	C O R 2 c	C O R 2 d	C O R 2 b	C O R 6 b	C O R 4 b	F M 4 a	C O R 6 a	C O R 6 c	C O R 1 b	
espèces caractéristiques de la sous-association <i>Typicum</i>	<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm.	.	2	2	3	2	2	3	2	2	2	.	3	2	2	2	2	
	<i>Juncus effusus</i> L.	1	.	2	1	1	1	2	2	2	1	.	2	.	.	.	.
	<i>Ranunculus flammula</i> L.	+	1	.	.	2	1	1	+	.	.	+	+	1	+	+	.	
	<i>Lotus pedunculatus</i> Cav.	.	2	2	2	2	2	1	1	2	.	2	1	2	2	2	2	2
	<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	.	1	1	.	1	.	.	.	1	1	1	1	.	.	.	.	2
	<i>Lolium perenne</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Carex ovalis</i> Gooden.	1	1	2	.	2	.	2	1	.	2	.	1	.	.	.	.	.
espèces caractéristiques de la sous-association <i>Scorzoneretosum humilis</i>	<i>Agrostis canina</i> L.	3	.	.	.	2	2	2	2	2	2	2	2	.	.	.	2	.
	<i>Trocdaris verticillatum</i> (L.) Raf.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+
	<i>Scorzonera humilis</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
	<i>Carex echinata</i> Murray	.	2	.	.	2	.	.	.	1	.	1	1	1	.	.	.	1
	<i>Hydrocotyle vulgaris</i> L.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Wahlenbergia hederacea</i> (L.) Rchb.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Carex laevigata</i> Sm.	.	.	1	.	2	.	.	.	1	.	2	.	1	1	1	1	1
	<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1
	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
	<i>Juncus conglomeratus</i> L.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.

- *Junco acutiflori* - *Cynosuretum cristati* (Sougnez 1957) diverses variantes plus ou moins dégradées. (tab 13 et 14)

Le tableau (14) présente les relevés CC3a, FM2d, FMR1e, BOR4a, COR3b, BOR3b, CC2a, FMR1b qui appartiendraient toujours à l'association *Junco acutiflori - Cynosuretum cristati* Sougnez 1957 *Typicum/Scorzoneretosum-humilis* (de Foucault 1984) Cependant il sont marqué par la présence relativement abondante d'espèces comme la glycérie flottante, le vulpin genouillé, l'éléocharis des marais ou l'ache faux cresson (ces taxons sont indiqués par la couleur orange dans le tableau) et pourraient ainsi constituer une variante plus humide et plus riche située dans les dépressions.

Tableau 14 : Extrait du tableau phytosociologique ayant permis le regroupement des relevés

		C C 3 a	F M 2 d	F M R 1 e	B O R 4 a	C O R 3 b	B O R 3 b	C C 2 a	F M R 1 b
espèces caractéristiques de la sous-association <i>Typicum</i>	<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm.	3	2	1	.	3	.	.	2
	<i>Juncus effusus</i> L.	.	2	2	2	.	2	2	1
	<i>Ranunculus flammula</i> L.	+	1	.	1	+	+	.	+
	<i>Lotus pedunculatus</i> Cav.	1	2	+	.	.	.	1	2
	<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	.	1	.	1	.	.	.	1
	<i>Lolium perenne</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.
espèces de la sous-association <i>Scorzoneretosum humilis</i>	<i>Carex ovalis</i> Gooden.	1	1	.	.	2	.	.	.
	<i>Agrostis canina</i> L.	.	.	1	2	.	2	2	1
	<i>Trocdaris verticillatum</i> (L.) Raf.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Scorzonera humilis</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Carex echinata</i> Murray	.	.	.	.	.	.	.	1
	<i>Hydrocotyle vulgaris</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Wahlenbergia hederacea</i> (L.) Rchb.	.	.	.	.	+	.	.	.
	<i>Carex laevigata</i> Sm.	.	1	.	.	.	.	.	.
	<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Juncus conglomeratus</i> L.	.	1	.	.	.	.	.	.
Variante plus humide et eutrophe	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.Br.	+	2	2	2	1	2	2	+
	<i>Alopecurus geniculatus</i> L.	1	.	.	1	.	2	.	.
	<i>Helosciadum nodiflorum</i> (L.) W.D	.	.	+	.	.	.	.	+
	<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem & S.	.	1	.	.	.	.	.	+

Tableau 15 : Extrait du tableau phytosociologique ayant permis le regroupement des relevés

		COR1a	BOR5a	CC4a	CC3b	CC4b	BOU1a	CC6b	CC3c	CC6a	COR3a	COR5a	CC5b	FM2b	BOR2a	BOR2b	BOR6b	BOR6a	
Typicum	<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm.	.	2	.	.	1	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	1	3
	<i>Juncus effusus</i> L.	4	5	4	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Ranunculus flammula</i> L.	.	.	.	1	.	+	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Lotus pedunculatus</i> Cav.	1	1
	<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	1	.	2	.	2	.	.	.	1	.	1	+	1
	<i>Lolium perenne</i> L.	2	2	2
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.
Scorzoneretosum humilis	<i>Carex ovalis</i> Gooden.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
	<i>Agrostis canina</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Trochardis verticillatum</i> (L.) Raf.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Scorzonera humilis</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Carex echinata</i> Murray	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Hydrocotyle vulgaris</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
	<i>Wahlenbergia hederacea</i> (L.) Rchb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Carex laevigata</i> Sm.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Carex nigra</i> L. Reichard	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Juncus conglomeratus</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Variante humide-eutrophe	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.Br.	2	2
<i>Alopecurus geniculatus</i> L.		.	.	.	.	.	2	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Helosciadium nodiflorum</i> (L.) W.D.J.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Sc		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Holcus lanatus</i> L.	.	1	.	.	.	1	1	2	2	2	4	2	5	2	1	4	1	
	<i>Ranunculus repens</i> L.	.	1	+	1	.	2	1	2	.	2	.	2	+	3	3	.	.	
Espèces de mégaphorbiaie	<i>Angelica sylvestris</i> L.	.	.	1	2	1	2
	<i>Holcus mollis</i> L.	2	.	2	1	2
	<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	1	+
	<i>Convolvulus sepium</i> L.	.	.	+	+	1
	<i>Galium aparine</i> L.	+	+	+
	<i>Rubus</i> gp. <i>Fruticosus</i>	1
Espèce très eutrophes rudérales ou synanthropiques	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	1	.	.	2	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Coniza</i> sp.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Cardamine flexuosa</i> With.	.	1	1
	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	.	1	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Geranium dissectum</i> L.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Plantago major</i> L.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Urtica dioica</i> L.	.	.	+	1	+	.	.	.	1	+	1
	<i>Scrophularia auriculata</i> L.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Sonchus arvensis</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Dactylis glomerata</i> L.	.	1	.	.	4	.	2	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.

Au niveau du tableau (15) les premiers relevés COR1a, BOR5a, CC4a, CC3b pourraient être reliés au *Junco actutiflori-cynosuretum cristati* dégradé car constitué essentiellement de jonc diffus, et quasi systématiquement d'espèces nitrophiles, rudérales ou synanthropiques (au sens de Sudnik-Wojcikowska 2011).

Les relevés CC4b, BOU1a, CC6b, CC3c, CC6a présentent aussi une abondance d'espèce nitrophiles, rudérales ou synanthropiques, sans qu'il y ait de présence de jonc diffus. Les relevés COR3a, COR5a, CC5b, FM2b, BOR2a, BOR2b présentent eux une dominance de la houlque laineuse et/ou de la renoncule rampante et une faible richesse spécifique (8 en moyenne).

Les deux relevés (BOR6a, BOR6b) présentent des espèces indicatrices de mégaphorbiaie /fermeture du milieu.

Le relevé BOR5b a été reconsidéré comme prairie non humide en vue de la présence comme seule espèce de zone humide la renoncule rampante et qui par ailleurs n'est pas dominante.

Le relevé CC2c n'a pas été identifié comme appartenant à une sous association en particulier, il présente une richesse spécifique de 6 espèces typiques de prairie plutôt humide (classe des *Agrostietea stoloniferae* Oberd. 1983).

