

Rapport de stage pour l'obtention
de la 2^{ème} année de Master

Le monitoring des zones humides en Europe:

Exemple de l'élaboration
d'une méthode de suivi de la végétation
intégrant les facteurs environnementaux
sur le Palus de Molua (*Gironde, France*)



Pauline Hervé

Août, 2012

Maître de stage : Fabrice Sin
Office National des Forêts

Remerciements

Je remercie François Bonnet, directeur de l'agence O.N.F. Landes-Nord Aquitaine, de m'avoir accueillie dans sa structure et Fabrice Sin, mon tuteur professionnel, pour l'aide et les conseils qu'il m'a donné afin que j'accomplisse la mission qui m'a été confiée.

Pour leur aide sur le terrain, leurs conseils et leur sympathie, je tiens à remercier François Bottin, Fabien Acquitter et Jean-Pierre Coste. Les connaissances qu'ils ont partagées avec moi m'ont permis de mieux appréhender le site d'étude. Je remercie également Didier Alard, enseignant chercheur à l'U.M.R. Biogeco (Université de Bordeaux 1) et Elsa Alfonsi, doctorante, pour m'avoir expliqué leur travail en début de stage, et notamment la méthodologie à employer, ainsi que pour leur appui technique concernant le traitement des données. Je suis reconnaissante à Benoit Destribats pour m'avoir aidé lors de mes analyses S.I.G. et de m'avoir expliqué le fonctionnement des outils qu'il utilise. Je remercie de manière générale toute l'équipe de l'agence O.N.F. Landes-Nord Aquitaine et du bureau d'Etude Territorial unité production Littorale pour l'accueil qu'elle m'a fait et pour l'agréable ambiance au bureau et sur le terrain. Je n'oublie pas non plus les stagiaires avec qui j'ai partagé des moments de travail et de détente.

J'adresse des remerciements tout particuliers aux scientifiques et aux professionnels français et étrangers qui m'ont aidé lors de mon stage en m'envoyant des publications, en répondant à mes e-mails ou à mes appels téléphoniques. Je tiens à citer notamment Emmanuel Corcket (U.M.R. Biogeco) et Marius Bottin (Irstea Bordeaux, Unité REBX) pour leurs conseils en statistiques, Paul Tinsley-Marshall et son collègue Jonathan Smith (Great Fen Project, Royaume-Uni) pour avoir envoyé leurs rapports d'étude et Lon Lommaert (Réserve Naturelle de Langdonken, Belgique) pour les documents qu'il m'a fourni en néerlandais et en anglais.

Je remercie l'équipe pédagogique I.M.A.C.OF. pour la formation dispensée pendant ces trois dernières années et les conseils professionnels qu'elle m'a donné. Un merci sincère également à Fanny Touzé, Caroline Paris et Maryse Georget pour leur soutien dans les démarches administratives et pour leur sympathie.

Enfin, je souhaite remercier ma famille et mes amis qui m'ont soutenue pendant mes études universitaires et sans qui je n'aurais pas pu présenter ce mémoire.

Préambule

Contexte de l'étude

Depuis une vingtaine d'années, la sensibilité du public et des acteurs à la protection de l'environnement s'est considérablement développée. Les méthodes de conservation et de restauration des écosystèmes naturels sont aujourd'hui bien connues mais il reste la question du suivi écologique – ou monitoring. En effet, il est important pour les gestionnaires d'espaces naturels de pouvoir évaluer, par exemple, l'état de santé d'un habitat ou de quantifier l'impact des travaux de restauration effectués sur une zone. La question est de savoir comment concevoir une méthode de suivi qui soit à la fois valable scientifiquement, reproductible année après année, simple d'utilisation et adaptable à différents sites. C'est dans ce contexte que l'Agence Nord-Aquitaine de l'Office National des Forêts (O.N.F.) m'a confié la mission de mettre au point une méthode de suivi des communautés végétales du Palus de Molua, un marais situé dans la Réserve Naturelle Nationale des Dunes et Marais d'Hourtin (Gironde), à 60 km environ au nord-ouest de Bordeaux. En 2010 et 2011, cette zone humide a fait l'objet de travaux de restauration afin d'ouvrir les milieux embroussaillés considérés historiquement comme très riches floristiquement. L'objectif à long terme est donc d'évaluer leur état de conservation.

La méthode, en plus de satisfaire les objectifs précédemment cités doit intégrer les facteurs environnementaux biotiques et abiotiques qui pourraient influencer le développement de la végétation. La figure I illustre ces interactions. Pour cette étude, seules la perturbation, l'hydrologie, la litière et la topographie sont prises en compte.

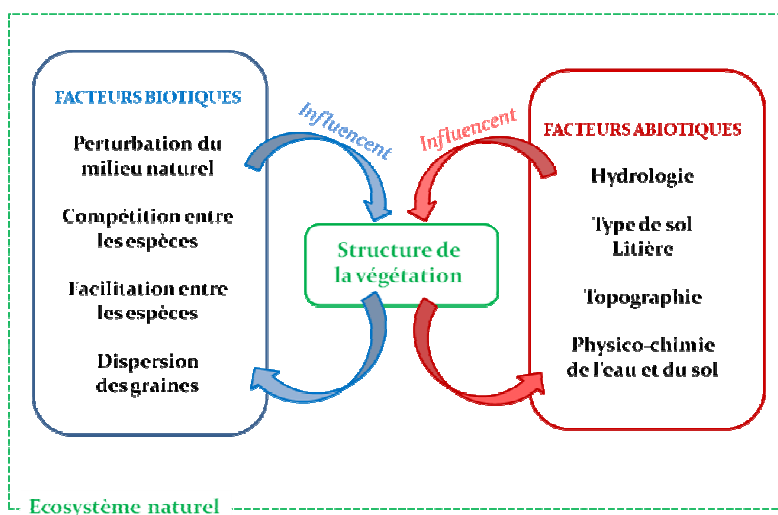


Figure I: Interactions simplifiées entre les paramètres environnementaux et la végétation, au sein d'un écosystème naturel

Elaboration de la méthode de suivi

Afin de créer une méthode de suivi pertinente, différentes sources bibliographiques ont été utilisées. Tout d'abord, étant donné que les objectifs environnementaux sont communs à tous les pays de l'Union Européenne, des exemples en Europe ont été cherchés. Deux expériences de restauration et de suivi de sites naturels ont été analysées, l'un se situant dans le sud-est du Royaume-Uni et l'autre

dans le nord de la Belgique. Leur comparaison met notamment en avant le fait que toute méthode de monitoring doit être adaptée aux objectifs fixés, à l'envergure du projet et aux moyens disponibles. Les Etats-Unis sont eux-aussi avancés au niveau des suivis écologiques et la trame de la méthode élaborée pour l'O.N.F. suit celle conseillée par le service des Parcs Nationaux Américains. De plus, les études antérieures réalisées par l'O.N.F. ont été utilisées et l'Université de Bordeaux 1 a fourni un appui technique.

Protocole de terrain

Avant les travaux, un état initial de la végétation avait été réalisé en 2009 identifiant quatre habitats principaux et mettant en avant l'urgence de leur restauration. En 2012, la répartition des placettes d'échantillonnage a permis de couvrir une grande partie de la zone de marais classée en réserve. Deux protocoles ont été mis en place dont un spécifique aux communautés végétales amphibies (figure II). Dans chaque quadrat (noté Q), le recouvrement des espèces est déterminé grâce à une échelle d'abondance. La végétation hors de ces quadrats est également relevée.

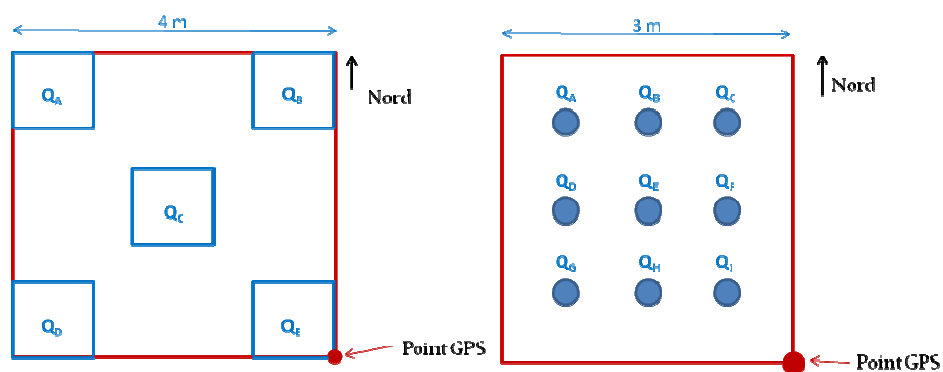


Figure II : Protocole d'échantillonnage (*Protocole des communautés amphibies sur la droite*)

Ensuite, certains paramètres environnementaux sont relevés sur le terrain, comme l'épaisseur de litière, ainsi que des paramètres caractérisant le milieu ou la végétation (*ex.* : la hauteur de végétation moyenne, le degré d'humidité du sol). Enfin, une photographie est prise de la placette de relevé avec une orientation plein nord. La comparaison des photos entre les années de suivi permettra une évaluation visuelle simple de l'évolution de la végétation.

Analyse des données

Les données récoltées sont analysées grâce à des outils statistiques (figure III) et à l'utilisation des documents bibliographiques.

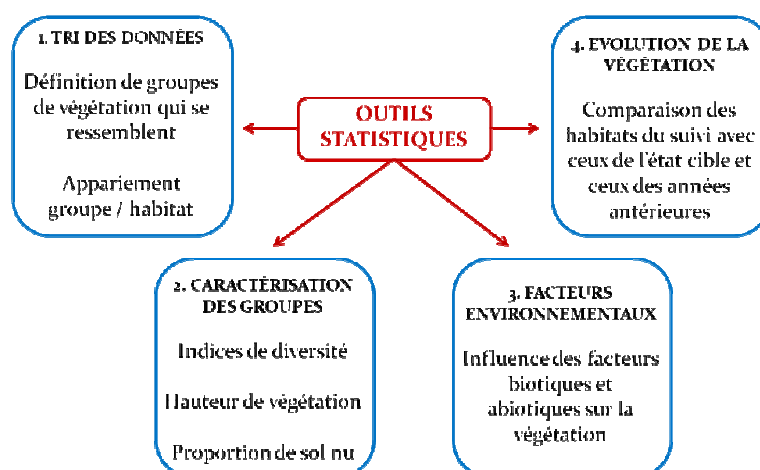


Figure III : Les étapes de l'analyse des données grâce aux outils statistiques

Le suivi de la végétation en 2012

Suite au tri des données, quatre habitats ont été différenciés :

Communautés amphibies



Code Natura 2000 :
3110-1

Espèces dominantes :
Eleocharis multicaulis
Hydrocotyle vulgaris
Hypericum elodes

Milieu de référence :
milieu très humide, inondé avec exondation saisonnière

Prairie à Molinie



Code Natura 2000 :
6410-9

Espèces dominantes :
Molinia caerulea
Erica scoparia
Trangula dodonei
Myrica gale

Milieu de référence :
milieu humide en hiver, sol paratourbeux

Lande paratourbeuse envahie par une cladiaie peu dense



Code Natura 2000 :
4020-1 et 7210-1

Espèces dominantes :
Molinia caerulea
Myrica gale
Cladium mariscus
Erica tetralix

Milieu de référence :
milieu très humide ou à eau affleurante, sol organique

Lande humide



Code Natura 2000 :
4020-1

Espèces dominantes :
Molinia caerulea
Erica scoparia
Trangula dodonei
Erica tetralix

Milieu de référence :
Milieu humide, sol pseudogley à gley

L'analyse des facteurs montre que les groupes de végétation sont organisés en fonction des gradients hydrologiques et topographiques. Les travaux de restauration (facteur « perturbation ») ne semblent pas avoir d'influence sur la végétation excepté pour les communautés amphibies qui montrent un plus grand nombre d'espèces lorsque les habitats ont été restaurés. Les analyses sur la litière ne montrent pas d'influence sur la végétation. Quant à la comparaison du nombre moyen d'espèces par habitat (Richesse Spécifique moyenne), elle montre une diminution globale entre l'état cible et 2012, à l'exception des relevés en lande paratourbeuse (figure IV). Ces données sont à prendre avec précaution car la comparaison entre l'état cible, 2009 et 2012 n'est pas réalisée sur les placettes géographiquement identiques.

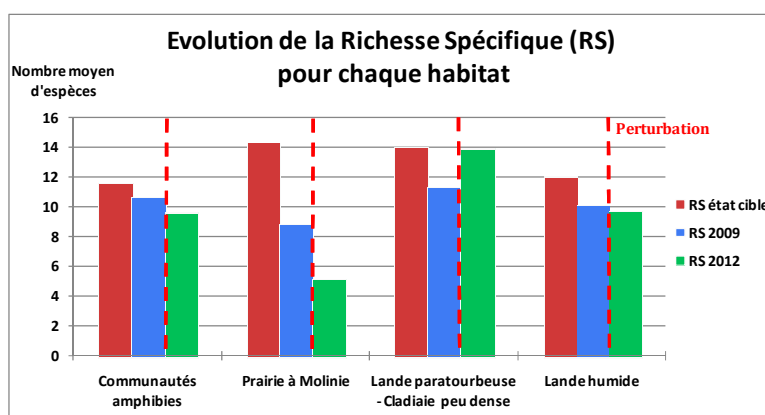


Figure IV : Comparaison interannuelle des richesses spécifiques, par habitat

La visualisation des habitats dans un système d'axe permet de montrer que les habitats 2012 sont différents de ceux de 2009 et de la cible. Les axes représentent des variables environnementales qui expliquent l'organisation des habitats. Ainsi, pour exemple, la figure V montre que les habitats de lande humide 2012 sont plus secs que ceux de 1963 (état cible). Globalement, le premier facteur environnemental qui explique les différences entre les années est le gradient hydrologique (axe 1).

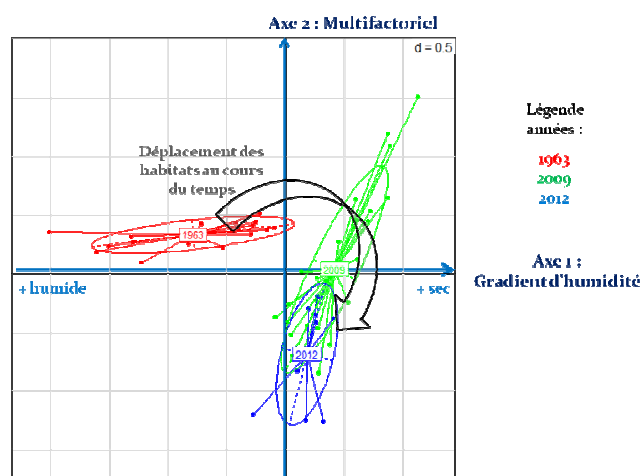


Figure V : Projection, dans un système d'axe, des habitats de lande humide pour 1963, 2009 et 2012

Conclusion de l'étude

Les cortèges floristiques analysés en 2012 ne sont pas identiques à ceux de la cible, sont peu différenciés et, hormis le gradient d'hydromorphie, les facteurs environnementaux étudiés cette année ne semblent pas expliquer les variations floristiques observées. Quatre causes peuvent être citées :

- *La jeunesse des habitats* : après la perturbation, la végétation s'est développée sur 1 à 2 ans
- *Les conditions climatiques de 2012*, retardant l'apparition de la végétation
- *Les conditions environnementales de 2012* sont peut-être différentes de celles de l'état cible.
- *La complexité des variables environnementales*, rendant difficile leur analyse

Les résultats de 2012 appuient le fait qu'un monitoring doit être conduit sur le moyen à long terme afin d'obtenir un diagnostic fiable pour la compréhension de l'écosystème et des conclusions exploitables pour l'orientation des mesures de gestion. Cependant, un suivi écologique possède plusieurs contraintes pour les gestionnaires telles que la régularité des suivis, des moyens humains et financiers à déployer et une amélioration des méthodes lorsque cela s'avère nécessaire.

Sommaire

Abréviations.....	2
Introduction.....	3
I. Le monitoring en Europe	4
1.1. Définition et intérêt du monitoring	4
1.2. Le monitoring appliqué aux zones humides: quel cadre législatif en Europe ?.....	4
1.3. Exemples de monitoring de zones humides en Europe.....	5
1.4. Monitoring sur le Palus de Molua (Gironde, France) en 2012	9
II. Protocole du monitoring et application au suivi 2012 sur le Palus de Molua.....	11
2.1. Démarches préalables	11
2.2. Démarches de terrain : mise en place du protocole d'échantillonnage.....	16
2.3. Méthode d'analyse des résultats et comparaison interannuelle	24
III. Résultats du suivi 2012, analyse des données et discussion.....	30
3.1. Résultats 2012 et analyses.....	30
3.2. Interprétations des résultats 2012.....	44
IV. Discussion relative à la méthode de suivi de la végétation sur le Palus de Molua	47
Conclusion.....	49
Bibliographie	51
Liste des figures et des tableaux.....	55
Annexes	57

Abréviations

A.F.C. : Analyse des Facteurs de Correspondance

Fr : Fréquence relative

G.P.S.: Global Positioning System

H' : indice de diversité de Shannon

J : indice d'équitabilité

H₀ : Hypothèse nulle

O.N.F. : Office National des Forêts

R_{moy} : Recouvrement moyen

R.N.N. : Réserve Naturelle Nationale

RS : Richesse Spécifique

S.A.G.E. : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

S.D.A.G.E. : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

Introduction

La Conférence des Nations Unis pour le Développement Durable Rio+20 a eu lieu en juin 2012. Cette conférence intervient 20 ans après le Sommet de la Terre sur le Développement et l'Environnement (Rio, 1992) et 10 ans après le Sommet pour le Développement Durable (Johannesburg, 2002), relançant notamment les questions sur la protection de l'environnement. Depuis une vingtaine d'années, de nouvelles disciplines scientifiques sont apparues pour freiner les atteintes portées par l'Homme aux écosystèmes naturels et tenter de réparer les erreurs commises. C'est le cas, par exemple, de la biologie de la conservation, une science appliquée au maintien de la diversité biologique de la Terre (Hunter *et al.*, 2007), et de la restauration écologique, processus assistant l'autoréparation d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit (Society for Ecological Restoration International, 2004). Aujourd'hui, les techniques de conservation et de restauration sont relativement bien connues mais la question du suivi des écosystèmes à long terme reste une question préoccupante. En effet, au niveau européen, peu de méthodes de suivi sont normées ou encadrées par une législation stricte. Les gestionnaires d'espaces naturels qui désirent mettre en place un monitoring se trouvent confrontés à de nombreuses difficultés. C'est dans ce contexte que le service Environnement (Agence Nord-Aquitaine) de l'Office National des Forêts (O.N.F.) m'a confié la mission d'établir une méthode de suivi des communautés végétales dans une zone humide restaurée afin d'évaluer sur leur état de conservation. Entre 2010 et 2011, l'O.N.F. a effectué des travaux pour ouvrir une lande humide embroussaillée présentant de forts potentiels patrimoniaux dans un marais nommé « Le Palus de Molua » (Gironde, France). L'objectif est de construire une méthode de suivi des habitats reproductible et adaptable dans le moyen et le long terme, mettant en avant le rôle des facteurs environnementaux dans la dynamique de la zone humide et permettant d'analyser les trajectoires floristiques. En me basant sur la bibliographie et avec l'appui technique de l'Université de Bordeaux 1, j'ai mis au point cette méthode et je l'ai testé sur des relevés de végétation effectués cette année, 2012 étant la date du premier suivi après les travaux de restauration.