3.3.4 Création des groupes, croisement de la phytosociologie et de la CAH

La mise en relation des résultats de la CAH et de la classification phytosociologique montre une bonne adéquation des résultats obtenus. (fig. 16) :

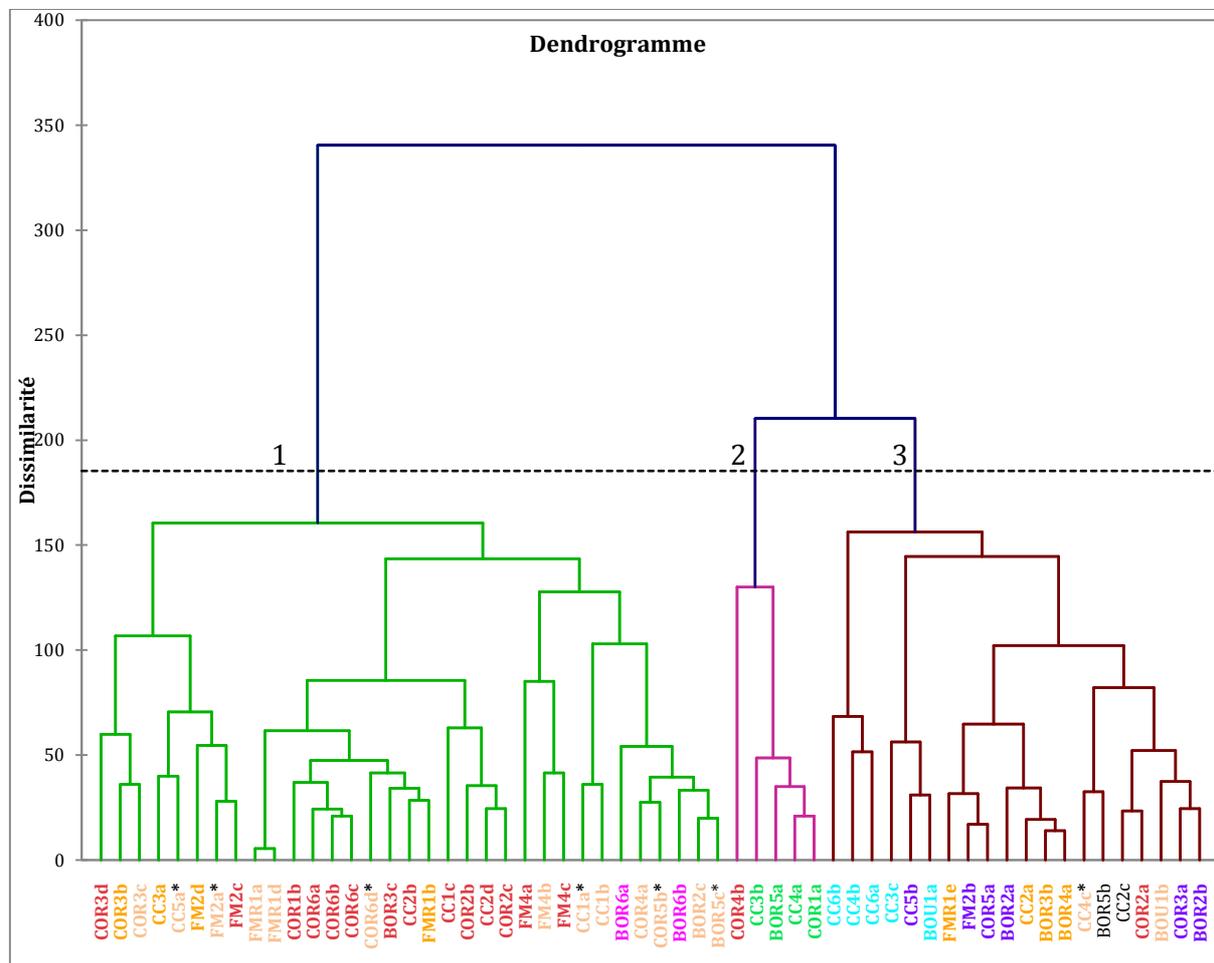


Figure 16: Illustration de la répartition des différentes végétations identifiées au sein de la CAH.

Le premier groupe est essentiellement formé par des relevés constitués majoritairement d'espèces caractéristiques de trois variantes (dont deux sont des sous associations décrites ainsi qu'une variante humide et riche) de l'association *Junco actutiflori-cynosuretum cristati*. Il constitue la référence à proprement parler. Les relevés qui le forment ne contiennent pas d'espèces rudérales et ne présentent pas de dysfonctionnement apparent de la végétation (matérialisé par la stricte dominance d'une ou deux espèces par exemple). Il comprend deux relevés dont l'abondance de certaines espèces indiquerait qu'ils seraient en voie de devenir des mégaphorbiaies, le propriétaire a en effet indiqué que cette parcelle n'était plus exploitée depuis une vingtaine d'année, sur le terrain les relevés ont été fait dans ce qu'il restait des végétations herbacées et qui n'étaient pas encore colonisées par les ronces, les saules ou les chênes. La richesse spécifique moyenne et de 16 espèces, ce qui est cohérent avec la bibliographie.

Le deuxième groupe, dont les relevés sont révélateurs d'un certain niveau de dégradation du milieu par rapport à ce qui est recherché, ne devrait donc pas être utilisé comme référence. Le relevé COR4b où le jonc diffus est relativement abondant pourrait être utilisé dans la référence avec prudence, l'analyse phytosociologie permet quand même de le rattacher au *Junco acutiflori* – *Cynosuretum cristatii*, et il ne contient pas d'espèces rudérales ou synanthropiques, la richesse spécifique moyenne est de 11 espèces (fig. 17)

Le troisième groupe est à considérer prudemment ; formé majoritairement par de

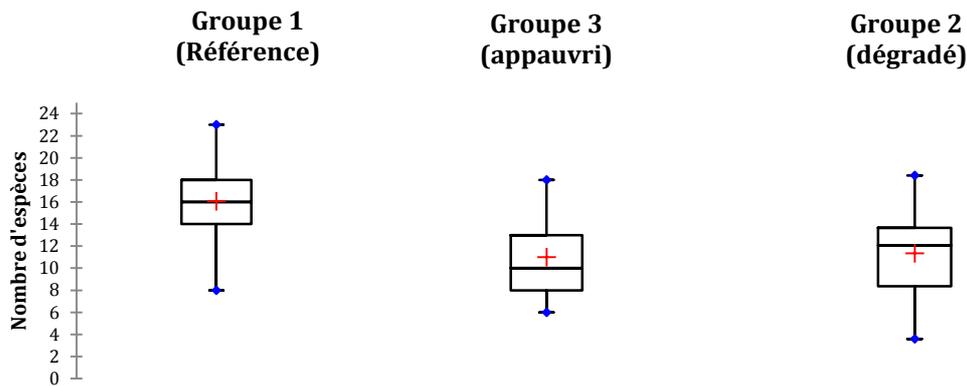


Figure 17: Moyenne et variabilité de la richesse spécifique en fonction des groupes définis

communautés végétales appauvries, il pourrait constituer un intermédiaire en entre des prairies plutôt dégradées (2^e groupe) et les références à atteindre (1^{er} groupe). La richesse spécifique moyenne y est de 11 espèces (fig. 17)

3.3.5 Croisement des groupes définis et des données de sol

Les différents paramètres édaphiques mesurés peuvent être mis en relation par les trois groupes de relevés.

Le pH moyen pour les groupes 1,3 et 2 est de 4.64, 4.64, 4.68 respectivement, ces valeurs ne sont pas différentes significativement (ANOVA). Le premier et le troisième quartile constituent la gamme de valeur vers laquelle un site restauré devrait tendre. Pour le groupe 1 qui a été choisi comme valeur de référence le pH devrait donc être compris entre 4 et 5.

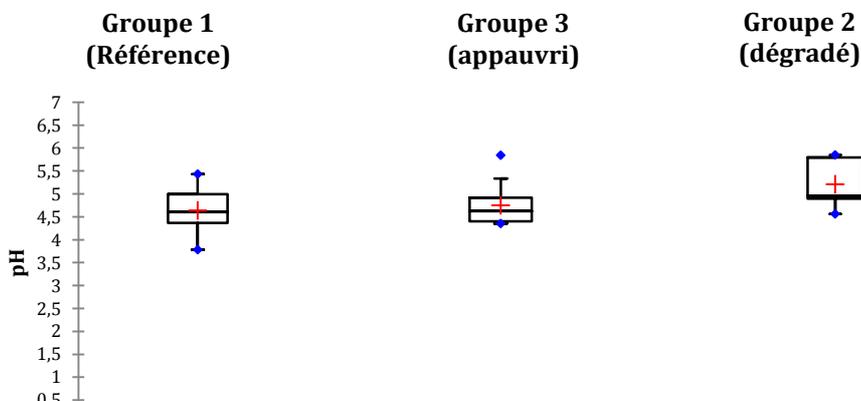


Figure 18: Moyenne et variabilité du pH au sein des groupes définis

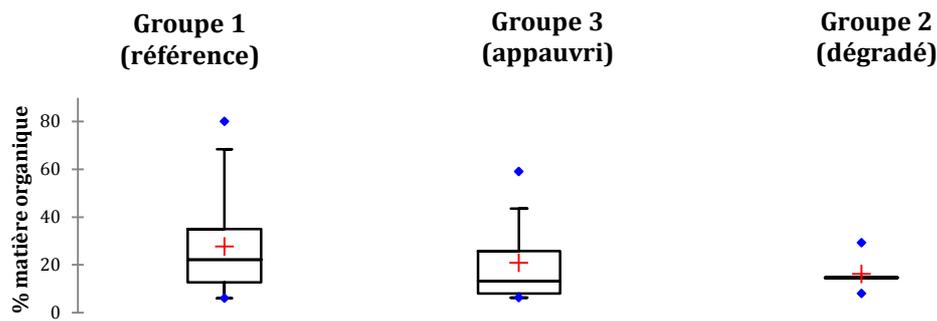


Figure 19: Moyenne et variabilité de la teneur en matière organique au sein des groupes définis

La matière organique moyenne pour les groupes 1,3 et 2 est de 28%, 22% et 17% respectivement, ces valeurs ne sont pas différentes significativement statistiquement (ANOVA). Pour la référence, Le 1^{er} quartile (13%) et le maximum (81%) constituerait la gamme de valeur à atteindre. On peut remarquer que la moyenne du groupe dégradé est inférieure au groupe appauvri qui est inférieur au groupe référence. La teneur en matière organique d'un sol en particulier dans les cas des zones humides est un indicateur clé de sa qualité car elle est corrélée avec de nombreux processus inhérents aux zones humides comme la respiration, la dénitrification, l'adsorption du phosphore (Bruland et Richardson 2006) qui sont autant de services écosystémiques rendus par les zones humides.

La densité apparente moyenne pour les groupes 1,3 et 2 est de 0,54, 0,63, et 0,69 respectivement, ces valeurs ne sont pas différentes significativement différentes statistiquement. Pour la référence, le 3^{ème} quartile (0,78) et le minimum (0,16) constitueraient la gamme de valeur à atteindre. La densité apparente moyenne du groupe « référence » est la plus basse suivie du groupe « appauvri » puis du groupe « dégradé ». La densité apparente est inversement corrélée à la matière organique ce qui peut expliquer cette tendance.

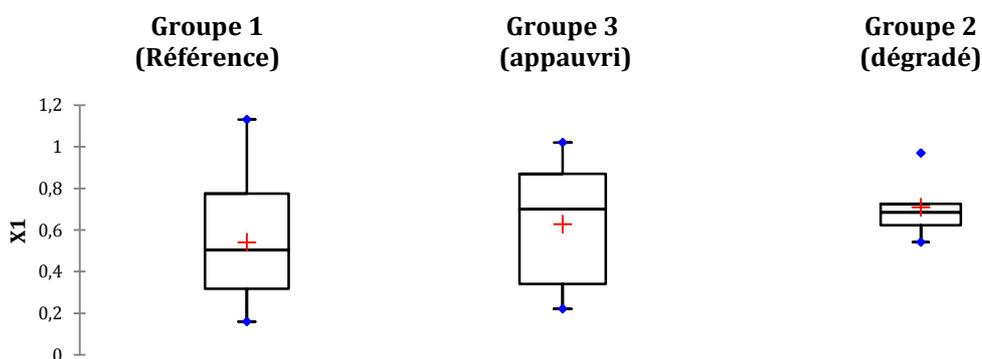


Figure 20: Moyenne et variabilité de la densité apparente au sein des groupes définis

3.4 Discussion

Les relevés étant dans un contexte géologique, hydrogéochimique et bioclimatique similaire, ont été traités ensemble dans le but de créer ce panel de référence. Il est important de prendre en compte le fait que ces relevés représentent les communautés à un instant T d'un système dynamique et évolutif (Palmer et al. 2005).

Le panel de référence nous permet donc de situer un site restauré dans un des trois groupes définis en comparant le relevé effectué sur les sites expérimentaux au tableau phytosociologique avec l'aide du schéma de caractérisation des végétations (figure 18) afin de pouvoir en déterminer l'état (dégradé, appauvri, ou proche des valeurs de référence). Une représentation des groupes sur un plan factoriel en deux ou trois dimension (AFC), qui était l'objectif initial n'a pas pu être mis en place du fait de la faible représentativité des deux voir 3 premiers axes de l'analyse.

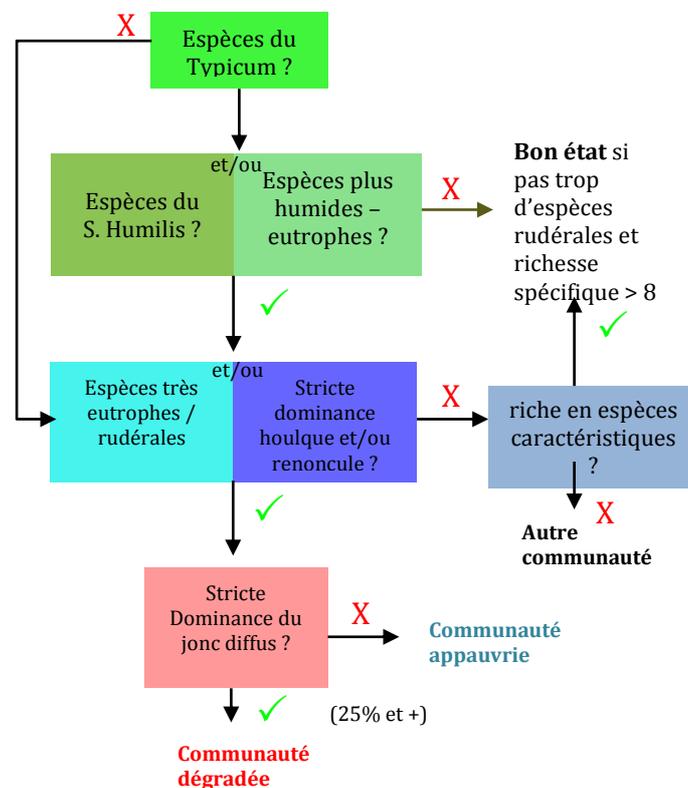


Figure 21: Schéma de caractérisation des végétations

Il serait intéressant de trouver une manière de situer les relevés (comme donnée illustrative par exemple) dans la CAH sans en influencer les résultats.

Cependant l'analyse manuelle en détail des relevés (avec la phytosociologie et la considération d'espèce rudérales, exotiques, synanthropiques etc) est particulièrement adaptée si l'on remarque dans le relevé du site en réhabilitation la présence d'une espèce qui n'a été recensée sur aucun site référence. Cette méthode permet d'identifier si cette

espèce est caractéristique ou non d'une association, ou si elle présente un caractère particulier en recherchant dans la littérature. Les espèces caractéristiques de ces végétations décrites par la phytosociologie pourraient être considérées comme des espèces cibles afin de pouvoir quantifier leur richesse dans les sites en restauration. En récoltant les données de végétation sur quelques années (3 à 5 ans) il est possible de modéliser par régression non linéaire une trajectoire de restauration en utilisant les valeurs de référence comme asymptote afin de voir une tendance sur plusieurs années. (Matthews et al. 2009)

L'utilisation de la phytosociologie en complément des statistiques descriptives (AFC) ou des méthodes de clustering comme la CAH a pu permettre de montrer dans cette étude du point de vue de la végétation que même si certains sites avait été identifiés comme référence, après dialogue avec l'exploitant ou visite sur le terrain, l'appréciation du « bon état écologique » nécessite un recul et une analyse fine de l'ensemble des relevés pour proposer une référence satisfaisant ce « bon état écologique ». Il est vrai que sur le terrain lors des relevés on ne remarque pas forcément au premier coup d'œil que certains sites portent une végétation dégradée, ou appauvrie qu'il serait hasardeux d'utiliser comme référence. Cette étude renforce donc l'idée que dans certains cas la phytosociologie peut s'avérer être un outil pertinent dans l'évaluation des mesures de restauration comme en ont discuté Gallet et al. (2010)

Pour chaque paramètre édaphique une gamme de valeurs est donnée pour le groupe 1, qui constitue la référence à proprement parler.

Tableau 16: Gammes de valeurs édaphiques pour la référence finale

Paramètre	Groupe 1 référence
pH	De 4 à 5
Matière organique (%)	De 13 à 81%
Densité apparente	De 0,16 à 0,78

Pour les paramètre édaphiques il est aussi possible de tracer une trajectoire de restauration en utilisant les données des sites restaurer pour commencer une modélisation par régression non linéaire, en utilisant les valeurs médianes de la référence comme asymptote afin de pouvoir estimer une trajectoire de restauration (Matthews et al. 2009) et de pouvoir mettre en place un plan de suivi.

Il est avéré que les processus biogéochimiques sont plus lents à s'établir que les communautés de végétation en particulier lors de la restauration d'un site dégradé (Kentula 2000, Patterson et Cooper 2007, Moreno-Mateos et al. 2012). Il est donc important de considérer lors de l'utilisation de ce panel de références botaniques et édaphiques que la réponse du sol à la restauration est plus lente que celle de la végétation. Par ailleurs au vu des resultats concernant la matière organique et la densité apparente on peut se demander s'il y a corrélation de ces deux paramètres avec le niveau de dégradation.

On peut se poser la question de l'extrapolation du référentiel à l'ensemble des prairies du Finistère se trouvant dans un contexte hydrogéologique (et climatique hors Finistère) similaire. En effet l'utilisation du tableau phytosociologique pour comparer les relevés implique que l'association vers laquelle tend la végétation doit être le *Junco acutiflori Cynosuretum cristati* Sougnez (1957).