Cette étude est construite en quatre temps. Le premier est consacré au monitoring en Europe avec, notamment, un bref focus sur la législation et la présentation de deux exemples de sites restaurés et suivis. La deuxième partie est centrée sur la mise en place d'une méthode de monitoring sur le Palus de Molua, contenant les phases de terrain et d'analyse. La troisième partie porte ensuite sur l'analyse des données récoltées lors du suivi de 2012. Enfin, une réflexion de fond sur la méthode en elle-même est développée en discussion.

I. Le monitoring en Europe

1.1. Définition et intérêt du monitoring

Le monitoring - ou suivi écologique – est défini par Elzinga *et al.* (1998) comme « la collection et l'analyse d'observations ou de mesures répétées afin d'évaluer des changements ou des progrès [...] ». Watson et Novelly (2004) ajoutent que les informations collectées « peuvent être utilisées pour examiner les résultats des actions de gestion et de diriger les décisions vers de futurs résultats ». De fait, mettre en place une méthodologie de suivi permet au(x) gestionnaire(s) de mieux comprendre la dynamique naturelle du système étudié (National Park Service, 2008), de réaliser une évaluation diachronique des changements du système et d'éclairer, à la lumière des données acquises et des analyses réalisées, les orientations de gestion à prendre à travers le temps. Le monitoring doit se concevoir au travers du programme de gestion global. Il doit posséder des objectifs clairement définis, le protocole doit être détaillé et précis afin d'optimiser les campagnes d'échantillonnage, et les méthodes d'analyses des données doivent être réfléchies avant le début du suivi dans le but d'un succès sur le long terme (Oackley *et al.*, 2003). Il s'agit de mettre en place une méthodologie réalisable par tous les acteurs potentiels, reproductible et adaptable si des changements interviennent pendant la durée totale du suivi. Watson et Novelly (2004) et Whitehead (2001 ; *in* Watson et Novelly, 2004) mettent en garde contre le risque de vouloir absolument planifier des actions de monitoring alors que ce n'est pas obligatoirement la voie optimale à utiliser: « Le monitoring n'est pas une fin en soi ».

1.2. Le monitoring appliqué aux zones humides: quel cadre législatif en Europe ?

Il est difficile de rencontrer un cadre législatif européen et/ou international concernant le monitoring des zones humides. Au niveau international, les pays ayant signé la convention Ramsar sont dans l'obligation de désigner des zones humides d'intérêt sur leur territoire et, relativement à celles-ci, d'élaborer et d'appliquer des plans d'aménagement pour favoriser leur conservation. En France, l'inscription d'un site entraîne obligatoirement la mise en place d'un plan de gestion et de suivi.

Au niveau Européen, différents outils sont à prendre en compte. L'un d'entre eux est la Directive Cadre sur l'Eau, même si les zones humides sont peu concernées (annexe 1 : définition d'une zone humide). En effet, de par leur nature, elles ne sont pas considérées comme des masses d'eau au sens de la Directive et aucun objectif de bon état ne leur est assigné (Cizel et Groupe d'histoire des zones humides, 2010). Cependant, des dispositions particulières peuvent être prises au travers des S.D.A.G.E. et des S.A.G.E. pour promouvoir leur conservation, leur restauration et leur suivi, en considérant que les zones humides jouent un rôle essentiel dans l'atteinte du bon état des masses

d'eau attenantes. Le réseau Natura 2000 peut également induire le monitoring des zones humides. Les Etats Européens doivent suivre les espèces et les habitats, et évaluer périodiquement leur état de conservation afin d'en rendre compte à la Commission (Cizel, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, communication personnelle). Le monitoring est normalisé afin d'homogénéiser les résultats. Cependant, comme la gestion des sites Natura 2000 n'est pas définie à l'échelle européenne et varie selon le pays, les caractéristiques de suivi (*e.g.* fréquence) sont difficilement généralisables à l'échelle des Etats membres. Enfin, des associations telles que l'*International Union for Conservation of Nature* (I.U.C.N.) réalisent des monitoring sur les zones humides mais leurs interventions n'entrent pas dans un cadre législatif.

De manière générale, et au vu des exemples cités ci-dessus, le monitoring des zones humides en Europe ne fait pas l'objet d'un encadrement strict et précis. Malgré cela, des efforts pour le suivi des espèces et des habitats sont réalisés et il apparaît essentiel de mettre en place des méthodes performantes.

1.3. Exemples de monitoring de zones humides en Europe

Les méthodes de monitoring sont différentes en fonction des projets et dépendent :

- Des objectifs du suivi (*e.g.* évaluation d'un site après travaux de restauration, état des lieux général d'une zone, état de conservation d'un des compartiments écologiques)
- Des caractéristiques intrinsèques du site et les contraintes associées
- Des moyens financiers, des moyens humains et du temps disponible pour le suivi

Les techniques de base sont globalement les mêmes mais les méthodes sont à adapter en fonction de ce qui est recherché. Afin de rendre ce propos un peu plus concret, deux monitoring sont analysés et comparés. Le premier concerne un suivi de marais ("*fen*") au Royaume-Uni, the Great Fen Project, et le second, une zone de lande humide située dans la réserve naturelle de Langdonken, en Belgique.

1.3.1. The Great Fen Project

1.3.1.1. Contexte

Le "*Great Fen Project*", débuté en 2001, comprend une zone d'environ 3700 ha au sud de Peterborough, dans le Huntingdonshire (Cambridgeshire). Il lie deux Réserves Naturelles Nationales, Woodwalton Fen (figure 1) et Holme Fen, toutes deux classées comme Sites d'Intérêt

Scientifique Spécial (SSSI). Malheureusement, ces réserves sont trop petites et trop isolées pour soutenir un niveau de biodiversité suffisant. L'objectif du projet est donc de connecter ces deux fragments en restaurant et recréant une mosaïque d'habitats susceptible d'accueillir une plus grande diversité (Tinsley-Marshall).

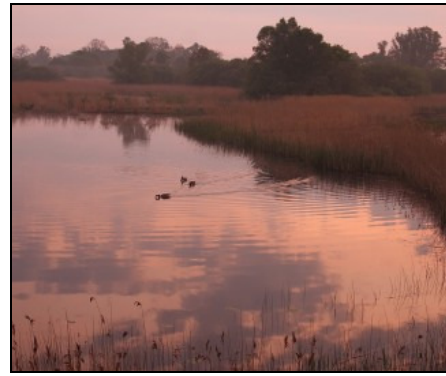


Figure 1 : Coucher de soleil sur Woodwlaton Fen (Dean)

1.3.1.2. Travaux de restauration et mise en place du monitoring

Afin d'atteindre l'objectif fixé, des travaux de restauration ont été menés pour recréer des habitats. L'augmentation des niveaux d'eau pour créer des mares, des roselières et des prairies humides, le reprofilage des mares et fossés artificiels et le développement de zones forestières en sont des exemples (Great Fen). Le plus gros défi reste le rétablissement de l'hydrologie naturelle, tout en sachant que certaines zones du projet ne font pas l'objet de restauration. En parallèle, des méthodes de monitoring ont été élaborées dans le but de comprendre les composantes physiques et écologiques du site, de vérifier que les objectifs de gestion sont atteints et d'identifier les lacunes dans la connaissance de la zone humide et de son fonctionnement.

Le monitoring a été conçu à l'échelle de l'habitat et à celle du paysage. Neuf habitats ont été suivis (*e.g.* roselières, prairies humides, forêts humides, prairies marécageuses) et le monitoring concerne les composantes environnementales suivantes (en fonction des habitats considérés) :

- Les niveaux piézométriques
- La chimie du sol et de l'eau
- La végétation des habitats terrestres et la végétation terrestre et aquatique des fossés
- Les invertébrés terrestres et aquatiques, les mammifères, les amphibiens et les oiseaux

De plus, un suivi photographique est réalisé sur des points fixes, permettant une analyse visuelle simple. A l'échelle du paysage, le suivi photographique a été conçu *via* des clichés panoramiques. La télédétection est employée pour rendre compte des changements de la végétation (répétition tous les 5 à 10 ans) et un LIDAR (Light Detection and Ranging optical survey) a été réalisé. (Tinsley-Marshall).

1.3.1.3. Focus sur le suivi de la végétation des habitats terrestres

Un système de quadrats fixes est utilisé pour suivre la végétation. Il est organisé le long des transects hydrologiques, à l'intérieur et à l'extérieur des exclôts de pâturage. Il est donc considéré que la végétation varie en fonction des gradients hydrologiques. Le monitoring de la végétation a pour but de suivre l'impact du pâturage ainsi que l'impact des variations de la profondeur de la nappe sur les communautés de plantes. Afin de suivre les changements à travers le temps, les quadrats ont été divisés en plusieurs groupes homogènes en fonction de l'année de restauration, des caractéristiques du sol et des régimes hydrologiques. Pour chaque quadrat, sont mesurés le pourcentage de couverture des espèces, le pourcentage de sol nu ainsi que le ratio Graminées/autres plantes ("*grass/herb ratio*"). Le monitoring a lieu tous les ans pour les trois premières années suivant la restauration et, ensuite, une fois tous les cinq ans à compter du début du suivi.

1.3.2. Langdonken

1.3.2.1. Contexte

Langdonken est une Réserve Naturelle située au sud de la province d'Antwerp en Belgique. Ce site, classé en site Natura 2000, est connu notamment pour sa végétation aquatique et rivulaire de milieu oligo-mésotrophe (code Natura 2000 : 3130). Cette végétation de zone humide est également attenante à des landes humides et des communautés à *Nardus* (code Natura 2000 : 6230). L'objectif des actions qui ont été menées entre 1998 et aujourd'hui (dont un projet LIFE entre 2002 et 2006) est de restaurer, à grande échelle, une série d'habitats d'intérêt communautaire (Lommaert, INBO, communication personnelle).

1.3.2.2. Travaux de restauration et monitoring

Les travaux de restauration ont principalement été de deux types :

- Restauration de l'hydrologie par le blocage des fossés de drainage et l'enlèvement des couches supérieures du sol (remontée de l'eau en hiver).
- Restauration des habitats notamment *via* l'abattage des parties boisées situées sur d'anciennes zones humides et le reprofilage de berges dans les mares (figure 2 ; Lommaert, 2008).

Les actions ont été réparties sur une période assez longue pour des raisons financières, écologiques (*i.e.* volonté de restaurer les communautés végétales pionnières sur une longue durée) et d'accès aux sites (*i.e.* nécessité une période relativement sèche, scénario qui ne se produit pas tous les ans). Lors du projet LIFE, une étude écohydrologique a été menée, permettant ainsi de comprendre le fonctionnement de l'écosystème et d'atteindre les objectifs fixés en termes de restauration.



Figure 2 : Zone de lande humide restaurée par déforestation (Lommaert, 2008)

Concernant le monitoring à proprement parler, aucun objectif n'a été fixé au début. L'observation et l'évaluation de la faune et de la flore ont majoritairement été réalisées par des groupes locaux et des volontaires. De plus, l'équipe de gestion locale reçoit fréquemment par e-mail des observations diverses et *via* ces résultats non-réguliers, l'évolution des habitats est discutée. Le seul monitoring systématique existant a lieu une fois tous les 6 ans pour la description des habitats Flamands. Pour ce suivi, sont relevés :

- La structure de l'habitat (*i.e.* superficie, hauteur de végétation)
- Les perturbations observées (*e.g.* eutrophisation, espèces exotiques envahissantes)
- La végétation (*i.e.* nombre d'espèces clefs de l'habitat)

Par cette méthode, la superficie couverte par l'observateur peut être de 25 à 40 ha jour. Il s'agit donc d'une observation globale et rapide. De plus, l'équipe travaillant sur Langdonken a pris comme postulat que les communautés présentes sur le site sont fortement régies par la qualité de l'eau et sa dynamique. En suivant ces paramètres, elle considère donc qu'elle aura un aperçu de l'évolution de la faune et de la flore. Ce postulat sous-entend que seuls les facteurs abiotiques contrôlent l'expression de la diversité et qu'il peut être fait fi des paramètres biotiques.

1.3.3. Comparaison des méthodes utilisées

Les deux projets ne disposent pas de la même approche du monitoring. Le Great Fen Project possède une structure cadrée, bien organisée avec des suivis diversifiés. Le site naturel de Langdonken, quant à lui, ne conduit pas de monitoring clairement défini, mis à part celui pour la description des habitats Flamands. Malgré cela, chacun des sites met en avant des idées intéressantes qui pourraient être reproduites. Les suivis faune/flore de Langdonken sont réalisés par des groupes volontaires (c'est également le cas pour certains monitoring du Great Fen Project). Bien encadré, ce système peut s'avérer efficace et permettre au public de s'investir dans la protection de l'environnement, de s'appropriier le territoire et d'être sensibilisé à ces démarches de

monitoring. De plus, la méthode de suivi globale des habitats (*i.e.* description des habitats Flamands) est intéressante dans le sens où elle ne cible que quelques paramètres clefs et qu'elle permet de parcourir de grandes surfaces. Cette méthode de saisie des données sur le terrain pourrait être reprise, avec des modifications, dans le cas de pré-études par exemple ou de repérage du site. Pour ce qui est du monitoring du site de Great Fen, la réalisation des monitoring à différentes échelles (*i.e.* habitat et paysage) permet d'obtenir deux approches et analyses du site, ce qui rend meilleure sa compréhension. De plus, à l'échelle des habitats, chacun d'entre eux possède un suivi défini globalement et qui lui est, par la suite, adapté. La fréquence non régulière des monitoring de végétation est un autre point à mettre en avant. Aucune explication à ce propos n'a été fournie dans le rapport de synthèse concernant les suivis écologiques. Un monitoring ayant lieu tous les ans suggère seulement un changement très rapide de la végétation.

A RETENIR

- Des méthodes de monitoring adaptées à l'envergure du projet et des moyens disponibles
- Une approche à différentes échelles permettant un suivi complet du site
- Une approche « suivi de la végétation » incluant le rôle des paramètres abiotiques tels que l'hydrologie

1.4. Monitoring sur le Palus de Molua (Gironde, France) en 2012

Le monitoring mis en place sur le Palus de Molua, dans sa partie Réserve Naturelle Nationale, a pour objectif d'évaluer l'état de conservation des principaux milieux ouverts présents sur le marais (*e.g.* landes humides). Deux études ont eu lieu antérieurement (Violon, 2008 ; Tourneur, 2009) et ont décrit globalement les communautés végétales comme étant en mauvais état de conservation. En 2010 et 2011, des travaux de restauration du marais ont été réalisés, utilisant différentes modalités d'action. L'objectif de l'étude de 2012 est de concevoir une méthode de monitoring des communautés végétales permettant d'intégrer les diagnostics précédents, solide scientifiquement, reproductible par toute personne susceptible d'intervenir sur la Réserve Naturelle et modulable en cas de changements relatifs aux paramètres mesurés. Pour cela, la méthodologie ne doit pas simplement expliquer les mesures de terrain à effectuer mais doit présenter la démarche dans son ensemble. Afin d'atteindre cet objectif, son élaboration s'inspire de celle mise en place au sein du Service des Parcs Nationaux aux Etats-Unis (National Park Service, 2008) et plus particulièrement des recommandations fournies par Oakley *et al.* (2003) et Sergeant *et al.* (2012).

Fancy *et al.* (2009 ; in Sergeant *et al.*, 2012) donnent les principales étapes de construction d'un programme de monitoring :

- | | |
|--|--|
| 1. Définir clairement les objectifs | 5. Développer un plan complet d'échantillonnage |
| 2. Compiler et résumer les informations existantes | 6. Développer un protocole complet de suivi |
| 3. Développer des modèles conceptuels | 7. Etablir une méthode de gestion des données, des analyses et de rendu. |
| 4. Prioriser et sélectionner les indicateurs | |

La figure 3 détaille plus clairement toutes les étapes recommandées par Oackley *et al.* (2003) pour la construction de la méthodologie.

1. Background and objectives
 - a. Background and history; describe resource issue being addressed
 - b. Rationale for selecting this resource to monitor
 - c. Measurable objectives
2. Sampling design
 - a. Rationale for selecting this sampling design over others
 - b. Site selection
 - i. Criteria for site selection; define the boundaries or "population" being sampled
 - ii. Procedures for selecting sampling locations; stratification, spatial design
 - c. Sampling frequency and replication
 - d. Recommended number and location of sampling sites
 - e. Recommended frequency and timing of sampling
 - f. Level of change that can be detected for the amount/type of sampling being instituted.
3. Field methods
 - a. Field season preparations and equipment setup (including permitting and compliance procedures)
 - b. Sequence of events during field season
 - c. Details of taking measurements, with example field forms
 - d. Post-collection processing of samples (e.g., lab analysis, preparing voucher specimens)
 - e. End-of-season procedures
4. Data handling, analysis, and reporting
 - a. Metadata procedures
 - b. Overview of database design
 - c. Data entry, verification, and editing
 - d. Recommendations for routine data summaries and statistical analyses to detect change
 - e. Recommended reporting schedule
 - f. Recommended report format with examples of summary tables and figures
 - g. Recommended methods for long-term trend analysis (e.g., every 5 or 10 years)
 - h. Data archival procedures
5. Personnel requirements and training
 - a. Roles and responsibilities
 - b. Qualifications
 - c. Training procedures
6. Operational requirements
 - a. Annual workload and field schedule
 - b. Facility and equipment needs
 - c. Startup costs and budget considerations
7. References

Figure 3 : Lignes directrices pour l'établissement d'un protocole de monitoring selon Oackley *et al.*, 2003

De plus, Oackley *et al.* (2003) conseillent de se réserver une période de test et d'évaluation de l'efficacité des procédures avant de les accepter pour le monitoring à long terme. Dans la même optique, Elzinga *et al.* (1998) recommandent de réaliser un « brouillon », avec une correction ("peer review") et de modifier la méthodologie en fonction des remarques obtenues. Globalement, les

quatre premiers points de la méthodologie proposée sont suivis dans le protocole de monitoring du Palus de Molua. La figure 3 ne donne qu'un modèle et chaque procédure de suivi peut être adaptable. Le protocole de cette étude s'inspire donc du modèle précédent, des exemples de protocoles européens présentés ainsi que des recommandations faites par l'O.N.F. et par l'Université de Bordeaux 1 qui collabore à ce projet.

II. Protocole du monitoring et application au suivi 2012 sur le Palus de Molua

2.1. Démarches préalables

Avant de commencer la méthodologie à proprement parler (*i.e.* méthodes de terrain, traitement des données), il est important de se référer au contexte de l'étude *via* la présentation succincte du site et des problématiques qui lui sont associées.

La présentation des caractéristiques naturelles est donnée rapidement ci-après, un document plus détaillé étant fourni en annexe 2.

2.1.1. Contexte de l'étude

2.1.1.1. Situation géographique

Le Palus de Molua est situé à environ 70 km de Bordeaux, sur la commune d'Hourtin (Gironde). Plus exactement localisé à l'extrémité nord du lac d'Hourtin-Carcans (figure 4), le marais appartient à l'unité géomorphologique et biogéographique des « Landes de Gascogne » (O.N.F., 2008 (1) ; Tourneur, 2009). L'étude se déroule dans la Réserve Naturelle Nationale (RNN) des Dunes et Marais d'Hourtin, seuls quelques points d'échantillonnage sont situés à l'extérieur du périmètre (figure 5). La réserve a été créée en décembre 2009 et elle possède une superficie de 2150 ha.