4 Conclusion

Zones sensibles et riches d'enjeux, les zones humides nécessitent une attention particulière, voir même une restauration quand c'est possible si elles ont été dégradées. L'écologie de la restauration est une science nouvelle et en plein essor. Il est donc important de comprendre les succès comme les échecs des mesures de restauration et réhabilitation déjà effectuées. C'est dans ce contexte qu'au cours de ce stage deux aspects de l'évaluation de restauration de zones humides ont été mis en œuvre :

En premier lieu l'évaluation d'une technique de restauration par semis et transfert de foin, sur une ancienne parcelle céréalière, dans le but de la restaurer en prairie humide. Au cours de cette étude de la banque de graines et de l'efficacité des différents traitements mis en œuvre (décapage du sol, type de semis/transfert de foin vs témoins), il a pu être montré qu'en fonction des objectifs de restauration, le transfert de foin ou le fait de laisser la banque de graine s'établir, se présentent comme deux techniques parfaitement satisfaisantes. Cette étude a pu aussi montrer dans ce cas précis que les semis d'espèces ou de mélanges issus du commerce, ne sont pas une nécessité et qu'ils peuvent aussi s'avérer être inadaptés. L'utilisation d'une source de propagules issue d'un transfert de foin local, peut en effet permettre d'éviter le risque d'introduction d'espèces exotiques ou indésirables.

En second lieu l'étude sur la création d'un panel de références pédologiques et botaniques a été menée dans le but de proposer un outil pour évaluer sur le long terme, en matière de botanique et de paramètres édaphiques, les mesures de restauration en cours mis en place par le Réseau d'Expérimentation sur la Réhabilitation de Zones humides en Finistère. Il est apparu après analyse qu'une partie seulement des données récoltées pouvait satisfaire le « bon état écologique » exigé pour une référence. Concernant l'utilisation de ce référentiel, le recours à la phytosociologie, en prenant en compte la présence d'espèces indicatrices de dysfonctionnement dans le relevé, s'est révélé être la meilleure solution pour évaluer la végétation. Les paramètres édaphiques ont été présentés sous forme de gammes de valeurs en fonction de l'état des végétations où les prélèvements ont eu lieu. Le groupe 1 constitue ainsi la référence à proprement parler dans un premier temps au niveau de la végétation puis dans un second temps au niveau des paramètres édaphiques. Les sites restaurés dans le cadre du RERZH devraient donc faire l'objet d'un suivi annuel en prenant comme élément de comparaison le tableau phytosociologique (annexe 5) et les paramètres édaphiques du groupe 1 du référentiel.

Le travail présenté dans ce mémoire a donc dans un premier temps permis l'évaluation de technique de restauration dans le but de rétablir un couvert végétal sur une ancienne

parcelle céréalière, et dans un deuxième temps la création d'un panel de référence pédologiques et botanique dans le but d'évaluer ces deux aspects de la restauration qui font partie des trois aspects les plus contrôlés lors de l'évaluation des mesures de restauration. (SER 2004, Ruiz-Jaén et Aide 2005). Néanmoins en parallèle de ce travail plusieurs autres études ont été menées et sont toujours en cours concernant notamment l'hydrologie et la chimie du sol et des flux hydriques, ou encore le cortège faunistique inhérent au site (entomologie, mammalogie...). L'évaluation des mesures de restauration ne suivent que rarement la totalité du Primer SER (2004) (Ruiz-Jaén et Aide 2005) cependant dans le cadre du RERZH on pourra remarquer la diversité des indicateurs qui ont été mis en œuvre dans le but de rendre compte d'une manière globale l'état d'un écosystème après restauration.

Bibliographie :

- Abreal A., (2008) Les Micaschistes du Conquet et ses grenats : métamorphisme de collision J. of Pers. Mineralogist, vol.07, page 21-36.
- Barkman J.J., Doing H., Segal S., (1964) - Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. Acta Botanica Neerlandica, 13 : 394-419.
- Bossuyt, B., Honnay, O., (2008) Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. Journal of Vegetation Science., Vol. 19 Issue 6, p875-884. 10p.
- Bouzillé J.B., (2007) Gestion des habitats naturels et biodiversité: concepts, méthodes et démarches. Lavoisier
- Braun-Blanquet J., (1928) - Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Biologische Studienbücher 7, Berlin, 330 p.
- Bruland G.L., Richardson C.J., (2006) Comparison of soil organic matter in created, restored and paired natural wetlands in North Carolina - Wetlands Ecology and Management, 14, 3, pp 245-251.
- Capdevila R., (2010) Les granites varisques du Massif Armoricaïn. Bulletin de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne, Société Géologique et Minéralogique de Bretagne, Série D (7), pp.1-52.
- Chevalier J. (2014) Création d'un référentiel écologique pour l'évaluation du succès d'opérations de réhabilitation de zones humides. Agricultural sciences. <dumas011008429>.
- Confer S.R., Niering W.A., (1992.) Comparison of created and natural freshwater emergent wetlands in Connecticut (U.S.A.). Wetlands Ecol Manage 2,143-56
- Cristofoldi S., Mahy G., (2010) Restauration écologique: contexte, contrainte et indicateurs de suivi. Biotechnologies Agronomie Société Environnement. 14(1),203-211
- Coote DR., et Ramsey JF., (1983) Quantification of the effect of over 35 years of intensive cultivation on four soils. Canadian Journal of Soil Science, 63(1): 1-14.
- De Foucault B., Catteau E., (2012) Contribution au podrome des végétations de France les *Agrostietea Stoloniferae* Oberd. 1983. J. Bot. Soc. Bot. France 59 : 5-131
- De Foucault 1984, Systémique, structuralisme et synsystématique... h.t., publié in de Foucault (2008, J. Bot. Soc. Bot. France 43 : 52).

Delassus L., Magananon S., Colasse V., Glemarec E., Gutton H., Laurent E., Thomassin G., Vallet J., Bioret F., Catteau E., Clement B., Diquelous S., Felzines J.-C., De Foucault B., Gauberville C., Guillevic Y., Gaudillat V., Haury J., Royer J.-M., Geslin J., Goret M., Hardegen M., Lacroix P., Reimringer K., Waymel J., Zambettakis C., (2014) - Classification physionomique et phytosociologique des végétations de Basse-Normandie, Bretagne et Pays de la Loire. Cahiers techniques et scientifiques du Conservatoire botanique national de Brest, n°1

Gallet S., Bioret F., Sawtschuk J., (2011) La restauration des végétations des hauts de falaises du littoral Atlantique, vers une évaluation globale. Sciences Eaux et Territoires 5, 12-19

Gallet S., Bioret F., Fichaut B., Sawtschuk J., (2010) La phytosociologie, outil pertinent pour le suivi de la restauration écologique ? Revue Forestière Française 52(3-4), 409-416.

Grime J.P., Hodgson J.G., Hunt R., (2007) Comparative plant ecology a functional approach to common British species. Second edition Castelpoint Press, pp.372-373.

Hardi P., Pinter L., (1995). Models and methods of measuring sustainable development performance : revised draft discussion report prepared for the Sustainable Development Coordination Unit, Executive Council, Government of Manitoba. International Institute for Sustainable Development ; IISD. 35.

Jaunatre R., Buisson E., Muller I., Morlon H., Mesléard F., Dutoit T., (2013) New synthetic indicators to assess community resilience and restoration success. Ecological Indicators 29, 468-477.

Kentula M. E., (2000), Perspectives on setting success criteria for wetland restoration. Ecological engineering 15, 199-209.

Klimkowska A., Van Diggelen R., Bakker J.P., Grootjans A.P., (2007) Wet meadow restoration in western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. Biological conservation 140, 318-328.

Low A.J. (1972). The effect of cultivation on the structure and other physical characteristics of grassland and arable soils. J Soil Sci 23:363-80.

Maas D., Schopp-Gut A., (1995) Seed banks in fen areas and their potential use in restoration ecology B.D. Wheeler, S.C. Shaw, W. Fojt, R.A. Robertson (Eds.), Restoration of Temperate Wetlands, Wiley, Chichester, pp. 189-206.

McDonald A.W., Bakker J.P., Vegelin K.J. , (1996) Seed bank classification and its importance for the restoration of species-rich flood-meadows Journal of Vegetation Science, 7, pp. 157-164.