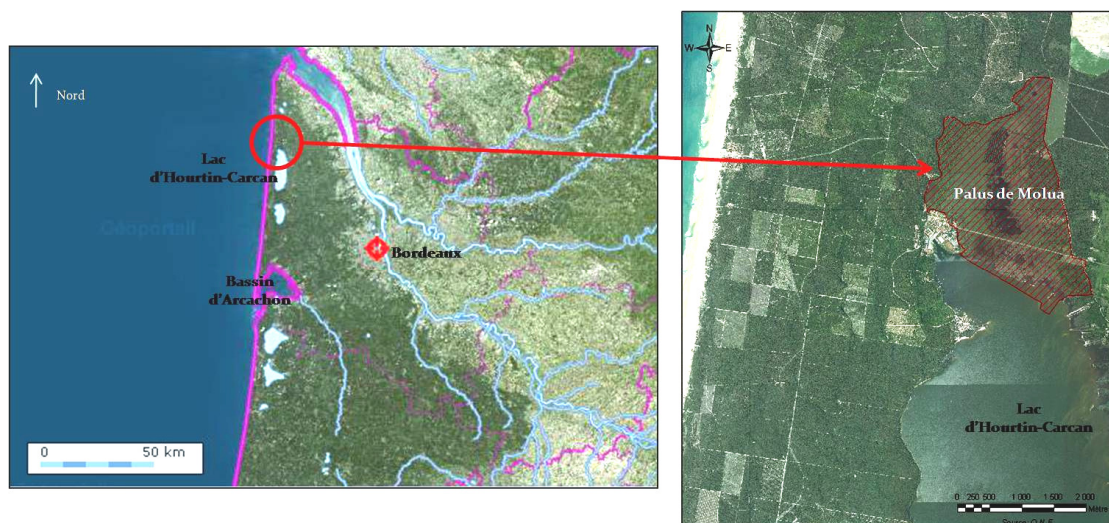


Figure 4 : Situation géographique du Palus de Molua (*sources : geoportail, O.N.F. communication personnelle*)

Le site est géré par l'O.N.F. qui est actuellement le plus important gestionnaire de sites naturels en France. Il s'agit d'un établissement public à caractère industriel et commercial dont la présentation plus détaillée est proposée en annexe 3. Les études scientifiques menées sur le marais dépendent du service environnement de l'agence Nord-Aquitaine de l'ONF, du personnel de la R.N.N. et de l'unité territoriale Nord-Médoc.

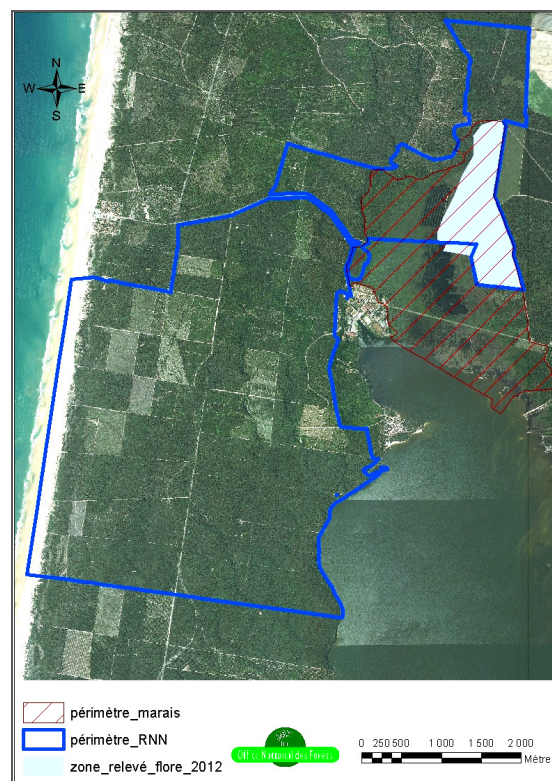


Figure 5 : Localisation de la R.N.N. des Dunes et Marais d'Hourtin

2.1.1.2. Contexte naturel

Le Palus de Molua est situé à l'interface entre le système dunaire à l'ouest et le plateau landais à l'est, dans l'alignement des grands lacs qui parsèment toute la côte depuis l'estuaire de la Gironde jusqu'à la frontière espagnole. Le climat y est de type « Aquitain » c'est-à-dire avec des hivers doux et pluvieux, et des étés chauds et secs. La topographie de cette zone humide d'arrière dunes est assez plane, avec une altitude ne dépassant pas 16 m dans le cas du Palus de Molua. Ce contexte physique impose aux sols et à la végétation des propriétés particulières. Les sols sont de nature podzolique, pauvres chimiquement, acides et généralement hydromorphes, surtout dans les zones proches des plans d'eau et du lac d'Hourtin-Carcans. L'hydromorphie est accentuée par le fait que le marais joue le rôle d'une zone tampon, absorbant les crues du lac en hiver et restituant de l'eau pendant les périodes sèches. La végétation du marais est riche, avec la présence de 31 habitats d'intérêt communautaire et de nombreuses espèces protégées.

2.1.2. Problématiques associées au Palus de Molua : historique et études antérieures

2.1.2.1. Fermeture du milieu

Depuis le XIX^{ème} siècle, les changements d'occupations des sols dans la région des grands lacs ainsi que les travaux d'assainissement ont modifié le fonctionnement naturel du marais (O.N.F., 2008

(1)). Les milieux ouverts de landes humides se sont progressivement asséchés, embroussaillés puis boisés. Aux vues des potentialités des habitats pour la faune et pour la flore, l'O.N.F. a mise en place une série d'études afin de les restaurer et de retrouver la dynamique naturelle écologique du site.

2.1.2.2. Etudes antérieures, travaux de restauration et objectifs actuels

- L'état de conservation des habitats (2008)

L'objectif de l'étude était d'établir un diagnostic écologique du marais (*i.e.* habitats et réseaux hydrographique). 40 habitats ont été identifiés (annexes 4 et 5) dont 31 sont des habitats d'intérêts communautaires (Violon, 2008). 266 espèces végétales ont alors été recensées et l'étude a permis de définir une typologie des formations végétales du marais (figure 6).

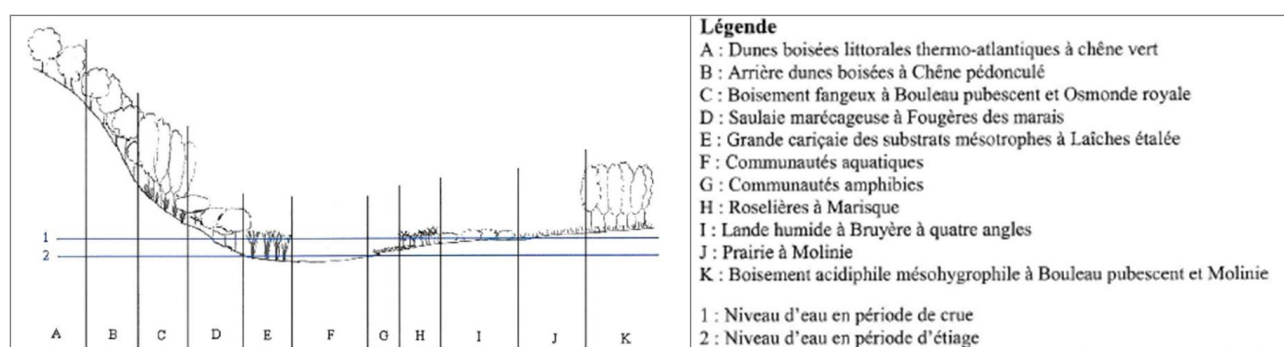


Figure 6 : Typologie des formations végétales du Palus de Molua (Violon, 2008)

L'un des objectifs des inventaires a aussi été de déterminer l'intérêt patrimonial des habitats et leur état de conservation « à dire d'expert ». Globalement, le marais possédait un état de conservation moyen, avec la présence majoritaire de faciès embroussaillés et boisés.

- Plan de gestion du Palus de Molua 2010-2014 (O.N.F., 2008 (1))

Le plan de gestion, élaboré avant la création de la R.N.N., établit le diagnostic du marais. Il définit un enjeu principal consistant à restaurer, entretenir et conserver en bon état les habitats ouverts, l'objectif étant d'obtenir une mosaïque paysagère complète. La conservation des espèces patrimoniales est également incluse dans ce plan de gestion (O.N.F., 2008 (1)). Toutes les opérations de restauration sont contenues dans un deuxième tome (O.N.F., 2008 (2)). Il définit entre autres les modalités de travaux de restauration pour les landes humides et les prairies à Molinie : le broyage du milieu avec export des débris végétaux, le broyage du milieu sans export des débris végétaux et le brûlage dirigé avec broyage des débris. Certaines zones, notamment les boisements hygrophyles à caractère climacique, bénéficient d'une gestion sans intervention. Les actions de restauration au profit des communautés amphibies sur les rives des plans d'eau, des Leyres et du lac

d'Hourtin Carcans consistent à un reprofilage des berges et à un enlèvement de la matière organique accumulée sur ces mêmes berges (annexe 6).

- Définition de l'état de référence des communautés végétales et de l'état initial avant travaux (Tourneur, 2009)

L'étude de Tourneur (2009) avait pour objectifs de définir un état de référence des habitats du marais et de réaliser un état initial de la végétation avant travaux. Pour définir l'état de référence des communautés végétales - qui est aussi l'état cible à atteindre - dans trois systèmes ont été utilisés :

- Les cahiers d'habitats Natura 2000 : ils permettent de définir les espèces cibles caractéristiques des Habitats d'intérêt communautaire à protéger. Ils donnent également des indications sur les cortèges floristiques et leur écologie.
- Les relevés botaniques historiques : entre 1963 et 1969, Vander Berghen (1964, 1968, 1969) a réalisé des inventaires floristiques sur les rives du lac d'Hourtin, sur la rive orientale du lac de Lacanau et sur les étangs de Gascogne en général.
- Végétation actuelle : lorsqu'aucune référence historique n'a été trouvée pour un habitat, les secteurs les mieux conservés ont été utilisés comme référence. L'analyse des relevés en 2009 a permis d'identifier les milieux les plus ouverts et les plus fonctionnels.

Quatre habitats ont été échantillonnés :

- Landes humides atlantiques tempérées à *Erica ciliaris* et à *Erica tetralix* (code Natura 2000 : 4020-1) ; référence de Vander Berghen (1963)
- Cladiaies denses à *Cladium mariscus* (code Natura 2000 : 7210-1) ; référence définie à partir d'un point de relevé en 2009
- Moliniaies hygrophiles acidiphiles atlantiques (code Natura 2000 : 6410-9) ; référence de Vander Berghen (1963)
- Bas-marais acidiphiles atlantiques amphibies (code Natura 2000 : 6410-8) ; référence de Vander Berghen (1963)

Des détails concernant leurs caractéristiques et leur état de référence sont donnés en annexe 7.

Ces habitats ont été choisis pour leur représentativité, leur fort intérêt patrimonial, leur mauvais état de conservation et leur faible degré de naturalité, la naturalité étant la capacité d'un "habitat à se maintenir dans un état stable, sans modifications des conditions environnementales" (O.N.F., 2008(1)).

- Suivi des communautés végétales de landes humides et autres habitats après les travaux de restauration (2012)

Un an ou deux après les travaux de restauration, un inventaire des communautés végétales est réalisé afin d'examiner la trajectoire floristique de ces milieux humides, l'objectif étant que les habitats se rapprochent le plus possible de l'état de référence. L'étude, bien que centrée sur les communautés de lande, prend en compte tous les milieux inventoriés en 2009. De plus, des paramètres biotiques et abiotiques sont relevés et analysés avec les communautés. Grâce à des analyses statistiques, les variables influençant le plus les trajectoires floristiques sont mises en avant et utilisées pour concevoir de futurs leviers de gestion. Tourneur (2009) écrit que les facteurs les plus importants sont l'hydromorphie et le degré d'ouverture/fermeture du milieu. De manière indirecte, les analyses de 2012 permettent de suivre les modalités de perturbation afin de statuer sur celles qui pourraient être les plus bénéfiques pour les communautés (*i.e.* celles qui permettraient d'atteindre l'état de référence).

2.1.3. Intégration des variables biotiques et abiotiques dans le suivi de la flore

La structure et le fonctionnement des communautés végétales sont régis par deux types de variables : les variables biotiques et les variables abiotiques. Ces facteurs se combinent pour former des groupes d'effets favorisant ou non le développement de certaines espèces au sein d'un habitat (Violon, 2008). Afin de comprendre le fonctionnement des communautés végétales, il est important de recenser ces variables et, si possible, de les quantifier ou de les qualifier. Les concepts théoriques utilisés pour leur choix sont présentés en annexe 8.

La définition des variables à étudier sur le Palus de Molua s'est en partie inspirée des équations théoriques sur les interactions biotiques / abiotiques (annexe 8) et de la bibliographie (hypothèses sur les facteurs environnementaux clefs du marais). A partir de la liste de toutes les variables potentielles du marais, sont choisies celles qui :

- Semblent *a priori* avoir un impact sur la végétation (bibliographie et réflexion personnelle)
- Semblent montrer des variations au sein de la zone échantillonnée
- Sont facilement mesurables sur le terrain ou facilement quantifiables

Quatre variables ont alors été sélectionnées :

- Variable biotique : la perturbation, étudiée à travers les travaux de restauration réalisés en 2010 et en 2011. Pour rappel, cinq modalités ont été utilisés : le broyage avec et sans export, le brûlage avec broyage, la restauration de berges et la non-intervention
- Variables abiotiques : la litière, l'hydrologie et la topographie

L'annexe 9 énumère les variables environnementales potentielles présentes sur le site et explique, de manière plus précise, les choix effectués.

2.2. Démarches de terrain : mise en place du protocole d'échantillonnage

2.2.1. Choix du site et organisation spatiale des placettes

Le site est le même que pour l'état initial avant travaux afin de pouvoir comparer les résultats. Les placettes de relevé sont donc situées dans la partie Est du marais.

Les placettes sont globalement organisées selon deux gradients théoriques pour couvrir au mieux tous les facteurs abiotiques liés au milieu. Le gradient est-ouest permet d'échantillonner selon les variables topographiques et d'humidité (figure 7); le gradient nord-sud permet de prendre en compte l'influence du lac sur l'hydrologie du marais. Le nombre de réplicas par transect est-ouest est au minimum de 3 relevés. Les relevés, à l'exception de ceux réalisés au sein des communautés amphibies, doivent être bien répartis sur toutes les modalités de restauration et selon les gradients des facteurs abiotiques. Lors de la définition théorique de la position des relevés, seuls les modalités travaux, la topographie et le gradient hydrologique supposé ont été pris en compte. Le cas des communautés amphibies est un peu différent car, de par leurs caractéristiques, elles se situent toutes autour des plans d'eau, dans les zones basses et parfois en zone restaurée. Le maillage théorique est d'environ 100 m avec une distance minimale théorique entre deux relevés de 50 m pour éviter l'autocorrélation entre des relevés. Les points théoriques ont ensuite été validés sur le terrain à l'aide d'un G.P.S. Trimble (GeoXT 6000 de précision submétrique). Quelques fois l'emplacement des points a été légèrement changé, notamment si le relevé initial se trouvait sur une zone non échantillonnable. Des jalons ont été plantés pour repérer les placettes et faciliter les relevés floristiques qui ont eu lieu un peu plus tard. Le plan d'échantillonnage final est présenté en annexe 10.

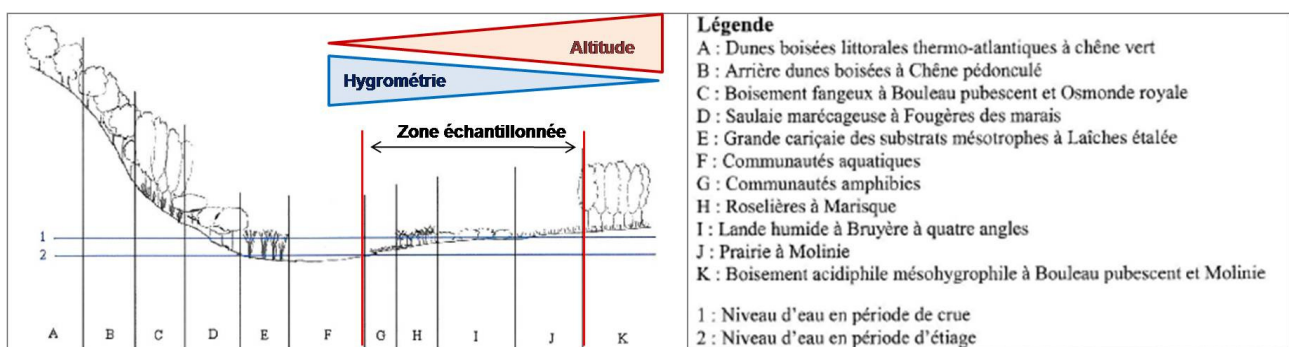


Figure 7 : Zone échantillonnée sur le marais, en fonction, par exemple, des gradients théoriques de topographie et d'humidité

2.2.2. Organisation temporelle

2.2.2.1. Période de relevé

Les relevés (végétation et paramètres environnementaux) doivent être réalisés lorsque le maximum d'espèces est en fleur. Cela rend plus facile l'identification. Pour le suivi de 2012, les relevés ont été réalisés entre le 25 juin et le 6 juillet.

2.2.2.2. Fréquence d'échantillonnage

La fréquence d'échantillonnage varie en fonction de la biologie des plantes étudiées, de la rareté des espèces, du taux de changement espéré et des ressources disponibles pour le monitoring (Elzinga *et al.*, 1998). Dans le cas du Palus de Molua, le monitoring de 2012 a lieu 1 ou 2 ans après les travaux de restauration. Un monitoring tous les deux ans peut être envisagé pour les 10 ou 15 prochaines années. Cela laisse suffisamment de temps à la végétation de se développer et de répondre aux conditions environnementales. Le prochain suivi devra donc avoir lieu à la fin du printemps 2014. Cette démarche de suivi entre dans le plan de gestion 2013-2017 du Palus de Molua, qui comportera donc deux monitoring. A la fin du premier plan de gestion, un bilan devra être effectué et des modifications de la méthode de suivi pourront être apportées.

Si par la suite, aucune intervention supplémentaire n'est réalisée après ces 10 à 15 ans, le monitoring peut avoir lieu seulement tous les 4 ou 5 ans afin de vérifier si les trajectoires floristiques conservent la direction souhaitée.

2.2.3. Relevés sur le terrain

2.2.3.1. Matériel nécessaire

Le tableau 1 liste le matériel à utiliser sur le terrain.

Tableau 1 : Liste du matériel pour les relevés de terrain

S'orienter	Réaliser les quadrats	Relever la végétation
GPS Trimble (GeoXT 6000 de précision submétrique)	Jalons en bois	Feuilles de relevé, crayons
GPS Garmin (GPS 76TM)	Décamètre	Echelle de dominance (<i>Domin Scale</i>)
Boussole	Corde (au moins 20 m)	Flores
Cartes	Quadrat en pvc (1m ²)	Enveloppes en papier (échantillons de végétation)
	Cercle métallique (ø = 25 cm)	Appareil photo

2.2.3.2. Localisation des placettes

Chaque placette est repérée grâce à des coordonnées G.P.S. De plus, une carte où figurent ces points ainsi que des éléments de repère (*i.e.* desserte, cours d'eau) est utilisée. Le point G.P.S. de référence pour chaque placette est situé sur le coin sud-est (figure 8).

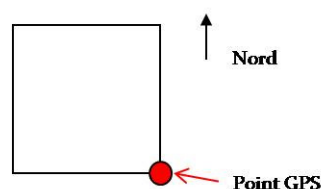


Figure 8 : Situation de la placette vis-à-vis du point G.P.S. de référence

Remarque : Si les placettes ont été repérées par avance grâce à des jalons (utilisation du G.P.S. Trimble), le G.P.S. Garmin est ensuite suffisant pour les retrouver.

2.2.3.3. Caractéristiques des placettes et des relevés de végétation

Afin de normaliser les dénominations lors des relevés de terrain, chaque placette est appelée « relevé » et les petits quadrats, « quadrat » (figure 9). Les relevés sont numérotés à partir du chiffre 1 et chaque quadrat possède une lettre à partir de A.

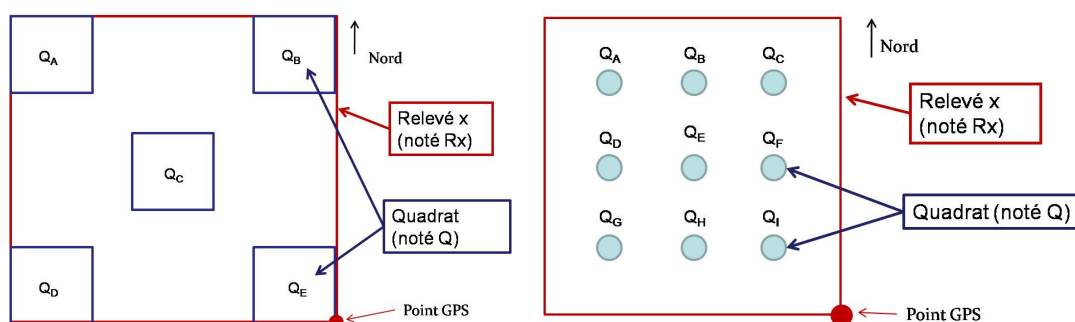


Figure 9 : Dénominations en fonction du type de placette

- Les placettes au sein des habitats théoriques de landes, de molinaies et de cariçaies

Elles possèdent une superficie de 16 m² (carré de 4 m de côté). La placette est délimitée en utilisant 4 piquets de bois et une corde. Les relevés floristiques sont réalisés dans des quadrats de 1 m² chacun à l'intérieur du relevé de 16 m². 4 quadrats sont situés au niveau des angles du relevé et le cinquième est situé au centre (figure 10). Pour matérialiser ces quadrats de 1 m², il est possible d'utiliser une structure en tubes PVC qui sera dépliée dans le relevé.

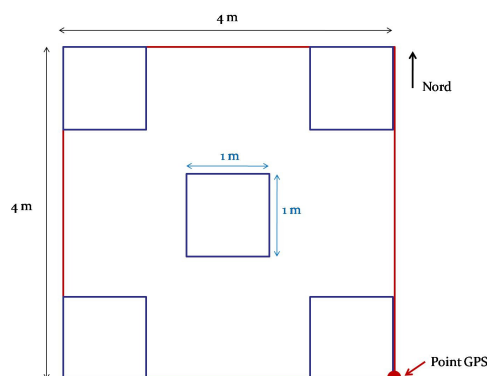


Figure 10 : Configuration de la placette pour les habitats de landes, molinaies et cariçaies

Remarque : il est important de toujours orienter le relevé vers le Nord, comme indiqué sur les schémas.

Seules les plantes vasculaires sont répertoriées lors de ce suivi. Pour chaque quadrat, les espèces présentes sont notées et l'estimation de leur recouvrement est réalisée grâce à l'échelle de dominance présentée dans le tableau 2 (DOMIN Scale, Dahl et Hadač, 1941 ; *in* Rodwell, 2006).

Tableau 2 : Echelle de dominance / recouvrement pour la végétation

Coefficient	Pourcentage	Signification
1	< 4 %	Présence de quelques individus
2	< 4 %	Présence de "nombreux" individus
3	< 4 %	Présence de "très nombreux" d'individus
4	4 - 10 %	Taux de recouvrement
5	11 - 25 %	
6	26 - 33 %	
7	34 - 50 %	
8	51 - 75 %	
9	76 - 90 %	
10	91 - 100 %	

Remarque : le recouvrement des espèces est la projection au sol des parties aériennes des plantes.

Lorsque tous les quadrats ont été inventoriés, **il convient de regarder si**, dans la zone de 16 m² non examinée, **des espèces non recensées antérieurement sont présentes**. Leur recouvrement est alors estimé en utilisant l'échelle de dominance (tableau 2) appliquée à l'échelle du relevé (*i.e.* 11 m² non inventoriés).

- Les placettes au sein des communautés amphibies théoriques

Etant donné la superficie restreinte occupée par ces habitats, les placettes de relevé possèdent une superficie de 9 m² (carré de 3 m de côté), au lieu de 16 m² pour les placettes des autres habitats. Le relevé est matérialisé comme précédemment avec des piquets et une corde. Les relevés botaniques sont réalisés au sein de 9 quadrats circulaires de 25 cm de diamètre (figure 11).

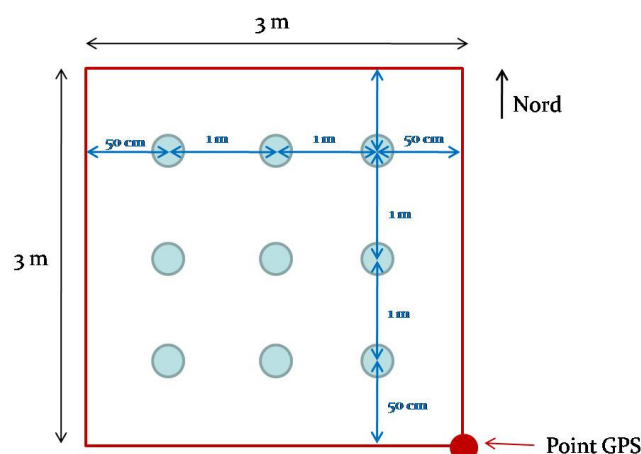


Figure 11 : Configuration de la placette pour les relevés floristiques dans les communautés amphibies

Comme précédemment, seules les plantes vasculaires sont répertoriées. L'estimation du recouvrement est réalisée en séparant les quadrats en quatre parties. Si une espèce est présente dans deux des quarts, un coefficient de 2 lui est attribué ; si une espèce est présente dans tous les quarts, elle possède un coefficient de 4 (figure 12).

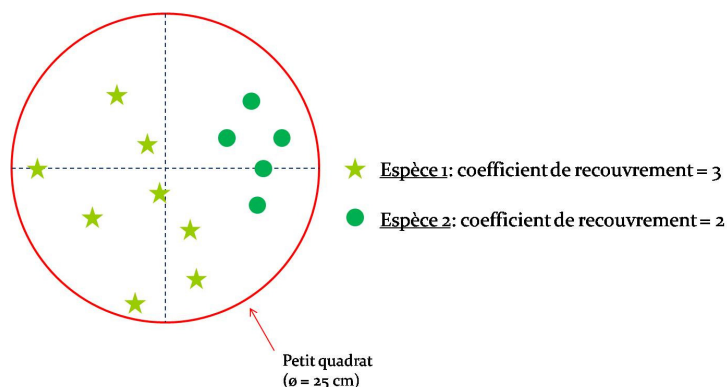


Figure 12 : Coefficients de recouvrement dans les quadrats circulaires pour les espèces des habitats amphibies

Comme précédemment, **une vérification hors quadrats est nécessaire afin de noter la présence de nouvelles espèces**. L'estimation du recouvrement de ces nouvelles espèces est réalisée *via* l'échelle de dominance DOMIN Scale (tableau 2).

Remarques :

- *L'estimation des recouvrements des individus ne tient pas compte de la stratification.*
- *Les relevés hors quadrat ont pour but de compléter les cortèges floristiques des espèces présentes au sein des quadrats.*

2.2.3.4. Données de terrain relatives aux relevés, aux facteurs abiotiques et à la description générale des communautés

- Informations relatives aux relevés et aux facteurs abiotiques

Pour chaque relevé doivent être notés :

- Date et heure du relevé
- Code-échantillon de la placette
- Conditions météorologiques

De plus, il convient de décrire les facteurs abiotiques de terrain pour chaque placette. Le tableau 3 donne, pour chaque variable, les différents paramètres ainsi que les modalités de réponse.

Tableau 3 : Variables abiotiques à relever sur le terrain

Facteurs abiotiques à mesurer sur le terrain		
Variables	Paramètres	Choix
Hydrologie de surface	eau affleurante	à cocher
	sol humide	
	sol sec	
Litière	présence/absence	présence/absence
	épaisseur	cm
	nature dominante des éléments	bois/herbacées/bruyères-arbustes/indéterminé

- Descripteurs des communautés végétales

- *FACIES STRUCTURAUX DE LA VEGETATION*

Initialement, des faciès structuraux ont été définis afin d'analyser l'état de conservation des habitats du marais (Violon, 2008). Puis, lors de l'analyse de l'état avant travaux (Tourneur, 2009), l'utilisation des faciès avaient pour but d'identifier les dynamiques, les gradients de succession et le degré de fermeture du milieu - bas, embroussaillé et boisé - (figure 13). La mise en place de modalités de gestion douce comme le pâturage va limiter l'apparition des faciès embroussaillés et boisés. Il est tout de même intéressant de conserver ce paramètre à titre indicatif pour approximer rapidement la structure de la végétation – structure donnée globalement par la composition des communautés végétales.

Type	Faciès	Caractérisation
Bas	Faciès bas	Formation où les herbacées et les chaméphytes dominent. Les ligneux bas ont un recouvrement total inférieur à 25 %. La Molinie peu imprimer à la végétation une physionomie herbeuse dense et/ou en touradons.
	Faciès herbacé en touradons de Molinie	
Embroussaillé	Faciès d'embroussaillage à Brande et/ou Piment royal et/ou Bourdaine	Formation où les ligneux bas ont un recouvrement compris entre 25 et 75%. La Molinie peut former une strate herbacée en touradons.
	Faciès embroussaillé à Bourdaine	
	Faciès en touradons de Molinie, embroussaillé à Bourdaine	
Boisé	Faciès en touradons de Molinie, boisé à Pin maritime et/ou Bouleau	Formation où les ligneux sont présents avec un recouvrement entre 25 % et 75 %. La Molinie peut former une strate herbacée en touradons.
	Faciès boisé à Pin maritime et/ou Bouleau	

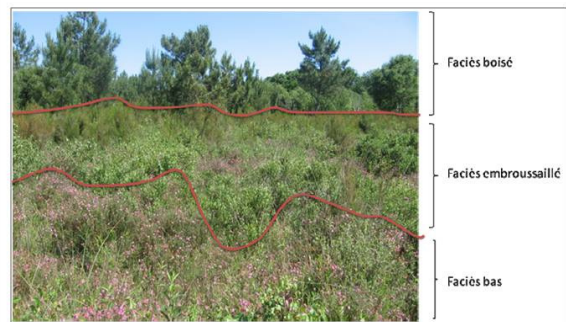


Figure 13 : Les différents faciès structuraux de la végétation à noter lors des relevés (O.N.F., 2008 (1))

- *HAUTEUR DE LA VEGETATION ET TAUX DE RECOUVREMENT*

La hauteur moyenne de la végétation est mesurée ainsi que le pourcentage de sol nu (utilisation de Domin Scale, tableau 2). La hauteur moyenne est à mettre en relation avec le faciès structural. Le tableau 4 présente ces descripteurs, les paramètres associés et les modalités de réponse.

Tableau 4 : Descripteurs des communautés végétales et les paramètres associés, à relever sur le terrain

Descripteurs relatifs à la végétation		
Descripteurs	Paramètres	Choix
Faciès	bas	à cocher
	embroussaillé	
	boisé	
Végétation	hauteur moyenne	cm
	pourcentage de sol nu	coefficient d'abondance

Une fiche type de relevé de terrain est donnée en annexe 11.

2.2.3.5. Suivi photographique des communautés végétales

Elzinga *et al.* (1998) distinguent deux types de monitoring photographique : le suivi “*photopoint*” et le suivi “*photoplot*”. Le “*photoplot*” est la photographie d’une petite surface de taille définie et dont l’objectif est, entre autre, de pouvoir évaluer la densité de chaque espèce à partir de cette photographie. Elle peut être répétée chaque année avec les mêmes caractéristiques et servir pour des comparaisons. Avec un “*photoplot*”, des paramètres qui n’avaient peut-être pas été prévus dans le protocole de monitoring initial peuvent être pris en compte. Le “*photopoint*”, qui est utilisé sur le Palus de Molua, est une photographie plus large, soit du paysage ou d’un quadrat par exemple. Prise à partir du même angle du vue et à des dates similaires, ces photographies peuvent être comparées année après année afin d’observer l’évolution de la végétation, l’apparition de perturbation, etc. Pour un suivi visuel simple, cette méthode est sans doute plus adaptée que la première

Pour le monitoring du Palus de Molua, il s’agit de photographier au moins une fois chaque relevé de végétation, en gardant la même orientation et le même cadrage. Arbitrairement, l’orientation choisie est plein Nord, avec le point G.P.S. en bas à droite de la photo (figure 14). Bien que la méthode ne soit pas très précise, elle est suffisante pour les résultats qu’elle doit fournir.



Figure 14 : Cliché pour le monitoring photographique du relevé 70

A RETENIR

Trouver la placette : G.P.S. Trimble et cartes.

Réalisation des relevés :

- Orientation au Nord avec le point G.P.S. au coin sud-est de la placette.
- Relevés de 16m² sauf pour les communautés amphibies (9 m²).
- 5 quadrats carrés de 1 m² par relevé de 16m² ; pour les communautés amphibies, 9 quadrats circulaires de 25 cm de diamètre par relevé.
- Recensement des espèces dans les quadrats, recensement des espèces hors-quadrat à l'échelle du relevé.

Une fiche de relevé doit contenir :

- Les caractéristiques du relevé (date, heure, code-échantillon, conditions météorologiques).
- Le nom des espèces présentes avec leur coefficient de recouvrement (DominScore).
- Les variables abiotiques de terrain (hydrologie de surface et litière).
- Les caractéristiques générales de la végétation (faciès, hauteur moyenne et pourcentage de sol nu).
- Le code de la photographie.
- Des remarques éventuelles.

2.2.4. Les facteurs biotiques et abiotiques non mesurables sur le terrain

Certaines variables ne sont pas à mesurer lors des relevés de végétation soit parce qu'elles font partie d'un protocole de suivi spécifique (*e.g.* les relevés piézométriques) soit parce qu'elles ont été relevées antérieurement (*e.g.* topographie, perturbation). Le tableau 5 propose la liste des variables ainsi que les paramètres associés et les modalités de réponse. Tout comme les données relevées sur le terrain, ces variables entrent dans les méthodes d'analyse des données.

Tableau 5 : Facteurs biotiques et abiotiques relatifs aux points de relevé, à obtenir hors terrain

Facteurs abiotiques définis hors terrain		
Variables	Paramètres	Choix
Hydrologie	hauteur de la nappe minimale	m
	hauteur de la nappe moyenne	m
	hauteur de la nappe maximale	m
	amplitude	m
Topographie	altitude	m

Facteurs biotiques définis hors terrain		
Variables	Paramètres	Choix
Perturbation	broyage sans export	à cocher
	broyage avec export	
	brûlage + broyage	
	restauration de berges	
	non-intervention	

Remarque : parmi les données abiotiques définies hors terrain, les mesures physico-chimiques (i.e. pH, température, conductivité, oxygène dissout) seront à étudier lors du prochain monitoring ; leur intégration dans les analyses sera à définir.

2.2.5. Stockage des données récoltées

Le stockage des données doit être réalisé dans un fichier Excel, sous forme de tableau. Pour les données photographiques, un dossier spécial doit être créé par année de suivi. Chaque cliché comporte le numéro de la photographie automatiquement attribué par l'appareil photo. Un fichier Excel doit présenter les correspondances entre le numéro de la photo et la référence du relevé photographié.

2.3. Méthode d'analyse des résultats et comparaison interannuelle

L'analyse des relevés floristiques doit répondre à 3 objectifs principaux :

- Qualifier et quantifier la variabilité intergroupe en définissant des groupements de végétation à partir des relevés floristiques en fonction de leur composition et de leur structure, en les reliant à un habitat et en les caractérisant
- Définir les facteurs qui influencent les groupements végétaux et analyser la variabilité intragroupe
- Effectuer une analyse diachronique en comparant les relevés floristiques avec ceux des monitoring précédents, la référence et la cible (dans ce cas, référence et cible sont identiques) et en visualisant la trajectoire floristique.

Pour cela, une procédure de traitement des données est établie et doit être suivie d'année en année afin d'obtenir des résultats comparables.

2.3.1. Définition des groupes de végétation et des habitats

2.3.1.1. Traitement des données brutes

Avant toute chose, il convient d'attribuer à chaque espèce un acronyme permettant une meilleure lecture lors des analyses. Il peut s'agir des 4 premières lettres du genre et des 3 premières de l'espèce, permettant ainsi de différencier *Caropsis verticillatinundata* (CAROVER) de *Carum verticillatum* (CARUVER) par exemple.

Deux protocoles d'échantillonnage ont été réalisés – protocole « communautés amphibies » et protocole « prairies, landes, cladiaies » – et les données qui en sont issues sont traitées de manière légèrement différente.

- Protocole « prairies, landes et cladiaies »

Etape 1 : La moyenne des coefficients de recouvrement de chaque quadrat, par espèce et par relevé, doit être effectuée. Initialement, les espèces hors quadrat ne devaient pas être intégrées aux analyses mais au vu des relevés de terrain et du fait que les espèces caractéristiques se trouvaient souvent hors quadrat, le parti a été pris de les intégrer aux données quadrat. Pour cela, il faut transformer les coefficients des espèces hors quadrat, qui ont été évaluée sur 11 m² (*i.e.* 16 m² moins les 5 m² de relevés quadrats), et les rapporter à un coefficient évalué sur 1 m² (*i.e.* surface d'un quadrat). Le tableau 6 donne ces équivalences.

Tableau 6 : Equivalence coefficients sur 11 m² / coefficient sur 1m²

Coefficients de recouvrement sur 11 m ²	Pourcentages de recouvrement moyen correspondant aux coefficients	Pourcentages de recouvrement moyen sur 11 m ² transformés en pourcentages sur 1 m ²	Correspondance en coefficient sur 1 m ²
1 à 4	0 à 7 %	0 à 0,7 %	0,5
5	18 %	1,63 %	1
6	29,5 %	2,63 %	2
7	42 %	3,77 %	3
8 à 10	63 à 100 %	5,72 à 9,09 %	4

Concrètement pour obtenir le pourcentage équivalent sur 1m², il faut appliquer l'équation suivante :

$$\% \text{ transformé de } 11\text{m}^2 = \frac{\% \text{ sur } 11\text{m}^2 \times 1}{11}$$

Le pourcentage obtenu (*i.e.* l'équivalent sur 1 m²) est à inclure dans les classes de Domin Scale et donne ainsi le coefficient de recouvrement des espèces hors quadrat. Les coefficients équivalents des espèces hors quadrat sont ensuite intégrés dans le tableau de données global.

Etape 2 : Elle consiste à calculer la contribution de chaque espèce au relevé ou son recouvrement relatif. Pour cela, il faut faire la somme des coefficients d'abondance recouvrement par relevé. La contribution d'une espèce au relevé s'obtient en divisant son coefficient de recouvrement par la somme de tous les coefficients du relevé (figure 15).