Matthews J., Spyreas G., Endress A., (2009) Trajectories of vegetation-based indicators used to assess wetland restoration progress. Ecological Applications, 19(8), pp. 2093-2107

- Mermet L., Barnaud G., (1996) Les systèmes de caractérisation des zones humides : construire l'expertise sous pression politique, *Natures Sciences Sociétés* 5(2), 31–40
- Meyer, C. K., S. G. Baer, and M. R. Whiles. (2008). Ecosystem recovery across a chronosequence of restored wetlands in the Platte River valley. *Ecosystems* 11:193–208.
- Millennium Ecosystem Assessment, (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Moreno-Mateos D., Power M.E., Comin F.A., Yockteng R., (2012) Structural and Functional Loss in Restored Wetland Ecosystems. *PLoS Biol* 10(1): e1001247. doi:10.1371/journal.pbio.1001247
- Müller S. (2008) Un groupement végétal original de moliniaie primaire à *Tephrosia helenitis* et *Carex umbrosa* sur affleurement de serpentine dans le Massif vosgien. *Bull. Soc. Nat. luxemb.* 109
- Newman, E.I., Miller, M.H., (1977). Allelopathy among some British grasslands species. II Influence of root exudates on phosphorus uptake. *J Ecol*; 65:399-411.
- Noss, R.F., (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*. 4, 355–364.
- Oberdorfer, E. (1983) *Agrostietea stoloniferae*. *Süd-deutsche Pflanzengesellschaften* 3: 317
- Palmer, M. A., Bernhardt, E. S., Allan, J. D., Lake, P. S., Alexander, G., Brooks, S., ... & Sudduth, E. (2005). Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of applied ecology*, 42(2), 208-217.
- Patterson L., Cooper D.J., (2007) The use of hydrologic and ecological indicators for the restoration of drainage ditches and water diversion in a mountain fen Cascade Range, California. *Wetlands*, Vol. 27, No. 2, June 2007, pp. 290–304
- Peterson, G., C. R. Allen, et C. S. Holling. (1998). Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems* 1, 6–18.
- Prach K., Del Moral R., (2015). Passive restoration is often quite effective : response to Zahawi et al. (2014) *Restoration Ecology* Vol. 23, No. 4, pp. 344–346.
- Prach, K., et Hobbs, R.J., (2008). Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. *Restoration Ecology*. 16(3) :363-366.
- Ramsar (1971) Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2013. *Le Manuel de la Convention de Ramsar: Guide de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971)*, 6e édition. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gand, Suisse.
- Remison, S. U. et Snaydon, R. W., (1980). A comparison of root competition and shoot competition between *Dactylis glomerata* and *Holcus lanatus*. *Grass and Forage Science* 35:183-187.

Ruiz-Jaén M.C., Aide M.T., (2005), Restoration Success: How is it being measured? *Restoration Ecology* 13(3),569-577.

SER (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration (available from <http://www.ser.org>) accessed in July 2005. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona.

Silva J.P., Phillips L., Jones W., Eldridge Jon., O'Hara E. (2007) LIFE and Europe's wetlands, restoring a vital ecosystem. *European Communities*

Short F.T., Burdick D.M., Short C. a, Davis R.C. & Morgan P. a., (2000) .Developing success criteria for restored reedgrass, salt marsh and mud flat habitats. *Ecological Engineering*, 15, 239–252.

Sougnéz (1957) *Lectotypus nominis : Junco acutiflori – Cynosuretum cristati* (Carte Vég. Belgique : 1-74). Prairies pâturées peu caractérisées, acidiclinales à acidiphiles.

Sudnik-Wojcikowska B., (2011). Rosliny synantropijne Flora Polski. Multico oficyna wydawnicza.

Ter Heerdt, G., Verweij, G., Bekker, R. and Bakker, J. (1996) An Improved Method for Seed-Bank Analysis: Seedling Emergence After Removing the Soil by Sieving . *Functional Ecology* 10 : 144-151

Valkó O., Török P., Tóthmérész B., Gábor M., (2011) Restoration Potential in Seed Banks of Acidic Fen and Dry-Mesophilous Meadows: Can Restoration Be Based on Local Seed Banks? *Restoration Ecology* Vol. 19, No. 101, pp. 9–15.

White P.S., Walker J.L., (1997) Approximating nature's variation: Selecting and using reference information in restoration ecology. *Restoration Ecology* 5 (4), 338-349

Annexe I : Poster SER experimentation Fontaine Margot



UBO
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE
F I N I S T È R E

Experimental restoration of a former crop field to wet meadow by sowing and hay transfer.

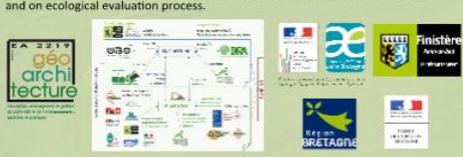
Thiry, J.^{1,2}, Gallet, S.¹, Dausse, A.³
¹ EA 2219 Geoarchitecture, University of Western Brittany (UBO), Brest, France
² Agrocampus Ouest/ ISAHP, Master GE-SHE, Rennes – Angers, France
³ Forum des Marais Atlantiques, CAMA 29, Brest, France



SER 2015
23-27 August Manchester UK

Context

This project is included in the *Experimental Network for Wetland restoration* in the Finistère. This Network is aimed to give a scientific and technic support to site managers who implement restoration project. It mobilises different technical, scientific, political partners and founders. The CAMA (Coordination Unit on Aquatic Environment, Wetland section) coordinates the program. The Research team EA 2219 brings its scientific support, notably in term of experiment and surveys designs and on ecological evaluation process.



Site : "La Fontaine Margot"

Project Manager:
Brest Métropole Aménagement assisted by Brest Métropole
Location: City of Brest
Context: ecological compensation of urban extension
Surface: 4ha including 2ha of wetland
Initial state: Crop field partially backfilled and drained
Goal: Rehabilitation of a functional wet grassland
Specific stake: Water quality and biodiversity



Experimental design

Rehabilitation experiment consist in :

- Backfill export (BE)
- Application of 5 different treatments, repeated 3 times on 12 meters large bands:
 - ✓ Control : spontaneous colonisation
 - ✓ RG 3 : seeding with 3g/m² of Italian raygrass
 - ✓ RG 25 : seeding with 25g/m² of Italian raygrass
 - ✓ CM : Commercial mixture of "wetland seeds" 3g/m²
 - ✓ HT : Hay transfer

Hay was harvested in July 2014 in a closeby reference wet grassland. Site preparation (especially backfill export) was made in September 2015. Sowing and hay transfer were made in the beginning of October 2014.

Surveys started in 2015 and are planned for at least 3 years.



Vegetation

In each treatment plot, vegetation relevés (% total cover, % of cover for all present species) were made on 5 quadrats (1*1m) and 6 for control plots. The first vegetation surveys were made in June 2015.

Surveys

Seed bank
Previous to sowing and hay transfer, 10 cm cores (Ø 5cm) were taken in the top soil and spread on a sterilised growing support, then put in a glasshouse for seedling emergence observation (for about 6 months). Cores from a reference undegraded (1km far) site were also observed. Seed content of the transferred hay was also monitored in the same way after biomass sorting.



Vegetation dynamics

	Control BE	Hay transfer BE	Com. mix. BE	RG25 BE	RG3 BE
Mean specific richness (m ²)	11	11	7	9	5
Total specific richness	41	34	26	16	22
Target species (nb/m ²)	10	9	7	2	3
Target species (total number)	9	10	10	4	2
Total vegetation cover (%)	52.5	31	81	56.3	64
Target species cover (%)	53.7	39	33.1	17.5	11.4

General parameters of the vegetation, observed in each treatment. Formally backfilled (BE) parts are considered separately.

Target species : Determining species for wetland identification according to French legislation (article L211-3 of environmental code)

Agrostis stolonifera / *Cardamine pratensis* / *Carex lasiocarpa* / *C. leporina* / *C. echinata* / *Convolvulus sepium* / *Epilobium parviflorum* / *E. tetragonum* / *E. obscurum* / *Glyceria fluitans* / *Hypericum humifusum* / *Isolabis setacea* / *Juncus acutiflorus* / *J. bufonius* / *Lotus pedunculatus* / *Myosotis secunda* / *Oenanthe crassicaulis* / *Panicum turgidum* / *Ranunculus flammula* / *R. repens* / *Stellaria alba*

Mean species richness

Treatment	Stripped grass (n=10)	Control	RG3	CM	RG25	HT	BE
Control	A	B	C	D	E	F	G
RG3	A	B	C	D	E	F	G
CM	A	B	C	D	E	F	G
RG25	A	B	C	D	E	F	G
HT	A	B	C	D	E	F	G
BE	A	B	C	D	E	F	G

Total vegetation cover

Treatment	Stripped grass (n=10)	Control	RG3	CM	RG25	HT	BE
Control	A	B	C	D	E	F	G
RG3	A	B	C	D	E	F	G
CM	A	B	C	D	E	F	G
RG25	A	B	C	D	E	F	G
HT	A	B	C	D	E	F	G
BE	A	B	C	D	E	F	G

Target mean species richness

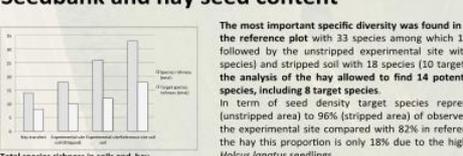
Treatment	Stripped grass (n=10)	Control	RG3	CM	RG25	HT	BE
Control	A	B	C	D	E	F	G
RG3	A	B	C	D	E	F	G
CM	A	B	C	D	E	F	G
RG25	A	B	C	D	E	F	G
HT	A	B	C	D	E	F	G
BE	A	B	C	D	E	F	G

Statistical groups obtained by ANOVA (Tukey and Dunnett tests) on species richness and vegetation cover.