1	Coefficient d'abondance / recouvrement moyen des espèces du relevé									
	Relevé	AGROCAN	CARUVER	GALIPAL	GENIANG	HYDRVUL	HYPEELO	MOLICAE	MYRIGAL	OSMUREG
	X	1,00	1,50	0,00	0,00	1,67	1,00	1,29	0,00	0,00
		= SOMME(B3:J3)								

2	Coefficient d'abondance / recouvrement moyen des espèces du relevé									
	Relevé	AGROCAN	CARUVER	GALIPAL	GENIANG	HYDRVUL	HYPEELO	MOLICAE	MYRIGAL	OSMUREG
	X	1,00	1,50	0,00	0,00	1,67	1,00	1,29	0,00	0,00
		6,45								

Contribution des espèces au relevé									
Relevé	AGROCAN	CARUVER	GALIPAL	GENIANG	HYDRVUL	HYPEELO	MOLICAE	MYRIGAL	OSMUREG
X	=B3/\$K\$3	0,23	0,00	0,00	0,26	0,15	0,20	0,00	0,00

Figure 15 : Calcul de la contribution des espèces pour un relevé X

- Protocole « communautés amphibies »

Pour ce protocole, les espèces hors quadrat ne sont pas considérées dans le traitement des données car la méthode de relevé permet d'échantillonner les espèces clefs de l'habitat. Par conséquent, il faut directement passer à l'étape 2 du protocole « prairies, landes et cladaies ».

Remarque : afin de vérifier les calculs, la somme par relevé des contributions spécifiques doit être égale à 1.

2.3.1.2. Définition des groupements végétaux

La définition des groupes s'obtient en réalisant une A.F.C. (Analyse des Facteurs de Correspondance) sur les données traitées via le protocole du point 2.3.1.1. A la suite de l'A.F.C., une classification ascendante hiérarchique (C.A.H.) est réalisée permettant ainsi de regrouper les relevés se ressemblant le plus floristiquement. Suivant les paramètres choisis, il est possible de définir un nombre x de groupes de végétation. La projection de ces groupes dans l'A.F.C. permet d'affiner le choix de leur nombre.

2.3.1.3. Nomination des groupes

Pour traiter les groupes de végétation obtenus et pour pouvoir les comparer avec les résultats des années antérieures, il est plus facile de leur attribuer un nom d'habitat lorsque cela est possible. Il est alors nécessaire de regarder les espèces dominantes du groupement *via* la fréquence relative (Fr) et le recouvrement moyen (Rmoy) des espèces sur l'ensemble du relevé dont les formules sont les suivantes :

$$R_{moy} = \frac{\sum(\% \text{ de recouvrement d'une espèce sur l'ensemble des relevés})}{\text{nombre de relevés}}$$

$$Fr = \frac{\text{nombre de fois où l'espèce est présente dans le groupe}}{\text{nombre de relevés dans le groupe}}$$

Il faut ensuite comparer ces résultats avec la composition des habitats présents sur la zone pour déterminer à quel habitat les groupes appartiennent. La composition des habitats présents s'obtient *via* les cahiers d'habitats Natura 2000 et *via* les compositions décrites dans la bibliographie.

2.3.2. Définition de la structure des communautés végétales

Pour caractériser le groupe de végétation, plusieurs indices de diversité sont calculés comme la richesse spécifique (RS), le recouvrement moyen des espèces (Rmoy), la fréquence relative des

espèces (Fr), l'indice de Shannon (H') et l'indice d'équitabilité (J). Les formules de Rmoy et de Fr ont été vues précédemment.

Concernant la richesse spécifique, il faut la calculer d'abord pour chaque relevé du groupe puis faire une moyenne pour le groupe (RSmoy) :

$$RS = \text{nombre d'espèce}$$

$$RSmoy = \frac{\sum RS \text{ des relevés}}{\text{nombre de relevés}}$$

Pour les indices de diversité, les formules sont tirées de Grall et Hily (2003) :

$$H' = - \sum \left(\left(\frac{N_i}{N} \right) \times \log_2 \left(\frac{N_i}{N} \right) \right)$$

Avec N_i : le nombre d'individu d'une espèce donnée ; N : le nombre total d'individu

Un H' est calculé pour chaque relevé et le H' relatif au groupe (H' moy) est la moyenne des H' de tous les relevés du groupe. L'indice de Shannon donne des indications sur la structure de la communauté végétale. Ainsi H' est minimal (*i.e.* $H' = 0$) lorsque la communauté est dominée par une seule espèce ou que chaque espèce est représentée par un seul individu ; lorsque H' est maximal, les espèces sont équitablement réparties.

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad \text{et} \quad H'_{\max} = \log_2(S)$$

Avec S : le nombre total d'espèces dans le relevé

J est calculé pour chaque relevé du groupe et l'équitabilité relative au groupe (J moy) est la moyenne de tous les J du groupe. Lorsque J est proche de 0, une seule espèce domine la communauté ; lorsque l'indice est maximal (*i.e.* $J=1$), les espèces possèdent des abondances identiques et sont donc équiréparties.

De plus, en examinant les caractéristiques des espèces clefs de l'habitat (ou espèces dominantes), il est possible d'avoir des informations sur les caractéristiques abiotiques du milieu telles que l'hydromorphie et la nature des sols.

2.3.3. Détermination des facteurs qui conditionnent le développement des communautés végétales

La détermination des facteurs environnementaux influençant le développement des communautés végétales a pour objectif de mieux comprendre le fonctionnement du marais et les interactions qui existent entre la flore et les différentes caractéristiques du milieu. Ces informations pourront être

utilisées à l'avenir pour améliorer les outils de gestion du site. Les principales questions à se poser concernant les facteurs environnementaux et la démarche globale de réflexion sont présentées ci-dessous. Une application concrète est ensuite réalisée avec le jeu de données du suivi 2012.

2.3.3.1. Facteur biotique : la perturbation

La perturbation résulte des actions de restauration qui ont été réalisées sur le Palus de Molua en 2010 et 2011. Il est essentiel de comprendre comment ces différentes actions impactent la végétation afin de mettre en avant les méthodes de restauration les plus bénéfiques. Les données de végétation sont représentées *via* la richesse spécifique (RS) d'une zone ou d'un habitat. Deux thèmes font l'objet d'analyses :

- **L'influence de la perturbation sur la RS** : comparaison des relevés sur zones non perturbées (relevés 2009 avant travaux) avec ces mêmes relevés sur zones après perturbation (2012, quelle que soit la modalité) à l'exception des communautés amphibies ; comparaison des communautés amphibies 2012 perturbées / 2012 non perturbées.
- **L'impact des différentes modalités d'action sur la RS** : comparaison de la RS pour les points ayant subi le « broyage + export », « broyage sans export » et « brûlage + broyage ». Ceci implique la comparaison d'habitats différents et les résultats obtenus doivent être analysés avec précaution. Il est possible d'envisager également des analyses par type d'habitat afin d'éliminer cet inconvénient.

2.3.3.2. Facteurs abiotiques

- Hydrologie et topographie

Pour obtenir des données hydrologiques pour chaque point de relevé, il faut extrapoler les valeurs de hauteur de nappe des piézomètres aux points de relevé floristique. Les valeurs moyennes entre juillet 2011 et juin 2012 sont utilisées pour le suivi 2012. L'hypothèse formulée est donc que la topographie et le niveau de la nappe sont corrélés. Avant l'extrapolation, il est nécessaire de s'assurer de cette corrélation (utilisation des valeurs hydrologiques et altimétriques des piézomètres). En fonction du résultat, différentes techniques d'extrapolation doivent être envisagées afin d'obtenir les meilleures estimations. Dans le cas où la topographie et l'hydrologie sont corrélées, il est possible d'analyser seulement les données hydrologiques. Dans le cas contraire, les deux compartiments font l'objet d'analyse.

Relativement à l'hydrologie, il faut examiner :

- Si les différents groupes de végétation possèdent **des niveaux hydrologiques moyens identiques** et, si non, essayer de voir quels sont les groupes qui se ressemblent le plus

hydrologiquement. Ces données fournissent des informations sur les caractéristiques des groupes et confirment les hypothèses d'habitat.

- Si la **variabilité hydrologique intragroupe** a une influence sur la variabilité de la RS des groupes floristiques afin de mettre en avant une potentielle mosaïque.

Les questions relatives à la topographie peuvent être similaires.

- Litière

La litière, notamment par son **épaisseur**, peut expliquer une partie du développement végétal. Il faut donc se demander si :

- L'épaisseur de litière est **significativement différente** entre les groupes de végétation, caractéristique qui pourrait être liée au type d'habitat.
- L'épaisseur de litière est **corrélée** de manière linéaire **au pourcentage de sol nu**.
- L'épaisseur de litière a un **effet sur la RS** des groupes
- L'épaisseur de litière est **corrélée à la modalité « export »** de la perturbation, l'hypothèse étant que s'il y a eu export de la matière après le broyage, l'épaisseur de litière doit être plus faible que là où il n'y aurait pas eu d'export.

2.3.3.3. Analyses multifactorielles

A partir des A.F.C. relatives aux groupes de végétation, l'influence des facteurs peut être estimée. En intégrant les caractéristiques des espèces et des relevés dans l'analyse des résultats, les axes 1 et 2 peuvent être définis. Si cela s'avère nécessaire, une Analyse en Composantes Principales (ACP) peut être réalisée pour compléter les A.F.C.

2.3.4. Comparaison interannuelle des habitats : les trajectoires floristiques

La comparaison interannuelle a pour objectif de comprendre de quelle manière les habitats ont évolués en tenant compte de l'état cible, des suivis précédents (notamment celui de 2009, avant travaux de restauration) et des résultats du suivi de l'année en cours. En fonction des résultats de cette comparaison et de l'analyse des changements environnementaux, il est possible d'émettre des hypothèses sur les trajectoires floristiques et d'extrapoler les données afin d'envisager des actions de gestion qui permettraient de se rapprocher de l'état de référence.

Deux approches sont à utiliser :

- La comparaison des indices de diversité afin d'examiner concrètement ce qui a changé.
- La projection des relevés dans une A.F.C. afin de voir comment les relevés des différentes années se positionnent les uns par rapport aux autres. Les axes de l'A.F.C. représentent des

variables environnementales et leur identification permet de comprendre les variations dans le positionnement des relevés. Afin d'avoir une analyse plus fine, il est possible également de projeter les différentes années à l'échelle des habitats seulement.

III. Résultats du suivi 2012, analyse des données et discussion

Les résultats 2012 sont présentés en annexe 12 et les acronymes utilisés pour nommer les espèces en annexes 13 et 14.

3.1. Résultats 2012 et analyses

3.1.1. Définition des groupes de végétation

Lors de la réalisation de l'A.F.C. à partir des données brutes traitées (logiciel R), trois relevés (relevés 37, 52 et 53) ont été exclus des analyses car ils apparaissaient, de manière graphique, très éloignés floristiquement. Après cette rectification, l'A.F.C. a montré qu'environ 60% de la variabilité dans les relevés est expliqué par l'information portée par l'axe 1, et que l'axe 2 en explique quant à lui 35%. Ensuite, la classification hiérarchique ascendante (figure 16) a permis de mettre en avant 3 à 4 groupes de végétation.

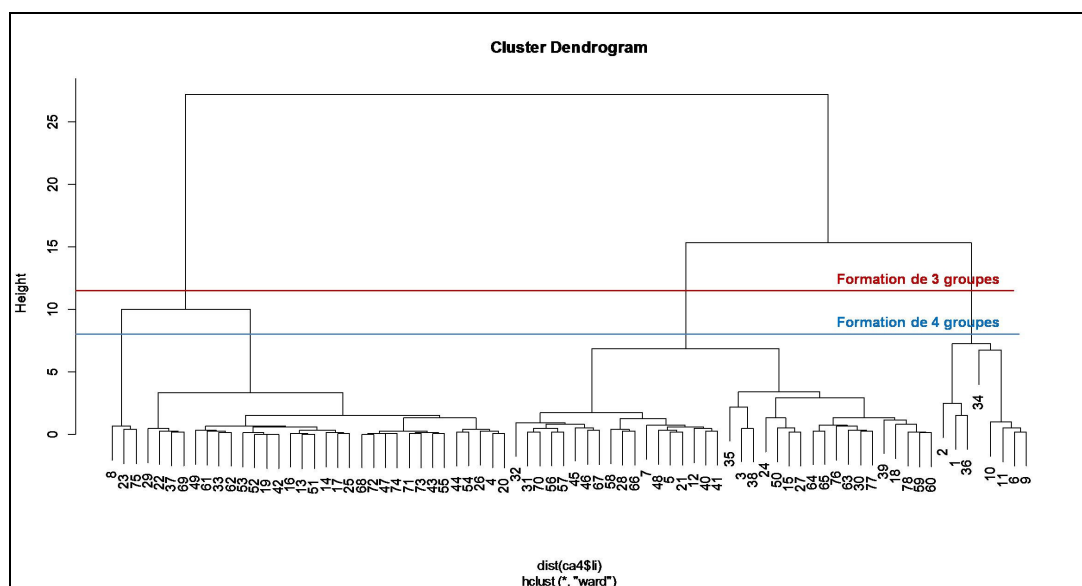


Figure 16 : Arbre de classification représentant la répartition des relevés en plusieurs groupes

Afin de statuer sur le nombre de groupes, deux projections dans l'A.F.C. sont effectuées (figure 17). A ce stade, il est difficile de savoir si les groupes 2 et 4, en partie superposés dans la projection, sont bien deux groupes distincts ou s'ils n'en forment qu'un seul. Dans le doute, 4 groupes sont considérés pour la suite des analyses.

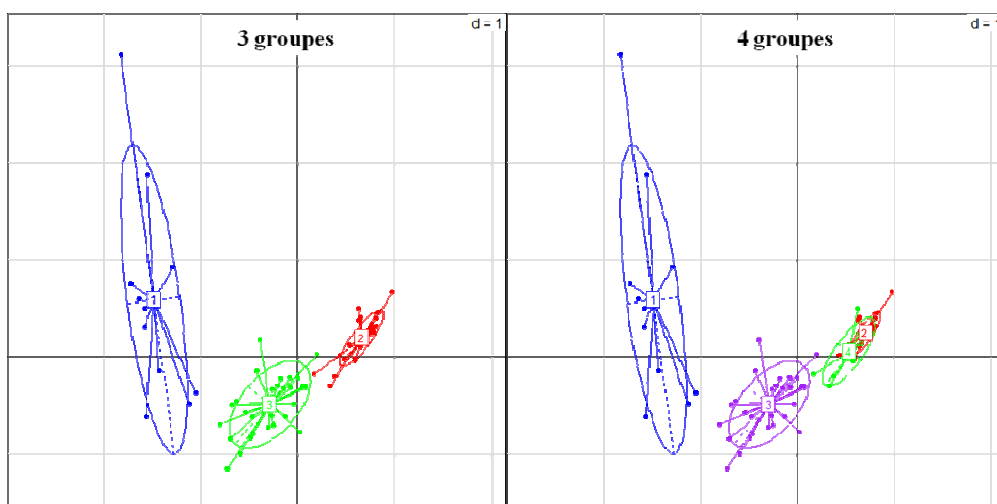


Figure 17 : Projection des groupes de végétation dans l'A.F.C.
en fonction des axes 1 (*axe horizontal*) et 2 (*axe vertical*)

3.1.2. Nomination des groupes

Quatre groupes ont été retenus suite à classification. Afin de savoir de quels habitats il s'agit, les espèces dominantes et compagnes ont été identifiées pour chacun d'entre eux. Pour les suivis en 2012, une espèce est considérée comme dominante lorsque sa fréquence relative est supérieure ou égale à 50 % et que son recouvrement moyen fait partie des plus élevés du groupe. Le seuil pour la fréquence dépend des résultats obtenus lors des relevés. Les graphiques présentant les fréquences relatives et le recouvrement moyen des espèces de chaque groupe sont donnés en annexe 15.

Concernant le **groupe 1** (11 relevés), les espèces dominantes sont *Eleocharis multicaulis*, *Hydrocotyle vulgaris* et *Hypericum elodes* avec une $Fr > 50 \%$ et un $R_{moy} > 10 \%$. De plus, des espèces telles que *Baldellia ranunculoides*, *Agrotis canina*, *Carum verticillatum*, *Juncus bulbosus*, *Rhynchospora fusca* et *Schoenus nigricans* sont présentes. Ainsi, ce groupe peut être assimilé à une communauté amphibie et plus particulièrement à l'habitat 3110-1 des cahiers d'habitats Natura 2000 : « Eaux stagnantes à végétation vivace oligotrophique planitiaire à collinéenne des régions atlantiques » (figure 18).



Figure 18 : Relevé de végétation
dans les communautés amphibies

Le **groupe 2** (28 relevés) est dominé par *Molinia caerulea*, *Erica scoparia*, *Frangula dodonei* et *Myrica gale*. *A priori*, ce groupe pourrait être une prairie à Molinie (« Moliniaies hygrophiles acidiphiles atlantiques », habitat 6410-9 des cahiers d'habitats) bien que les chaméphytes soient un peu trop présents pour ce type d'habitat (figure 19).



Figure 19 : Relevé dans la prairie à Molinie

Le **groupe 3** (29 relevés) est assez disparate et de nombreuses espèces sont présentes à plus de 50 % (*i.e.* Fr > 50%). Les espèces dominantes sont *Molinia caerulea*, *Myrica gale*, *Cladium mariscus*, *Eleocharis multicaulis*, *Erica tetralix* et *Hydrocotyle vulgaris*. De plus, des espèces favorisées par des conditions très humides ont été répertoriées (*e.g.* *Phragmites australis*, *Hypericum elodes*). Ce groupe peut donc être assimilé à une lande para-tourbeuse avec un début de colonisation par un cladiaie peu dense (figure 20). Selon la typologie des cahiers d'habitats Natura 2000, ce groupe se compose de deux habitats : « Landes humides atlantiques tempérées à Bruyère ciliées et Bruyère à 4 angles » (code 4020-1) et « Cladiaie dense à végétation à Marisque » (code 7210-1).



Figure 20 : Lande paratourbeuse envahie par la cladiaie

Le **groupe 4** (10 relevés) est dominé par *Molinia caerulea*, *Erica scoparia*, *Frangula dodonei* et *Erica tetralix*. La proportion de chaméphytes est plus importante que dans le groupe 2. *Potentilla erecta* et *Myrica gale* font partie des espèces compagnes. Ce groupe est donc identifié comme une « Lande humide atlantique tempérée à Bruyère ciliées et Bruyère à 4 angles » (code 4020-1) se développant sur sol sablo-organique (figure 21).



Figure 21 : Lande humide sur le Palus de Molua

Malgré la similitude typologique entre la lande humide du groupe 3 et celle du groupe 4, le degré d'hydromorphie apparent laisse penser que les trajectoires floristiques sont divergentes et donc qu'il est nécessaire de différencier ces deux groupes.

3.1.3. Définition de la structure des communautés végétales et caractéristiques écologiques

Groupe 1 : Communautés amphibies

Le groupe est caractérisé par des espèces vivant dans des milieux humides et paratourbeux. Le faciès structural est de type bas avec un pourcentage de sol nu allant jusqu'à 75 %. Ceci s'explique notamment par le fait que ces communautés sont fortement conditionnées par le niveau de l'eau (nappe et plan d'eau). Par conséquent, le développement végétal, structuré selon un gradient physico-chimique, est limité. La hauteur moyenne de la végétation est comprise entre 7 et 60 cm, avec une moyenne de 30 cm. Des indices de diversité ont également été calculés et sont présentés dans le tableau 7. Ils indiquent une diversité spécifique moyenne avec une bonne répartition des espèces.

Tableau 7 : Richesse Spécifique, indice de Shannon et d'équitabilité pour le groupe 1

RSmoy	H'moy	Jmoy
9,64	3,08	0,95

Groupe 2 : Prairie à Molinie

Les espèces dominantes du groupe sont méso à hygrophyles exceptées pour *Erica scoparia* qui préfère les conditions un peu plus sèches (Julve, 1998). Elles caractérisent donc un milieu humide qui bénéficierait d'une exondation prolongée. Le faciès est bas et le pourcentage de sol nu est compris entre 0 et 75 % avec une majorité de relevé possédant au maximum 25 % de sol nu. La hauteur moyenne de végétation est comprise entre 15 et 50 cm. Les indices de diversité du groupe 2 sont présentés dans le tableau 8. Ils indiquent un faible nombre d'espèces, un indice de Shannon peu élevé mais une répartition relativement équilibrée des espèces.

Tableau 8 : Richesse Spécifique, indice de Shannon et d'équitabilité pour le groupe 2

RSmoy	H'moy	Jmoy
5,21	1,81	0,78

Groupe 3 : Lande humide et Cladiaie

Les espèces dominantes caractérisent un milieu très humide voire inondé une partie de l'année. Les Ericacées, *Drosera intermedia*, *Molinia caerulea* et de *Potentilla erecta* notamment sont caractéristiques de la lande paratourbeuse alors que *Cladium mariscus*, *Phragmites australis*,

Lythrium salicaria et *Lysimachia vulgaris* sont plutôt des espèces indicatrices de la cladiaie. Le faciès est bas à l'exception de 4 relevés. Le pourcentage de sol nu atteint 75% dans certaines zones mais dans la majorité des relevés, il n'excède pas les 10 %. La hauteur de végétation est comprise entre 20 cm et 1 m avec une moyenne d'environ 35 cm. Les indices de diversité (tableau 9) indiquent une richesse spécifique et un indice de Shannon supérieurs à ceux des autres groupes. L'indice d'équitabilité indique une bonne répartition des espèces.

Tableau 9 : Richesse Spécifique, indice de Shannon et d'équitabilité pour le groupe 3

RSmoy	H'moy	Jmoy
13,93	3,41	0,92

Groupe 4 : Lande humide

Les espèces du groupe 4 indiquent un milieu plus humide que celles du groupe 2 avec lequel il pouvait se confondre sur l'A.F.C. (figure 17). La présence des espèces comme *Salix sp.* et *Osmunda regalis* et une fréquence plus élevée de *Betula pubescens*, par exemple, renforce cette hypothèse. Le faciès structural est bas à l'exception d'un relevé. Le pourcentage de sol nu est majoritairement inférieur à 10% même si deux relevés en possèdent entre 50 et 75%. La hauteur de végétation est comprise entre 10 cm et 1 m avec une moyenne de 40 cm environ. Les indices de diversité sont supérieurs à ceux du groupe 2, renforçant l'hypothèse des deux groupes de végétation. De plus, les espèces sont bien réparties (tableau 10).

Tableau 10 : Richesse Spécifique, indice de Shannon et d'équitabilité pour le groupe 4

RSmoy	H'moy	Jmoy
9,70	2,86	0,88

A RETENIR

Les premières analyses des relevés 2012 montrent que la zone échantillonnée du Palus de Molua possède 4 groupes de végétation :

- Des **communautés amphibies** : « Eaux stagnantes à végétation vivace oligotrophique planitiaire à collinéenne des régions atlantiques » (code N2000 : 3110-1)
- Une **prairie à Molinie** : « Moliniaies hygrophiles acidiphiles atlantiques » (code N2000 : 6410-9)
- Une **lande para-tourbeuse** légèrement colonisée par une **cladiaie** : « Landes humides atlantiques tempérées à Bruyère ciliées et Bruyère à 4 angles » (code N2000 : 4020-1) et « Cladiaie dense à végétation à Marisque » (code N2000 : 7210-1)
- Une **lande humide** sur substrat sablo-organique : « Lande humide atlantique tempérée à Bruyère ciliées et Bruyère à 4 angles » (code N2000 : 4020-1)

3.1.4. Etude des facteurs qui conditionnent le développement des communautés végétales

Lorsqu'il s'agit d'évaluer l'impact d'une variable sur les données flore, la richesse spécifique est utilisée plutôt que les recouvrements car elle est plus facile à manier et qu'elle rend suffisamment compte de la composition des groupes de végétation lorsque les espèces sont typiques de l'habitat qu'elles composent.

3.1.4.1. Les facteurs biotiques

Afin d'évaluer l'influence de la perturbation, différents tests statistiques sont réalisés. Les résultats des tests sont présentés ci-dessous et les éléments les caractérisant sont donnés en annexe 16.

• TEST 1 : La perturbation a-t-elle une influence significative sur la richesse spécifique ?

Il faut ici comparer les relevés ayant subi une perturbation (relevés 2012) avec ceux n'ayant pas été perturbés (représentés par les relevés 2009 de l'état initial). Seuls les points en commun entre les deux années sont pris en compte. Les communautés amphibies ne sont pas intégrées car celles de 2012 n'ont pas été toutes identifiées en 2009.

Un test t de Student ($\alpha = 0,05$) est réalisé sur ces données. Il montre que l'hypothèse nulle H_0 , absence de différence significative entre les échantillons, est acceptée signifiant que la perturbation n'a pas d'influence significative sur la RS.

• TEST 2 : Pour le groupe de végétation 1, la RS est-elle influencée par la restauration des berges ?

Afin de compléter le test 1, le même test est effectué sur les communautés amphibies. Toutes les données sont issues du suivi 2012, car il présente à la fois des relevés ayant subi une restauration de berges et des relevés non restaurés.

Un test t de Student ($\alpha = 0,05$) est réalisé sur ces données et il montre que l'hypothèse nulle H_0 est rejetée. Cela signifie que les moyennes des échantillons sont significativement différentes et que la RS des relevés du groupe 1 est influencée par la restauration des berges. D'après la figure 22, la RS des relevés ayant été restaurés est supérieure à celle des relevés non restaurés.

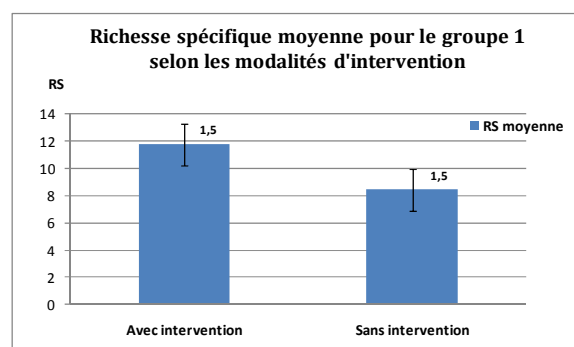


Figure 22 : Comparaison graphique des RS du groupe 1

• **TEST 3 : Existe-t-il une différence significative de RS entre les modalités de travaux ?**

L'objectif ici est de se renseigner sur les conséquences des différentes modalités de gestion, s'il est utile ou non de mettre en place plusieurs stratégies d'action ou si elles ont toutes le même impact sur la flore. Les modalités comparées sont le « broyage+export », le « broyage sans export » et le « brûlage+broyage ». Les données de tous les habitats sont mélangées.

Le test de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) appliqué à ces données montre que l'hypothèse nulle H_0 (absence de différence entre les échantillons) est acceptée et qu'il n'existe pas de différence significative de RS en fonction des modalités de travaux.

• **TEST 4 : En rassemblant les données du groupe 2 et du groupe 4, l'export après le broyage a-t-il une influence significative sur la RS ?**

Pour obtenir des résultats plus précis, l'impact des modalités d'action est réalisé par type d'habitat. Les données des groupes de végétation 2 et 4 sont assemblées car, bien qu'*a priori* identifiés comme deux habitats différents, leurs caractéristiques sont relativement proches. Les modalités «broyage » avec et sans export et « brûlage et broyage » sont les plus fréquentes et ce sont donc elles qui sont utilisées (le brûlage peut être assimilé à un export de matière). Plus précisément, c'est l'impact de l'export sur la RS qui est testé. De plus, deux séries sont effectuées, en fonction de l'année durant laquelle la perturbation a eu lieu (2010 ou 2011).

Un test de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$; H_0 : les échantillons ont la même distribution) montre que les différences de RS des relevés entre la modalité « broyage avec export + brûlage et broyage » et « broyage sans export » ne sont pas significatives (H_0 acceptée et la différence entre les moyennes est due au hasard d'échantillonnage) et cela quelque soit l'année de la perturbation. Autrement dit, le fait de retirer la matière après le broyage ou de brûler n'offre pas un résultat différent en termes de RS que le fait de tout laisser sur place.

3.1.4.2. Les facteurs abiotiques

Les détails des tests d'hypothèse pour les facteurs abiotiques sont donnés en annexe 17.

• **L'hydrologie et la topographie**

○ **CORRELATION HYDROLOGIE / TOPOGRAPHIE**

Afin de prouver la corrélation entre les données hydrologiques et topographiques, un test de corrélation de Pearson ($\alpha = 0,05$; $p\text{-value} = 0,01$) est effectué. Il indique que la corrélation est significative. La figure 23 permet de visualiser cette corrélation. Le coefficient de détermination R^2 est cependant assez faible ce qui indique que la corrélation, bien que significative, n'est pas très

forte. La figure 23 montre également que la corrélation est négative : lorsque l'altitude augmente, le niveau piézométrique diminue.

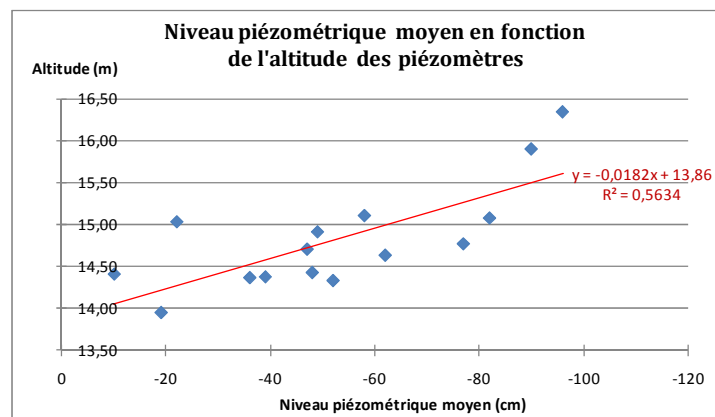


Figure 23 : Relation entre le niveau piézométrique moyen et l'altitude des piézomètres

Ne disposant pas d'une méthode plus précise, les valeurs piézométriques moyennes sont extrapolées aux différents points de relevé. Ainsi chaque relevé est rattaché à un piézomètre en fonction de son altitude et de sa distance à celui-ci. La carte en annexe 18 permet de visualiser cette répartition.

○ RESULTATS DES TESTS STATISTIQUES

• TEST 5 : Le niveau hydrologique moyen est-il significativement différent entre les 4 groupes de végétation ?

Le test de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$; H_0 : absence de différence entre les échantillons) permet de rejeter H_0 et de montrer que les différences de niveau moyen de la nappe entre les 4 groupes sont significatives. Afin d'obtenir des résultats plus précis, une comparaison multiple à l'aide d'un test de Tukey ($\alpha = 0,05$) est réalisée. Elle montre que le niveau hydrologique moyen n'est pas significativement différent entre les groupes 1 et 3 (*i.e.* communautés amphibies et lande paratourbeuse envahie par la cladiaie), et entre les groupes 2 et 4 (*i.e.* prairie à Molinie et lande humide). Pour les autres comparaisons intergroupes, les différences sont significatives (figure 24).

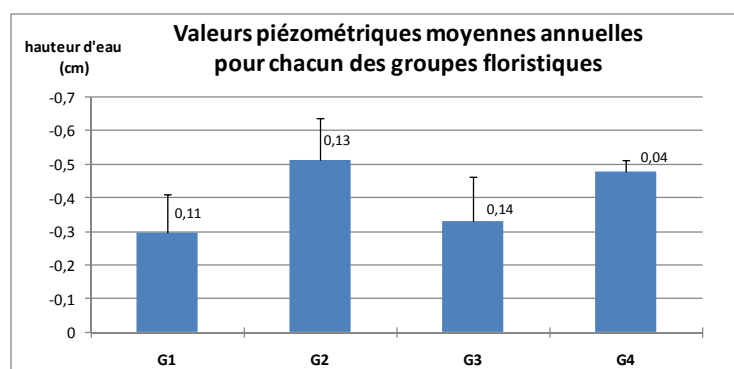


Figure 24 : Données hydrologiques moyennes annuelles par groupes floristiques

- **TEST 6 : Au sein de chaque groupe de végétation, la valeur hydrologique moyenne a-t-elle une influence sur la RS ?**

Il existe au sein de chaque groupe de végétation des variations de la RS. Afin de savoir si ces différences peuvent être expliquées par la variabilité des niveaux hydrologiques moyens, pour chaque groupe, les valeurs de RS ont été réparties en différentes colonnes. Chaque colonne correspond à une valeur hydrologique moyenne attribuée à au moins un relevé du groupe. Ainsi, la RS d'un relevé a été inscrite dans la colonne qui correspond à la valeur hydrologique du relevé, et ceci pour chaque relevé du groupe. Au total, 4 tests de Kruskal-Wallis sont réalisés, un pour chaque groupe de végétation. L'hypothèse nulle, selon laquelle il n'y a pas de différence entre les échantillons, est acceptée dans tous les cas montrant ainsi, qu'au sein de chaque groupe, les valeurs moyennes de RS pour chaque niveau piézométrique ne sont pas différentes entre elles et ces différences piézométriques intragroupes n'influencent pas la RS des relevés.

- *La litière*

- **TEST 7 : L'épaisseur de litière est-elle significativement différente entre les 4 groupes de végétation ?**

Les quatre groupes de végétation sont utilisés mais pour le groupe 1, qui ne possède pas de litière, les valeurs 0 cm sont remplacées par 0,1 cm pour pouvoir être intégrées à l'analyse. Un test de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$; H_0 : absence de différence entre les échantillons) est effectué. Il permet de rejeter H_0 , montrant que les échantillons sont significativement différents. Pour savoir s'ils sont tous significativement différents entre eux, une comparaison multiple est effectuée grâce à un test de Tukey ($\alpha = 0,05$). Elle montre que le groupe 1 est significativement différent de tous les autres groupes et que les groupes 2 et 3 possèdent également une épaisseur de litière significativement différente.

- **TEST 8 : L'épaisseur de litière est-elle corrélée au pourcentage de sol nu ?**

Pour voir si l'épaisseur de litière est corrélée avec le pourcentage de sol nu, un test de corrélation de Spearman est réalisé ($\alpha = 0,05$; H_0 : absence de corrélation) et il montre qu'en acceptant H_0 dans tous les groupes, la corrélation linéaire « épaisseur de litière / pourcentage de sol nu » n'est pas significative.

- **TEST 9 : La litière a-t-elle un effet sur la RS ?**

Pour ce test, seuls les groupes 2 et 4 sont considérés. Comme ces groupes sont assez semblables, leurs données sont mises en commun. Des classes d'épaisseur de litière sont créées pour connaître le seuil potentiel auquel l'épaisseur influencerait la RS. Avec un test de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$; H_0 : absence de différence entre les échantillons) pour lequel H_0 est acceptée, est mis en avant le fait

qu'il n'y a pas de différence significative de RS entre les classes d'épaisseur de litière. Aucun seuil n'est détecté.

• **TEST 10 : Existe-t-il un lien entre l'épaisseur de litière et le fait d'exporter la matière après les travaux ?**

Dans l'hypothèse selon laquelle l'épaisseur de litière est corrélée à la modalité « export », dans une zone où la matière a été exportée, l'épaisseur de litière doit être moindre que dans une zone où il n'y a pas eu d'export. Le test 10 a pour but de vérifier cette hypothèse. Il se base sur les groupes de végétation 2 et 4, et leurs données sont assemblées. Un test de Mann-Whitney unilatéral ($\alpha = 0,05$; H_0 : les valeurs de l'échantillon "avec export" ne sont pas inférieures à celles de l'échantillon "sans export") est réalisé. H_0 est acceptée signifiant que, contrairement à ce qui était supposé, lorsque la matière est exportée, l'épaisseur de litière n'est pas plus faible que lorsqu'il n'y a pas d'export. Afin de compléter ce test, un autre test de Mann-Whitney est effectué mais de manière bilatérale ($\alpha = 0,05$; H_0 : les échantillons ne sont pas différents). Il révèle que la différence entre les échantillons n'est pas significative et que l'épaisseur de litière n'est pas significativement différente lorsque la matière est laissée sur place et lorsqu'elle est exportée.

3.1.4.3. L'Analyse Factorielle des Correspondances

L'A.F.C. permet de projeter sur un système d'axes les relevés, les groupes de végétation ainsi que les espèces. L'examen du positionnement relatif de ces composants sur les axes et de leurs caractéristiques peut permettre la détermination des facteurs environnementaux qui sont représentés par les axes. Pour remplir cet objectif, il faut obtenir la contribution de chaque relevé ou espèce à chacun des axes, classer les contributions par ordre décroissant afin de déterminer les espèces/relevés qui contribuent le plus à chaque axe. Ainsi, en situant les espèces/relevés sur l'A.F.C., des gradients environnementaux peuvent être mis en évidence.

Cette méthode a été appliquée aux deux premiers axes pour le suivi de 2012. L'annexe 19 présente les tableaux de contribution des espèces, des groupes et des relevés aux axes 1 et 2.

• *Analyse de l'axe 1*

La figure 25 présente les projections des espèces, des relevés et des groupes les plus contributifs à l'axe 1 (axe horizontal). Sont encadrés les composants les plus contributifs à cet axe. Arbitrairement, les 10 premiers composants sont classés comme les plus contributifs.

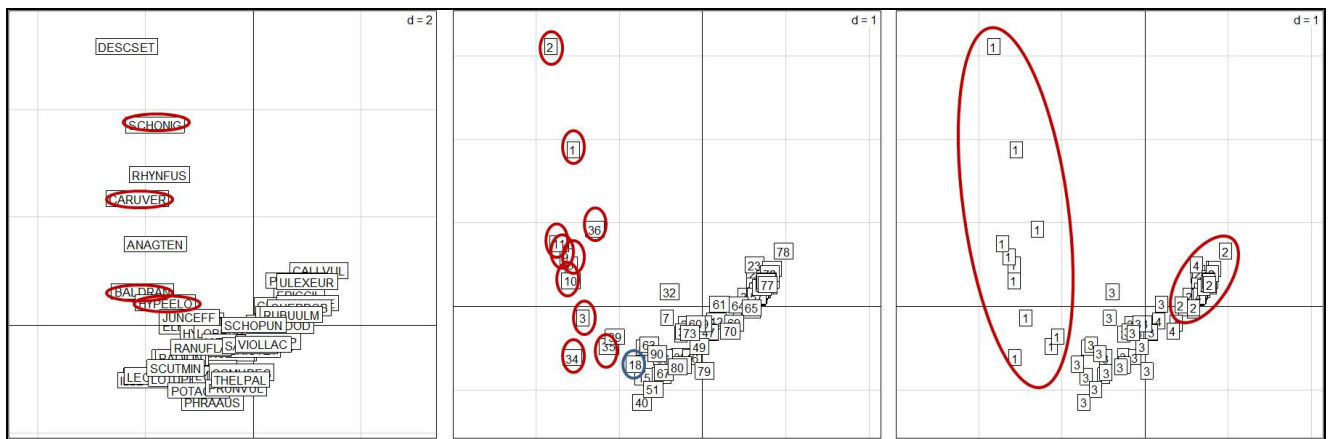


Figure 25 : Projection, de gauche à droite, des espèces, des relevés et des groupes sur les axes 1 (axe horizontal) et 2 (axe vertical) de l'A.F.C.