Seedbank and hay seed content

The most important specific diversity was found in the seedbank of the reference plot with 33 species among which 18 target species, followed by the unstripped experimental site with 26 (12 target species) and stripped soil with 18 species (10 target species). Finally the analysis of the hay allowed to find 14 potentially transferred species, including 8 target species.

In term of seed density target species represent from 64% (unstripped area) to 96% (stripped area) of observed germination in the experimental site compared with 82% in reference soil cores. In the hay this proportion is only 18% due to the high share (81%) of *Holcus lanatus* seedlings.



Hay transfer	13% Common Bore (Agrostis alba) / 81% common velvet grass (Holcus lanatus) / 2% of floating seeds (Sisymbrium officinalis)
Experimental site soil (stripped)	76% of diverse species (Sisymbrium) / 24% diverse species
Experimental site soil	57% of seed mix (Sisymbrium) / 4% Broadleaf plantain (Plantago major) and 4% of borage (Echium vulgare) among other (Sisymbrium) species
Reference site soil	50% of diverse species (Sisymbrium) / 30% of creeping buttercup (Ranunculus repens) / 8% common velvet grass (Holcus lanatus) / 1% of dot floating seed (Sisymbrium officinalis)

Main species in seed bank and hay (% of observed germinations)



Conclusions

In this study both field experimentation and seed bank studies showed that, when backfill export is not demanded, seedbank previously contained in the soil could be efficient enough to restore a former crop field into a wet meadow with an appropriate cover and species diversity.

When backfill export is required, hay transfer appears, here, to be the best solution, if a diverse and dense cover of perennial meadow species is the main goal to achieve.

This study globally shows that sowing different types of commercial seed mixes or species is not necessarily required in terms of both plant diversity and vegetation cover. The use of high density of sowing or the use of mix of seeds rather than monospecific sowing, does not present any benefit. Seeds and sowing costs would thus be avoided as well as the risk of bringing undesirable plants such as exotic species or varieties. Moreover hay transfer ensures a local origin of propagules and a satisfying winter cover and should be preferred when seed input appears necessary.

This first results should of course be confirmed with long term monitoring and with others parameters such as hydrology, soil chemistry and fauna observations.

Contacts : Sebastien.gallet@univ-brest.fr
thiry.jos@hotmail.fr
ADausse@forum-marais-atl.com

More informations on: <http://zoneshumides29.fr/reseaux2.html>

Acknowledgements
 Authors thanks the **Brest Métropole Natural area service** for their collaboration and the students of the Master 2 "Management and Conservation of Biodiversity (GCBio, Brest)", for their contribution to seed bank analysis

Annexe II : Banque de graines nombre de germination/m²

	TF Moy	*	FM dec Moy	/m ²	FM non dec Moy	m ²	Ref Moy	/m ²
<i>Agrostis canina</i>	0,00	*	0,1	18	0,0	0	0,0	0
<i>Agrostis stolonifera</i>	5,11	*	0,5	66	0,5	66	0,1	13
<i>Angelica sylvestris</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	0	0,0	0
<i>Cardamine flexuosa/hirsuta</i>	0,09	*	0,0	0	0,2	24	0,1	17
<i>Carex laev/echi/leporina</i>	0,00	*	0,3	35	0,0	0	0,4	51
<i>Cirsium palustre</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	0	0,0	4
<i>Epilobium obsc/tetra</i>	0,14	*	0,0	0	0,2	24	0,6	73
<i>Glyceria fluitans</i>	0,91	*	0,0	0	0,0	0	0,8	98
<i>Helosciadum nodiflorum</i>	0,09	*	0,0	0	0,0	5	0,4	47
<i>Hypericum humifusum</i>	0,00	*	0,6	75	0,0	5	0,0	0
<i>Isolepis setacea</i>	0,00	*	1,5	190	0,2	28	0,2	21
<i>Juncus acutiflorus</i>	0,00	*	0,2	22	0,5	66	1,3	167
<i>Juncus buffonius</i>	0,43	*	8,3	1070	11,9	1529	2,6	333
<i>Juncus effusus</i>	0,03	*	0,9	115	0,1	9	0,6	81
<i>Juncus sp.</i>	0,00	*	3,0	380	0,0	0	6,3	812
<i>Lotus pedunculatus</i>	0,00	*	0,1	13	0,0	5	0,5	64
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	0	0,3	38
<i>Montia fontana</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	0	0,0	0
<i>Oenanthe croccata</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	0	0,3	38
<i>Ranunculus flammula</i>	0,00	*	0,0	0	0,1	9	0,4	56
<i>Ranunculus repens</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	0	1,9	248
<i>Stellaria alsine</i>	0,43	*	0,0	0	0,5	62	1,3	162
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	0	0,0	0
<i>Cerastium glomeratum</i>	0,00	*	0,0	0	0,2	28	0,1	9
<i>Coronopus didymus</i>	0,00	*	0,0	0	0,1	14	0,0	0
<i>Geranium sp.</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	0	0,0	4
<i>Holcus lanatus</i>	32,97	*	0,2	22	0,0	0	1,8	227
<i>Kickxia elatine</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	5	0,0	0
<i>Lysimachia arvensis</i>	0,00	*	0,1	9	0,0	0	0,0	0
<i>Oxalis sp.</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	5	0,2	30
<i>Persicaria sp.</i>	0,00	*	0,0	0	0,3	43	0,0	4
<i>Plantago lanceolata</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	0	0,3	43
<i>Plantago major</i>	0,00	*	0,1	9	0,9	114	0,1	9
<i>Poa annua</i>	0,26	*	0,0	4	4,7	603	0,6	81
<i>Poa trivialis</i>	0,11	*	0,0	0	0,0	0	0,0	0
<i>Polygonum aviculare</i>	0,00	*	0,2	22	0,4	57	0,1	9
<i>Rumex acetosa</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	0	0,2	26
<i>Rumex obtusifolius</i>	0,03	*	0,0	0	0,1	14	0,0	4
<i>Schenodorus arundinaceus</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	0	0,1	17
<i>Solanum nigrum</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	5	0,0	0
<i>Sonchus asper/oleraceus</i>	0,00	*	0,0	4	0,0	5	0,0	4
<i>Trifolium sp</i>	0,00	*	0,0	0	0,0	0	0,1	13
<i>Urtica dioica</i>	0,09	*	0,0	4	0,0	0	0,2	30
<i>Veronica arvensis</i>	0,00	*	0,0	0	0,1	9	0,0	0
<i>Veronica persica</i>	0,03	*	0,1	13	1,0	128	0,0	0
<i>Vicia sp</i>	0,00	*	0,0	0	0,1	9	0,0	0

<i>Sherardia arvensis</i>	0	0	0,05	0	0,3	0	0	0	0	2,5
<i>Silene dioica</i>	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,0
<i>Sonchus asper</i>	0,3	0,05	0,1	0	1,1	0,2	0	0	0	0,3
<i>Sonchus oleraceus</i>	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0
<i>Taraxacum gp. Officinale</i>	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,0
<i>Trifolium hybridum</i>	0	74	0	0	0,0	0	12	0	0	0,0
<i>Trifolium repens</i>	0	0	0,2	0,2	0,2	0	0	0,4	0	2,3
<i>Trifolium sp</i>	0	5,3	0,1	0	0,0	0	3,8	0,2	0	0,0
<i>Triticum sp.</i>	0,05	0,45	0,05	0,35	2,8	0	0	0	0	0,3
<i>Ulex europaeus</i>	0	0	0	0	0,0	0	1,6	1,2	0,6	3,5
<i>Veronica arvensis</i>	0	0,5	0	0,05	0,1	0,6	0	0	0,4	0,5
<i>Veronica persica</i>	0,05	0,25	2,7	2,1	2,9	0,5	0	0	0	3,2
<i>Veronica serpyllifolia</i>	0	0	0	0,15	0,5	0	0	0	0	0,2