Les espèces les plus contributives sont toutes situées sur le côté gauche de l'axe 1. Ce sont des espèces amphibies ou au moins caractéristiques des zones fortement humides. A droite de l'axe, se trouvent des espèces indicatrices de milieux plus secs telles que *Calluna vulgaris* et *Ulex minor*. Cet axe pourrait donc être lié à l'hydromorphie. La répartition des relevés et des groupes montrent que les relevés du groupe 1 (*i.e.* communautés amphibies) se trouvent toutes à gauche de l'axe et que les relevés du groupe 2 (*i.e.* prairie à Molinie) sont préférentiellement sur la droite. La prairie à Molinie est un habitat beaucoup plus sec que celui des communautés amphibies. L'axe 1 représente donc l'hydrologie avec un gradient de droite (milieux très humides voire en eau) à gauche (milieux plus secs).

- Analyse de l'axe 2.

La même démarche que l'axe 1 est effectuée pour l'axe 2 mais les résultats obtenus sont beaucoup plus difficiles à interpréter. La figure 26 présente l'A.F.C. projetant les espèces, les relevés et les groupes.

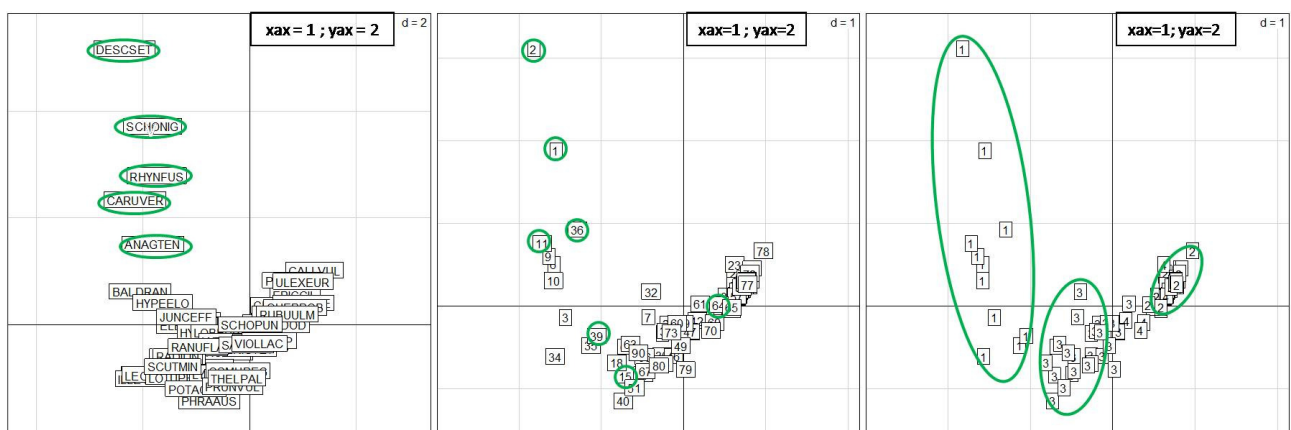


Figure 26 : Projection, de gauche à droite, des espèces, des relevés et des groupes selon les axes 1 (axe horizontal) et 2 (axe vertical)

Afin de déterminer la nature de l'axe 2, les coefficients de Julve (1998) ont été examinés pour les espèces les plus contributives mais ils ne permettent pas de mettre en avant la nature de l'axe car aucun gradient n'est observé. Ensuite, les données altimétriques, hydrologiques et la litière ont été étudiées au niveau des points. Tout comme pour les espèces, aucun gradient n'est mis en évidence. Enfin, l'A.F.C. représentant les groupes ne montre pas vraiment de succession d'habitats le long de l'axe. Il est donc impossible, avec les données disponibles, d'expliquer la nature de l'axe 2. Il est donc qualifié de multifactoriel.

Remarque : la démarche a été réalisée pour l'axe 3 mais les résultats sont semblables à ceux de l'axe 2, il est impossible de déterminer sa nature.

3.1.5. Comparaison interannuelles et trajectoires floristiques

3.1.5.1. Comparaison des indices de diversité par habitat

- **Communautés amphibiennes**

La figure 27 permet de remarquer que la richesse spécifique 2012 est plus faible que celle de 2009 et de la référence mais qu'en contrepartie l'indice d'équitabilité J est le plus fort des trois. Cela signifie qu'il y a moins d'espèces en 2012 mais qu'elles sont quasiment équiréparties, sans dominance marquée d'un des taxons. L'indice de Shannon est équivalent à celui de 1963 et supérieur à celui de 2009, signifiant une meilleure diversité en 2012 qu'en 2009 par rapport à la diversité maximale du site.

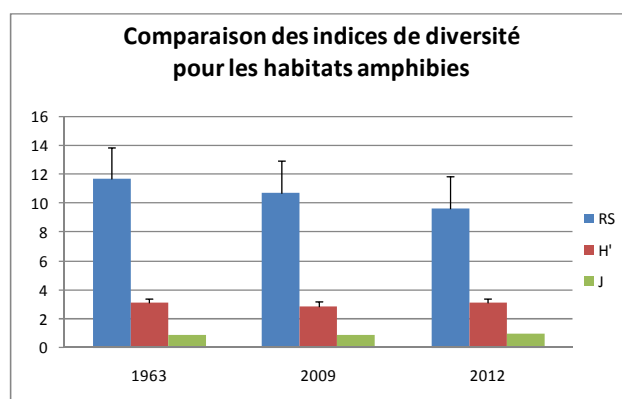


Figure 27 : Indices de diversité pour les communautés amphibiennes (1963, 2009, 2012)

- **Prairie à Molinie**

Tous les indices de diversité 2012 concernant la prairie à Molinie sont plus faibles que pour les autres années. Cette tendance est observée à mesure qu'on s'éloigne dans le temps de l'année de référence (figure 28). Le nombre d'espèces diminue et celles-ci sont moins bien réparties.

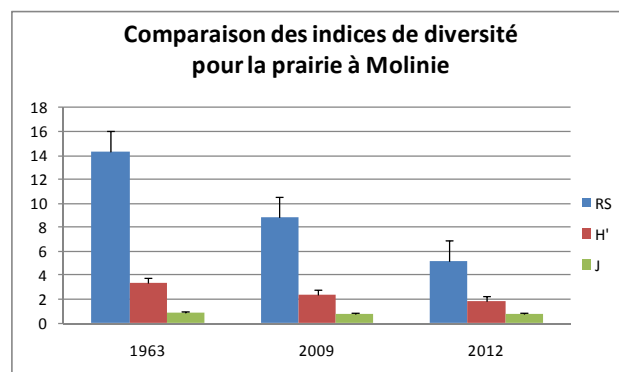


Figure 28 : Indices de diversité pour la prairie à Molinie (1963, 2009, 2012)

- Lande paratourbeuse et cladiaie

Les habitats 2012 de « lande paratourbeuse/cladiaie peu dense » ont été comparés aux habitats de « cladiaie dense » de 2009 car il s'agit de l'habitat le plus ressemblant. Pour rappel, la référence est un point de relevé 2009 dans la cladiaie dense. La richesse spécifique 2012 est proche de celle de référence et supérieure à celle du suivi 2009. Les indices de Shannon et d'équitabilité sont, quant à eux, supérieurs en 2012 (figure 29).

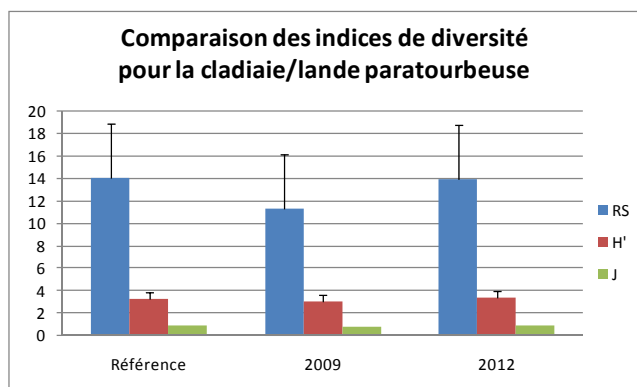


Figure 29 : Indices de diversité pour la lande paratourbeuse et la cladiaie (1963, 2009, 2012)

- Lande humide

La richesse spécifique 2012 de la lande humide est inférieure à celle de 1963 et 2009. Par contre, les valeurs de l'indice de Shannon et d'équitabilité sont plus proches de la référence que l'étaient les relevés de 2009 (figure 30). Le milieu est plus diversifié et les espèces mieux réparties.

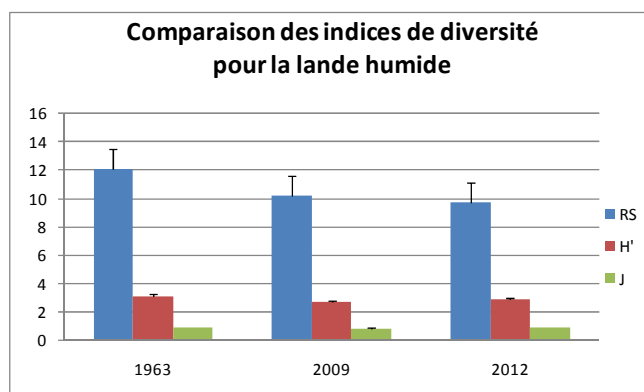


Figure 30 : Indices de diversité pour la lande humide (1963, 2009, 2012)

3.1.5.2. Projection des relevés dans l'A.F.C.

La correspondance entre les codes de relevé, l'année d'échantillonnage et le type d'habitat est donnée en annexe 20.

La projection de tous les habitats en fonction de l'année du monitoring dans une A.F.C. montre que seuls trois habitats se différencient : les landes (relevés 1963 uniquement), les prairies à Molinie et les communautés amphibies (figure 31). En ce qui concerne les relevés dans leur globalité, ceux de 2009 et 2012 sont quasiment confondus. La distance entre les relevés de référence (*i.e.* ceux de 1963) est plus importante, ce qui témoigne d'une plus large diversité dans la composition floristique.

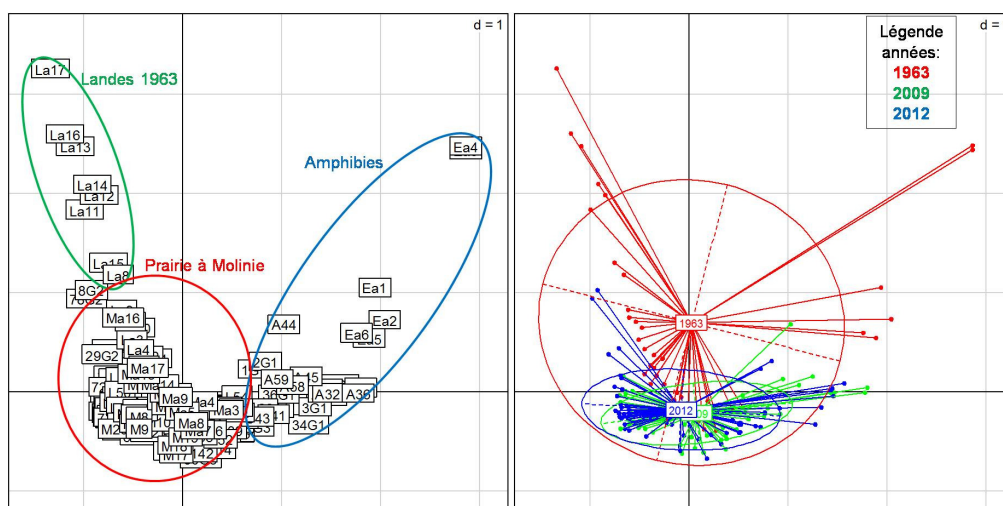


Figure 31 : Projection des relevés de 1963, 2009 et 2012 dans une A.F.C. selon les axes 1 (axe horizontal) et 2 (axe vertical), tout habitat confondu. *A gauche, projection des relevés des trois années et à droite, regroupement des relevés en fonction de l'année de suivi.*

La même démarche a été réalisée mais à l'échelle de l'habitat. Les A.F.C. sont visibles en annexe 21.

Pour les groupements amphibies, il y a peu de différences entre le suivi 2009 et 2012. Dans les deux cas, les ellipses des relevés ne sont pas confondues avec la référence. Les relevés 2012 de prairie à Molinie s'éloignent quant à eux de la référence par rapport à ceux de 2009 mais ils possèdent les mêmes caractéristiques que ceux de 1963 pour l'axe 2. Les relevés 2012 de lande humide sont plus éloignés de la référence que 2009 par rapport à l'axe 2 mais plus proches si c'est l'axe 1 qui est considéré. Enfin, les relevés de landes paratourbeuses sont assez différents entre 2009 et 2012 (2012 davantage éloignés de la référence).

Qualifier les différences entre les dates est important mais il convient d'en déterminer la cause. Pour cela, la détermination des variables représentées par les axes de l'A.F.C. constitue un atout. Elle se base, comme précédemment, sur les caractéristiques des espèces et des relevés. Pour les communautés amphibies, l'axe 1 n'a pas pu être déterminé par contre l'axe 2 semble représenter la hauteur d'eau dans le milieu, avec un gradient « milieux inondés / milieux très humide ». Si cette hypothèse est avérée, alors les relevés de 1963 étaient situés dans des zones plus inondées que ceux de 2009 et 2012. Le groupe de la prairie à Molinie semble posséder comme axe 1 un gradient d'hydromorphie. L'axe 2 reste indéterminé. Si l'hypothèse est vérifiée, cela signifie que les conditions rencontrées en 2012 sont plus sèches que celles de 2009 et 1963. Pour la lande paratourbeuse et la cladiaie (groupe 3), aucun n'axe n'a pu être déterminé. Enfin, la lande humide possède elle-aussi un axe 1 « gradient d'hydromorphie » et un axe 2 indéterminé. Les relevés de lande de 2012 seraient donc plus humides que ceux de 1963 mais plus secs que ceux de 2009.

3.2. Interprétations des résultats 2012

Pour rappel, quatre habitats ont été identifiés d'après les données récoltées en 2012 : les communautés amphibies (groupe 1), la prairie à Molinie (groupe 2), la lande humide paratourbeuse envahie par une cladiaie peu dense (groupe 3) et une lande humide sur substrat sablo-organique (groupe 4).

3.2.1. Hydrologie, topographie et habitats

Les analyses ont montré que les quatre groupes possèdent des niveaux hydrologiques différents. Les communautés amphibies et la lande paratourbeuse se développent dans des conditions similaires c'est-à-dire généralement dans des zones topographiquement basses et avec des valeurs piézométriques hautes (zones inondées à très humides). Les communautés amphibies sont toujours situées autour des pièces d'eau et la lande paratourbeuse se trouve à l'ouest du marais, près de la cladiaie dense – ce qui peut expliquer la colonisation par cette dernière. La prairie à Molinie et la lande humide sont également proches topographiquement et hydrologiquement. Elles sont situées à l'est du marais dans les zones hautes, là où les valeurs piézométriques sont les plus basses. De plus, les relevés de ces deux habitats ne sont pas bien différenciés géographiquement, ils « s'imbriquent » les uns dans les autres. Concernant les variations hydrologiques intragroupes, elles ne semblent pas affecter la richesse spécifique des habitats. Enfin, l'A.F.C. projetant tous les relevés du suivi 2012 (figures 25 et 26) met en avant le fait que la variable hydromorphie explique globalement 60% de la variabilité dans la composition floristique. A la façon dont les relevés sont disposés dans cette A.F.C. et à la position des relevés sur la carte de l'annexe 10, il est possible de dire que ce gradient s'oriente est/ouest (dans la partie du marais échantillonnée) avec les zones plus humides à l'ouest et les zones les plus sèches à l'est.

Remarque

Bien que la corrélation entre les données topographiques et hydrologiques soit effective, la corrélation n'est pas très fiable. Deux hypothèses sont émises à ce sujet :

- Le réseau de fossés d'origine anthropique modifie l'hydrologie naturelle du site et a un effet sur les niveaux piézométriques, surtout lorsque les piézomètres sont proches des fossés.*
- Les conditions climatiques de 2012 ont été particulières pour la région avec une période fortement pluvieuse entre avril et juin, modifiant les niveaux habituels.*

La faible corrélation a un impact sur les données hydrologiques affectées à chaque point de relevé flore et sur les résultats des analyses. Par conséquent, les interprétations sont à considérer avec précaution.

3.2.2. Perturbation et litière

Les résultats du monitoring de 2012 montrent que la perturbation n'a pas eu d'impact sur la flore des relevés, c'est-à-dire que les relevés effectués en 2009 ne sont pas différents au niveau de la richesse spécifique de ceux réalisés cette année. De plus, les différents modes de gestion n'ont pas montré de différences significatives entre eux par rapport à la richesse spécifique. Seules les communautés amphibies présentent une réaction à la perturbation (*i.e.* restauration des berges *via* un enlèvement de la vase). La première hypothèse est qu'effectivement la perturbation n'apporte rien au milieu et qu'elle n'influence pas la structure de la flore. La deuxième hypothèse est que les habitats sont encore trop jeunes pour s'exprimer entièrement. En effet, la perturbation a eu lieu en 2010 et 2011. Le monitoring 2012 est réalisé seulement après un an ou deux de végétation. Cette seconde hypothèse ne semble pas concerner les communautés amphibies qui, de par leurs caractéristiques physiologiques, possèdent un développement plus rapide et s'adaptent donc plus vite aux nouvelles conditions. Même s'il est sans doute préférable de favoriser la seconde hypothèse et de quantifier l'impact de la perturbation sur le moyen ou le long terme, il faut noter que la méthodologie ne tient pas compte de la répartition en strate de la végétation alors que les travaux ont eu pour effet de supprimer les strates hautes.

Les résultats concernant la litière ne sont pas très convaincants pour cette année. Le test d'hypothèse 7 révèle que le groupe 1 est différent des autres puisqu'il ne possède pas de litière et qu'ensuite, les groupes 2 et 3 sont différents entre eux. En effet, le groupe 2 (*i.e.* prairie à Molinie) possède une forte épaisseur de litière composée de *Molinia caerulea* et d'*Erica scoparia* au contraire du groupe 3 (*i.e.* lande paratourbeuse), dont l'épaisseur de litière est assez faible. La litière n'est pas corrélée linéairement au pourcentage de sol et n'a pas d'influence sur la richesse spécifique. De plus, l'export de la matière après les travaux de restauration n'engendre pas une épaisseur de litière plus faible que lorsqu'il n'y pas d'export. Deux hypothèses sont alors envisageables : soit la litière n'a aucune influence sur le milieu et la flore, soit les méthodes de mesure et d'analyse des résultats ne sont pas adaptées à ce paramètre. Pour cette dernière hypothèse, il existe peut être un effet échantillonnage.