Annexe IV : Données de sol panel de références

	pH	% matière organique	Densité apparente
CC1b	5,0	15,5	0,71
FMR1a	4,6	10,7	0,87
COR3c	4,5	23,6	0,34
BOU1b	4,5	26,9	0,48
FM4b	4,7	8,5	no data
BOR2c	5,4	10,7	0,92
COR4a	4,8	33,2	0,39
CC1a*	4,5	13,4	0,8
CC4c*	4,3	7,4	1,02
COR5b*	5,4	24,8	0,5
BOR5c*	4,3	24,1	0,6
COR6d*	5,1	24,0	0,47
CC5a*	4,7	8,2	1,13
FM2a*	4,2	8,4	0,79
CC1c	4,2	18,7	0,64
CC2d	4,6	58,7	0,21
COR1b	5,4	22,2	0,39
COR2a	4,4	14,3	0,7
COR2b	4,4	21,2	0,53
COR2c	4,5	36,7	0,41
FM2c	4,4	6,0	0,76
COR3d	4,2	27,4	0,27
COR4b	5,2	44,7	0,23
FM4a	4,6	21,1	0,78
FM4c	4,4	9,5	0,97
COR6a	5,0	20,9	0,56
COR6b	5,2	46,1	0,28
COR6c	5,1	21,6	0,51
BOR3c	4,8	80,1	0,16
CC2a	4,3	38,8	0,34
CC3a	4,4	11,8	0,9
FMR1b	5,0	44,1	0,31
FM2d	4,3	37,6	0,22
COR3b	4,3	23,5	0,41
BOR3b	4,8	57,7	0,22
BOR4a	4,3	60,2	0,28
CC3b	4,5	30,0	0,53
CC4a	4,1	15,0	0,71
COR1a	4,4	15,2	0,61
BOR5a	5,2	15,2	0,67
CC3c	4,5	15,9	0,96
CC4b	4,3	8,5	0,95

CC6a	4,4	12,3	0,87
CC6b	4,6	10,4	0,79
BOU1a	5,0	13,3	1
CC5b	4,8	9,2	0,94
COR3a	4,3	15,2	0,84
COR5a	5,7	23,5	0,55
BOR2a	5,0	7,9	0,81
BOR2b	5,2	9,1	0,23
FM2b	4,6	7,6	0,4
BOR6a	3,9	68,4	0,2
BOR6b	3,8	74,6	0,19
CC2b	no data	no data	no data
FMR1d	no data	no data	no data
FMR1e	no data	no data	no data
BOR5b*	4,2	12,0	0,91
CC2c	4,7	12,9	0,91

Annexe V : Tableau phytosociologique des relevés panel de référence

	CC1b	FMR1d	COR4a	FM4b	COR3c	BOR2c	FMR1a	BOU1b	CC4c	FM2a	CC1a	CC5a	COR5b	COR6d
<i>Junco Acutiflori - Cynosuretum crisati typicum</i>														
Juncus acutiflorus Ehrh. ex Hoffm.	2	2	3	2	2	2	1	.	+	2	2	2	2	.
Juncus effusus L.	1	+	1	2	3	.	.	2	.	.	.	2	.	.
Ranunculus flammula L.	.	.	.	.	1	+	.	1	.	.	2	.	.	.
Lotus pedunculatusCav.	1	1	.	2	.	.	1	.	1	2	2	+	+	2
Cirsium palustre (L.) Scop.	1	.	1	.	.	.	.	1	2	1	1	.	.	1
Lolium perenneL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cynosurus cristatus L.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Junco Acutiflori - Cynosuretum crisati Scorzoneretosum humilis</i>														
Carex ovalisGooden.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	2	2	1	.
Agrostis canina L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Trocdaris verticillatum (L.) Raf.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scorzonera humilis L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex echinataMurray	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hydrocotyle vulgaris L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Wahlenbergia hederacea (L.) Rchb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex laevigataSm.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
Carex nigra L. Reichard	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dactylorhiza maculata (L.) Soó	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juncus conglomeratus L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Glyceria fluitans (L.) R.Br.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.
Alopecurus geniculatus L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Helosciadium nodiflorum (L.) W.D.J.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Eleocharis palustris(L.) Roem. & Sc	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Anthoxanthum odoratum L.	.	2	1	1	.	2	2	.	2	2	2	.	2	1
Agrostis stolonifera L.	1	.	.	2	3	.	.	2	.	2	1	2	.	1
Cardamine pratensis L.	.	1	.	.	.	2	1	.	.	.	.	2	.	2
Cerastium fontanum Baumg.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Galium palustre L.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	+	.	.	.	+
Holcus lanatus L.	2	+	2	2	+	1	+	2	2	2	2	2	1	1
Lychnis flos-cuculi L.	+	.	+	.	.	.	+	.	.	.	1	.	.	.
Plantago lanceolataL.	2	2	1	.	.	+	2	.	1	.	2	2	.	.
Poa trivialis L.	2	.	+	.	.	.	.	.	.	.	2	2	.	1
Ranunculus acrisL.	.	1	.	+	.	.	1	.	2	.	.	.	.	+
Ranunculus repens L.	2	.	.	1	1	2	.	2	2	.	2	2	.	+
Rumex acetosa L.	2	.	1	1	+	2	.	1	2	.	2	.	1	1
Trifolium pratenseL.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium repensL.	.	2	.	.	.	.	1	.	.	1	.	2	.	.
Agrostis x murbeckii Fouill.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.
Myosotis secundaA.Murray	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.

Festuca rubra subsp. Rubra	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.
Luzula campestris (L.) DC.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Luzula multiflora(Ehrh.) Lej.	.	+	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.
Angelica sylvestris L.	2	.	2	2	2	.	.	1	.	.	2	.	1 1
Holcus mollisL.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Eupatorium cannabinum L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Convolvulus sepium L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium aparine L.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rubus gp. Fruticosus	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rumex obtusifoliusL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Coniza sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cardamine flexuosa With.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
Cirsium vulgare(Savi) Ten.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Geranium dissectum L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Plantago majorL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Urtica dioica L.	1	.	.	+	.	.	.	1	.	.	.	.	.
Scrophularia auriculata L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sonchus arvensis L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dactylis glomerata L.	2	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	.	+
Bromus hordeaceusL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Potentilla erecta (L.) Räusch.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.
Bromus racemosus L.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Callitriche sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex paniculata L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cerastium glomeratum Thuill.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Conopodium majus (Gouan) Loret	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Epilobium tetragonum/ obscurum	.	.	+	.	.	.	.	1	.	.	.	.	+
Equisetum arvense L.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Equisetum palustre L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Geranium sp	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Heracleum sphondylium L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hypericum tetrapterumFr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Isolepis setacea (L.) R.Br.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Iris pseudoacorus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juncus bufonius L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juncus bulbosus L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lathyrus pratensisL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lolium multiflorum Lam.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lotus corniculatusL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lycopus europaeusL.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Mentha suaveolensEhrh.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Oenanthe crocata L.	2	+	.	+	2	.	+	.	.	.	.	.	+
Persicaria hydropiper (L.) Spach	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Potentilla reptans L.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Quercus robur L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rumex crispus L.	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.
Rumex x pratensis Mert. & W.D.J.Koc	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Salix atrocinereaBrot.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Schedonorus arundinaceus (Schreb.)	.	.	1	2	.	.	+	.	.	.	.	.	2

Plantago lanceolataL.	.	+	.	1	2	+	+	1	.	.	1	2	.	1	.	+	+
Poa trivialis L.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	1	+	.	.	+	.	.
Ranunculus acrisL.	+	.	.	.	.	+	1	+	.	2	+	1	+	+	1	+	.
Ranunculus repens L.	2	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	+	+	.	.	+	1
Rumex acetosa L.	.	.	2	+	1	.	+	2	2	.	+	1	.	+	+	.	.
Trifolium pratenseL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium repensL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
Agrostis x murbeckii Fouill.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Myosotis secundaA.Murray	.	.	.	1	2	.	.	.	.	.	+	.	2	.	.	.	.
Festuca rubra subsp. Rubra	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Luzula campestris (L.) DC.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Luzula multiflora(Ehrh.) Lej.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	2	+	1	+	.
Angelica sylvestris L.	.	2	.	.	2	.	2	1	2	1	.	.	2	.	.	.	.
Holcus mollisL.	.	.	.	1	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Eupatorium cannabinum L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Convolvulus sepium L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.
Galium aparine L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rubus gp. Fruticosus	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rumex obtusifoliusL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Coniza sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cardamine flexuosa With.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cirsium vulgare(Savi) Ten.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Geranium dissectum L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Plantago majorL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Urtica dioica L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scrophularia auriculata L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sonchus arvensis L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dactylis glomerata L.	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bromus hordeaceusL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Potentilla erecta (L.) Räusch.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	+	1	1	.
Bromus racemosus L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Callitriche sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex paniculata L.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Cerastium glomeratum Thuill.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Conopodium majus (Gouan)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
loret	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Epilobium tetragonum/ obscurum	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
Equisetum arvense L.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Equisetum palustre L.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Geranium sp	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Heracleum sphondylium L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hypericum tetrapterumFr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Isolepis setacea (L.) R.Br.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Iris pseudoacorus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juncus bufonius L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juncus bulbosus L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lathyrus pratensisL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Lolium multiflorum Lam.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lotus corniculatusL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Lycopus europaeusL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Eleocharis palustris(L.) Roem. & Sc	. 1 . . . . . +	. . . . .
Anthoxanthum odoratum L.	2 1 . 1 . . . . .	. . . . .
Agrostis stolonifera L.	2 2 . . . 3 . 1 . . 1 . . .	. . . . .
Cardamine pratensis L.	. 1 . . 1 . 1 . 1 1 1 . . .	. . . . .
Cerastium fontanum Baumg.	. 1 1 . . . . .	. . . . .
Galium palustre L.	. 1 . . 2 . . . . . . . . .	. . . . .
Holcus lanatus L.	2 3 3 1 + 2 2 1 . 1 . . .	. . . . .
Lychnis flos-cuculi L.	. . . . . . . . 1 . . . . .	. . . . .
Plantago lanceolataL.	1 . 1 . + . . . + . . . . .	. . . . .
Poa trivialis L.	1 . + . . . 1 + + . 1 . . .	. . . . .
Ranunculus acrisL.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Ranunculus repens L.	. 2 + 2 + 2 2 + . 1 + 1	. . . . .
Rumex acetosa L.	. + + + + . . . 2 .	. . . . .
Trifolium pratenseL.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Trifolium repensL.	2 . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Agrostis x murbeckii Fouill.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Myosotis secundaA.Murray	. + . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Festuca rubra subsp. Rubra	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Luzula campestris (L.) DC.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Luzula multiflora(Ehrh.) Lej.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Angelica sylvestris L.	. 1 . . 1 1 . 1 1 . .	. . . . .
Holcus mollisL.	. . . . . . . . + . . . . . . . . .	. . . . .
Eupatorium cannabinum L.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Convolvulus sepium L.	. + . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Galium aparine L.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Rubus gp. Fruticosus	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Rumex obtusifoliusL.	. . . . . . . . . . . . . . .	1 . . . 2
Coniza sp.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . 1
Cardamine flexuosa With.	1 . . . 1 . . . . . . . . . . .	. 1 . . .
Cirsium vulgare(Savi) Ten.	+ . . . . . . . . . . . . . . .	. 1 . . 1
Geranium dissectum L.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Plantago majorL.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Urtica dioica L.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . + 1
Scrophularia auriculata L.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . 1
Sonchus arvensis L.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Dactylis glomerata L.	. + . . . . . . . . . . . . . . .	. 1 . . .
Bromus hordeaceusL.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Potentilla erecta (L.) Räusch.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Bromus racemosus L.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Callitriche sp.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . 2
Carex paniculata L.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Cerastium glomeratum Thuill.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Conopodium majus (Gouan) Loret	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Epilobium tetragonum/ obscurum	+ + + + 2 2	. . . . .
Equisetum arvense L.	. . . . . 2 . . . . . . . . . . .	. . . . .
Equisetum palustre L.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Geranium sp	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Heracleum sphondylium L.	. . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Hypericum tetrapterumFr.	. . + . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Isolepis setacea (L.) R.Br.	2 . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .
Iris pseudoacorus	. . 1 . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . .

Glyceria fluitans (L.) R.Br.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	.	.	.	.
Alopecurus geniculatus L.	.	2	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Helosciadium nodiflorum (L.) W.D.J.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Eleocharis palustris(L.) Roem. & Sc	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Anthoxanthum odoratum L.	1	.	1	1	2	.	.	.	.	1	.	1	2	2	.
Agrostis stolonifera L.	.	2	1	3	2	2	1	1	2	2	.	2	.	.	.
Cardamine pratensis L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
Cerastium fontanum Baumg.	.	.	1	.	.	1	.	.	1	.	.	1	1	.	.
Galium palustre L.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Holcus lanatus L.	.	1	1	2	2	2	2	4	2	5	2	1	2	4	1
Lychnis flos-cuculi L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Plantago lanceolataL.	+	.	2	.	.	.	+	.	.	.	.	1	.	.	.
Poa trivialis L.	+	2	.	.	.	2	.	.	2	.	.	.	.	.	.
Ranunculus acrisL.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ranunculus repens L.	.	2	1	2	+	2	.	.	2	+	3	3	2	.	.
Rumex acetosa L.	2	.	1	+	.	.	1	+	.	.	.	1	1	1	1
Trifolium pratenseL.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Trifolium repensL.	.	.	2	.	.	2	.	.	2	.	.	.	.	.	.
Agrostis x murbeckii Fouill.	2	1	2	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.
Myosotis secundaA.Murray	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Festuca rubra subsp. Rubra	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.
Luzula campestris (L.) DC.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Luzula multiflora(Ehrh.) Lej.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Angelica sylvestris L.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2
Holcus mollisL.	.	.	2	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	1	2
Eupatorium cannabinum L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+
Convolvulus sepium L.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1
Galium aparine L.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
Rubus gp. Fruticosus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Rumex obtusifoliusL.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Coniza sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cardamine flexuosa With.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Cirsium vulgare(Savi) Ten.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Geranium dissectum L.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Plantago majorL.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Urtica dioica L.	+	.	.	+	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1
Scrophularia auriculata L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sonchus arvensis L.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dactylis glomerata L.	4	.	2	.	.	.	2	.	.	.	.	.	2	.	.
Bromus hordeaceusL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Potentilla erecta (L.) Räusch.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bromus racemosus L.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Callitriche sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex paniculata L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cerastium glomeratum Thuill.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Conopodium majus (Gouan) Loret	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
Epilobium tetragonum/ obscurum	1	.	.	.	.	1	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Equisetum arvense L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Equisetum palustre L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Geranium sp	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Heracleum sphondylium L.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.
Hypericum tetrapterumFr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Isolepis setacea (L.) R.Br.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.
Iris pseudoacorus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juncus bufonius L.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.
Juncus bulbosus L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lathyrus pratensisL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lolium multiflorum Lam.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.
Lotus corniculatusL.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lycopus europaeusL.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Mentha suaveolensEhrh.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Oenanthe crocata L.	.	.	.	.	.	1	+	.	+	.	.	.	1
Persicaria hydropiper (L.) Spach	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Potentilla reptans L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Quercus robur L.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rumex crispus L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rumex x pratensis Mert. & W.D.J.Koc	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.
Salix atrocinereaBrot.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Schedonorus arundinaceus (Schreb.)	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Solanum dulcamara L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Stellaria alsine Grimm	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Stellaria graminea L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Taraxacum officinaleF.H.Wigg.	.	+	1	.	.	.	.	+	+	2	.	.	.
Trifolium dubium Sibth.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Veronica chamaedrys L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Veronica sp	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Vicia sativa L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hypericum elodes L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+

	Diplôme : Ingénieur Spécialité : Génie de l'Environnement Spécialisation / option : Sol, Eau, Hydrosystèmes Enseignant référent : Jacques Haury
Auteur(s) : Joseph THIRY Date de naissance* : 22/03/1992	Organisme d'accueil : Université de Bretagne Occidentale Adresse :
Nb pages : 66 Annexe(s) : 5	UBO – Géoarchitecture CS 93837
Année de soutenance : 2015	29238 Brest cedex 3 Maître de stage : Sébastien Gallet
Titre français : Evaluation édaphique et botanique des mesures de réhabilitation de zones humides Titre anglais : Soil parameters and botanical evaluation of wetland rehabilitation	
Résumé (1600 caractères maximum) : Milieux sensibles et riches d'enjeux, les zones humides nécessitent une attention particulière et une restauration quand elles ont été dégradées. Ce mémoire présente dans une première partie l'évaluation de techniques de restauration du couvert végétal sur une ancienne parcelle céréalière par semis et transfert de foin avec ou sans décapage versus témoin. Le transfert de foin et les témoins sont apparus comme suffisant pour répondre aux exigences en matière de couvert végétal. Dans la seconde partie il traite de la création d'un panel de référence pédologique et botanique pour évaluer l'efficacité de la restauration à long terme. Cet outil est construit sur la base de données édaphique et botanique recueillies sur 21 parcelles de prairies humides en Finistère. Il propose une gamme de valeur référence pour les paramètres de sol ainsi que l'utilisation d'un tableau phytosociologie pour situer les relevés de sites restaurés ou en cours de restauration. Ces études s'inscrivent au sein du réseau d'expérimentation sur la réhabilitation de zones humide en Finistère en parallèle d'autres études sur l'hydrologie et la faune.	
Abstract (1600 caractères maximum) : <u>Sensitive and challenging areas, wetlands require a special attention, or even to be restored when they have been degraded. This work presents in a first part the evaluation of restoration techniques of vegetation cover on a former crop field by sowing and hay transfer with or without stripping versus control. It is shown in this study that control and hay transfert are the best treatments. In the second part it deals with the creation of a soil and botanical reference panel for evaluating the effectiveness of restoration in a long-term monitoring. This tool is built on the edaphic and botanical dataset collected on 21 wet meadows in Finistère, France. It gives a scale of values for edaphic parametrers and a phytosociological table to locate the restored site relevé. These studies fall within the experimental network on the rehabilitation of wetlands in Finistère among other studies on hydrology and wildlife.</u>	
Mots-clés : Prairies Humides, Restauration, Réhabilitation, Transfer de Foin, Evaluation, Panel de Références, végétation, paramètres édaphiques Key Words: Wet Meadows, Restoration, Rehabilitation, Hay-Transfer, Evaluation, References Panel, vegetation, soil parameters	

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