3.2.3. Comparaison interannuelle

Les comparaisons interannuelles par habitat mettent en avant les différences entre le suivi 2012, l'état initial avant travaux (2009) et la cible à atteindre. Les communautés amphibies apparaissent moins riches en espèces, ce qui peut être attribué à la jeunesse des cortèges due aux travaux de restauration. En 2009, cet habitat avait été considéré proche de celui de 1963. Le suivi 2012 montre qu'il n'y a pas beaucoup de différences avec l'état initial et comme cela avait été signalé en 2009,

ces différences proviendraient des caractéristiques hydrologiques des sites (*i.e.* sites de 1963 situés sur les rives du lac et sites 2009/2012 situés dans le marais). En effet, le fonctionnement hydrologique du Palus de Molua a été modifié. En le rétablissant entièrement ou partiellement (il faut prendre en compte les contraintes anthropiques de la zone), les habitats devraient se rapprocher de la cible.

La prairie à Molinie de 2012 apparaît différente de celle de 2009 et de 1963, que ce soit au niveau des indices de diversité ou de la projection dans l'A.F.C. (annexe 21). Le fait est que l'identité de cet habitat n'est pas certaine. En effet, il pourrait effectivement s'agir d'une prairie à Molinie mais la proportion de chaméphytes laisse penser à un stade jeune de la lande humide, la Molinie s'étant fortement développée après les travaux. Cela expliquerait les différences observées. La seconde hypothèse, s'il s'agit réellement d'une prairie à Molinie, est que la jeunesse de l'habitat ne permet une entière expression de la flore. Un problème équivalent existe pour la cladiaie. Le suivi de 2012 montre qu'il ne s'agit pas d'une cladiaie dense comme celle de la référence mais d'une lande paratourbeuse envahie par une cladiaie peu dense. De fait, les caractéristiques de la végétation ne sont pas les mêmes et la comparaison est un peu délicate.

Enfin, les relevés de lande humide 2012 montrent une richesse spécifique moindre qu'en 2009 et 1963 mais les deux autres indices de diversité sont proches de la référence. Le nombre réduit d'espèce est sans doute causé par la jeunesse du milieu. L'A.F.C. (annexe 21) montre que les conditions sont plus humides en 2012 qu'en 1963 mais plus sèches qu'en 2009, expliquant certaines différences. De plus, l'état initial présentait une lande vieillie comportant de nombreuses espèces ligneuses. Avec les travaux, l'habitat a été ouvert, changeant les cortèges floristiques.

De manière globale, la figure 31 permet de visualiser la façon dont tous les relevés (à l'exception de la cladiaie) se répartissent. L'ellipse globale de 1963 est plus grande que celles de 2009 et de 2012, montrant une diversité accrue de la composition floristique pour les relevés de référence.

A RETENIR

Hydrologie et topographie : les groupes 1 et 3 possèdent des caractéristiques hydrologiques similaires (niveaux topographiques bas, ouest du marais et plans d'eau) ainsi que les groupes 2 et 4 (niveaux topographiques hauts, est du marais). L'hydromorphie explique 60% de la variabilité floristique en 2012.

Perturbation: elle n'a pas d'influence sur la RS, quelque soit la modalité utilisée. Seules les communautés amphibies y sont sensibles.

Comparaison interannuelle : il existe une différence globale entre la référence, 2009 et 2012. Des problèmes d'identification des habitats et la jeunesse des cortèges floristiques (2012) peuvent en partie expliquer cette différence.

IV. Discussion relative à la méthode de suivi de la végétation sur le Palus de Molua

La méthode de monitoring créée pour le Palus de Molua a pour objectif de suivre les communautés de lande humide ainsi que trois autres habitats. Elle se doit de tenir compte des diagnostics précédents, d'être valide scientifiquement, reproductible et adaptable si des changements interviennent. De plus, elle doit intégrer les variables environnementales qui sont susceptibles d'avoir une influence sur la structure et le fonctionnement des communautés végétales. Le suivi 2012 a été conçu comme une phase de test pour cette méthode et son analyse permet de présenter un bilan thématique des avantages et inconvénients du monitoring mis en place.

Grâce à cette méthode de monitoring, un suivi durable dans le temps a été instauré. En effet, la définition de placettes d'échantillonnage permanentes et les protocoles détaillés pour les relevés de terrain ainsi que pour l'analyse des résultats assurent sa reproductibilité. Bien que la méthode de terrain soit rapide et simple à utiliser, une amélioration pourrait être à apporter concernant le protocole sur 16 m². Lors du traitement des données, il a fallu intégrer les espèces hors quadrat alors qu'à l'origine, la méthode est conçue pour ces espèces soient répertoriées et non analysées.

De plus, l'originalité de ce suivi réside dans l'intégration des variables environnementales biotiques et abiotiques. Cette démarche est de plus en plus utilisée et elle permet, outre le simple constat des changements dans la végétation, de comprendre le fonctionnement de l'écosystème et le rôle de ces variables sur la végétation. Ces informations pourront ensuite être utilisées pour l'adoption des mesures de gestion pertinentes. Cependant, devant la complexité des facteurs et leur interconnexion, le nombre de variables pris en compte n'est pas suffisant. Cela est notamment prouvé par la composition des axes des A.F.C. du suivi 2012 qui est souvent multifactorielle. Les données climatiques, pédologiques, physico-chimiques pourraient être ajoutées par exemple. Il conviendrait également de modifier certaines variables comme l'hydrologie pour d'une part intégrer les durées d'inondation / ressuyage dans les analyses et d'autre part modifier la méthode d'extrapolation des données hydrologiques des piézomètres aux points de relevé.

Ce protocole a avant tout été élaboré pour suivre les communautés végétales mais aussi pour pouvoir être mis en œuvre par toute personne travaillant à l'O.N.F. Le traitement des données se devait donc d'être suffisamment simple mais efficace et précis également. L'utilisation des indices de diversité tels que la richesse spécifique ou l'indice de Shannon, des comparaisons graphiques ainsi que des tests statistiques fournit une compréhension globale du fonctionnement du marais et permet de traiter les données récoltées. Des analyses multifactorielles peuvent être également

utilisées car elles permettent de mieux intégrer les éléments et de voir leur interaction réciproque mais elles sont plus compliquées à mettre en œuvre. Toutefois, l'Université de Bordeaux 1 travaille avec l'O.N.F. sur ce projet et les scientifiques du laboratoire partenaire pourront apporter leur aide. Comme pour l'intégration de nouvelles variables environnementales, de nouvelles analyses pourraient être faites pour compléter le protocole, à condition de posséder suffisamment d'individus pour les tests statistiques (ce qui n'a pas été toujours le cas pour les analyses de 2012).

Enfin, quelques idées sont à examiner pour le prochain suivi. La première concerne la période d'échantillonnage. Bien qu'issue de la bibliographie, elle n'a pas été très pertinente pour le suivi de 2012. A cause des conditions climatiques particulières provoquant une inondation prolongée du marais en comparaison avec les années antérieures, toutes les espèces végétales n'étaient pas apparues lorsque les relevés ont été réalisés. Il serait donc intéressant de mettre en place deux séries d'échantillonnage : une à la date prévue et une autre plus tard dans la saison. La comparaison des données floristiques pourrait alors statuer sur la période idéale pour la phase de terrain. La deuxième idée concerne la mesure et le traitement des données pour la litière. Etant donné les résultats obtenus pour 2012 et le biais d'échantillonnage, un protocole spécifique pourrait être créé et testé. Enfin, tout comme c'est le cas pour le Great Fen Project (UK), d'autres monitoring pourraient être mis en parallèle du suivi de végétation afin de compléter la compréhension de l'écosystème.

Cette étude intervient au moment où les questionnements sur le suivi écologique sont forts. Le travail mené par le laboratoire Biogéco (Université de Bordeaux 1, partenaire de l'O.N.F.) sur l'intégration des variables environnementales dans les monitoring de végétation le prouve. L'aire que les scientifiques étudient est beaucoup plus étendue que le Palus de Molua. Ils pourront peut être mettre en avant de manière plus précise les paramètres qui influencent les communautés végétales et instaurer des méthodes plus efficaces pour les mesurer. Ces améliorations pourront être intégrées à la méthode de suivi du Palus de Molua pour la rendre plus performante.

Conclusion

Le monitoring permet de récolter, d'analyser et de suivre à moyen ou long terme la dynamique d'un habitat, par exemple, et d'en comprendre le fonctionnement. Bien que la prise de conscience de son intérêt soit grandissante, il est encore difficile de trouver un cadre législatif européen donnant un aspect plus réglementé à cette pratique. De plus, la comparaison de deux méthodes en Europe (*i.e.* The Great Fen Project, UK ; Langdonken, Belgique) a montré des différences notamment dues aux objectifs fixés et aux moyens disponibles. L'élaboration de la méthode de suivi sur le Palus de Molua s'est inspirée de ces deux exemples ainsi que des conseils promulgués par le Service des Parcs Nationaux aux Etats-Unis. L'objectif de cette étude est donc de créer une méthode de suivi des communautés végétales présentes sur le marais tenant compte des diagnostics précédents, valide scientifiquement, facilement reproductible et adaptable, et intégrant les facteurs environnementaux biotiques et abiotiques. Il s'agit d'évaluer dans le temps l'état de conservation des principaux habitats de la zone humide en se basant sur l'écart à la référence et à un état cible à atteindre. La visualisation des trajectoires floristiques doit permettre de prévoir l'évolution des communautés végétales et de mettre en place des actions de gestion appropriées.

La création de la méthode de suivi passe par plusieurs étapes dont la synthèse des diagnostics existants, l'élaboration des méthodes de saisie des données sur le terrain, d'analyse et d'interprétation des résultats obtenus. Pour l'illustrer et la tester, la méthode a été appliquée au suivi 2012. Quatre groupes floristiques ont été obtenus et attribués à un habitat : les communautés amphibies, la prairie à Molinie, la lande humide paratourbeuse envahie par une cladiaie peu dense et la lande humide. Cependant ces habitats ne sont pas tous bien différenciés floristiquement : c'est le cas de la prairie à Molinie et de la lande humide. L'analyse des facteurs environnementaux montre qu'il existe bien un gradient topographique et hydrologique qui peut en partie expliquer la répartition spatiale de ces habitats. Certains autres facteurs, tels que la perturbation et la litière, ne montrent globalement pas d'effet sur la variabilité inter et intragroupe (à l'exception des communautés amphibies qui semblent réagir rapidement aux travaux de restauration). De plus, lors de la comparaison interannuelle, les groupes floristiques identifiés en 2012 sont différents de ceux présents en 2009 et relativement éloignés de la cible. De manière générale, la méthode de suivi s'est montrée efficace pour cette année test 2012. Les résultats obtenus sont malgré tout assez flous et il est difficile d'en tirer les conclusions espérées. En effet, des leviers de gestion devaient être définis à partir des variables étudiées mais, à l'exception de l'hydrologie, les résultats n'en désignent pas. Des habitats jeunes, des conditions climatiques particulières et des caractéristiques

environnementales différentes de celles présentes lorsque les habitats cibles ont été inventoriés peuvent expliquer ces résultats. Il apparaît alors important d'envisager le monitoring sur le moyen à long terme afin d'obtenir des résultats plus probants. Peut-être faut-il projeter d'améliorer également la méthode en modifiant la période de relevé (celle-ci n'est pas forcément la plus adaptée selon les conditions climatiques) ou en améliorant l'estimation de certains paramètres environnementaux.

Outre les considérations précédentes, le monitoring sera vraiment performant que s'il fait partie intégrante du futur plan de gestion 2013-2017 de la Réserve Naturelle Nationale des Dunes et Marais d'Hourtin. Pour cela, les objectifs liés à la réserve et surtout au Palus de Molua doivent être clairement définis. Pour faciliter son intégration, les ressources nécessaires à son déroulement, en termes de temps de travail, de personnel et de budget, ont été estimées à partir de l'expérience 2012 (détails en annexe 22). Ainsi, avec l'ajout de ces informations, les étapes recommandées par Oackley *et al.* (2003) pour la construction d'une méthodologie de monitoring ont été respectées. Le choix des opérateurs pour le suivi ainsi le rôle de chacun seront envisagés en temps utile.

Bibliographie

- Austin, M. P., 2005. Vegetation and environment : discontinuities and continuities ; *in* van der Maarel, E. Vegetation Ecology. Balckwell Publishing, Oxford, 52-84 ; *in* Bouzillé, J-P., 2007. Gestion des habitats naturels et biodiversité : Concepts, méthodes et démarches. Lavoisier, Paris.
- Bertrin, V., Vandenhende, M., Laplace-Treyture, C., Dutartre A., 2009. Diagnostic écologique des milieux aquatiques du Palus de Molua, Projet de Réserve Naturelle Nationale des Dunes et Marais d'Hourtin. Rapport intermédiaire C.E.M.A.G.R.E.F. de Bordeaux, 59 p.
- Bouzillé, J-P., 2007. Gestion des habitats naturels et biodiversité : Concepts, méthodes et démarches. Lavoisier, Paris.
- Cahiers d'habitats Natura 2000, 2002. Tome 3, Habitats humides. La documentation française, Paris.
- Cahiers d'habitats Natura 2000, 2005. Tome 4, Habitats agropastoraux, Volume 2. La documentation française, Paris.
- Cizel, O., Groupe d'histoire des zones humides, 2010. Protection et gestion des espaces humides et aquatiques, Guide juridique d'accompagnement des bassins de Rhône-Méditerranée et de Corse. Agence de l'eau RM&C, Pôle relais lagunes méditerranéennes, 566 p.
- Connell, J.H., 1978. Diversity in tropical rainforests and coral reefs. Science, 199 : 1302 – 1310 ; *in* Bouzillé, J-P., 2007. Gestion des habitats naturels et biodiversité : Concepts, méthodes et démarches. Lavoisier, Paris.
- Dahl, E., Hadač, E., 1941. Strandgesellschaften der Insel Ostrøy im Oslofjord. Eine pflanzensoziologische studie. Nytt Magasin for Naturvidenskapene B, 82 : 251-312 ; *in* Rodwell, J.S., 2006. National Vegetation Classification : user's handbook. Joint Nature Conservation Committee, Perterborough, UK
- Dean, G. Gallery of photos, film and sounds [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.greatfen.org.uk/discovery-zone/gallery/full/310#dz-main>> (consulté le 18.08.2012)
- Dubreuilh, J., Marionnaud, J-M., 1973. Notice explicative, Carte géologique (1/50 000), Lesparre-Médoc, Forêt-Du-Junca (XIII-XIV-34). Bureau de recherches géologiques et minières, Orléans.
- Dubreuilh, J., Marionnaud, J.M., Andreieff, P., 1971. Carte géologique, France à 1/50 000, Lesparre-Médoc-Le Junca (753-754). Ministère du développement industriel et scientifique, service géologique national.

- Duchaufour, P., 2001. Introduction à la science du sol – Sol, végétation, environnement. Dunod, Paris, 6^{ème} édition.
- Elzinga, C.L., Salzer, D.W., Willoughby, J.W., 1998. Measuring and monitoring plant population. Bureau of Land Management, Technical Reference 1730-1, Denver, Colorado, USA.
- Fancy, S.G., Gross, J.E., Carter, S.L., 2009. Monitoring the condition of natural resources in US National Parks. *Environment Monitoring and Assessment*, 151, 161-174 ; *in* Sergeant, C.J., Moynahan, B.J., Johnson, W.F., 2012. Practical advice for implementing long-term ecosystem monitoring. *Journal for Applied Ecology*, doi: 10.1111/j.1365-2664.2012.02149.x
- G.E.R.E.A., 1985. Intérêt écologique et fragilité des zones humides des landes de Gascogne. Edité par le Ministère de l'Environnement, le Ministère de l'Agriculture, le Conseil Régional d'Aquitaine et le G.R.E.F., Bordeaux.
- Grall, J., Hily, C., 2003. Traitement des données stationnelles (faune) [en ligne]. Disponible sur : < http://www.rebent.org//medias/documents/www/contenu/pdf/document/Fiches_techniques/FT10-2003-01.pdf > (consulté le 20.07.2012)
- Great Fen. Great Fen, How is the the land restored ? [en ligne]. Disponible sur : < www.greatfen.org.uk/about/whats-happening/how-land-restored > (consulté le 24.05.2012).
- Grime J.P., 1979. Plant strategies and Vegetation Processes. John Wiley & sons, Chichester ; *in* Bouzillé, J-P., 2007. Gestion des habitats naturels et biodiversité : Concepts, méthodes et démarches. Lavoisier, Paris.
- Hunter, M. L., Gibbs, J.R., Gibbs, J., 2007. Fundamentals on Conservation Biology. Blackwell Publishing, Victoria (Australia), Third Edition.
- International Commission of Stratigraphy, 2010. International Stratigraphy Chart [en ligne]. Disponible sur : < http://www.stratigraphy.org/ics%20chart/09_2010/StratChart2010.pdf > (consulté le 10.05.2012).
- Julve, P., 1998. Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la Flore de France. Version 2012. Programme Catminat [en ligne]. Disponible sur : < http://www.tela-botanica.org/page:liste_projets?id_projet=18&act=documents&id_repertoire=98 >
- Lommaert, L., 2008. Vallei van de Kalsterloop : Langdonken (Herselt, Aarschot) ; *in* Decler, K. (Ed), Ecological Restoration in Flanders, pp. 94-97.

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 1992. Loi n° 92-3 du 03/01/92 sur l'eau, Abrogée et codifiée par l'ordonnance n° 2000-914 du 18 septembre 2000 (JO du 21 septembre 2000). Journal officiel du 4 janvier 1992.

Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat et Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, 2010. Circulaire du 18 janvier 2010 relative à la délimitation des zones humides en application des articles l. 214-7-1 et r. 211-108 du code de l'environnement. NOR : DEVO1000559C, Non parue au Journal Officiel.

Morvan, X., 2004. Littoral – Médoc Bleu (Gironde) : Propositions pour la création d'une Réserve Naturelle Nationale. Rapport de stage O.N.F. – E.N.G.R.E.F., 172 p.

Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H., 1974, 2002. Aims and Methods of Vegetation Ecology. Blackburn press, Caldwell, USA ; *in* Bouzillé, J-P., 2007. Gestion des habitats naturels et biodiversité : Concepts, méthodes et démarches. Lavoisier, Paris.

National Park Service, 2008. Vital Signs Monitoring Plan, Southeast Alaska Network. Natural Resource Report NPS/SEAN/NRR – 2008/59, Natural Resource Program Center, Fort Collins, Colorado, USA, 470 p.

Oakley, K.L., Thomas, L.P., Fancy, S.G., 2003. Guidelines for long-term monitoring protocols. Wildlife Society Bulletin, 31 (4) : 1000 – 1003.

O.N.F. L'O.N.F. en bref [en ligne]. Disponible sur : <[http://www.onf.fr/onf/sommaire/onf_en_bref /@@index.html](http://www.onf.fr/onf/sommaire/onf_en_bref/@@index.html)> (consulté le 14.06.2012)

O.N.F., 2008 (1). Plan de gestion de Palus de Molua (Hourtin, Gironde), Tome 1 : Diagnostic / enjeux. 175 p.

O.N.F., 2008 (2). Plan de gestion du Palus de Molua (Hourtin, Gironde), Tome 2 : La gestion du Palus de Molua. 74 p.

Ramsar, 1971. Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau. Ramsar, Iran. Disponible sur : <http://www.ramsar.org/cda/fr/ramsar-documents-texts-convention-on/main/ramsar/1-31-38%5E20671_4000_1__> (consulté le 19.04.2012).

S.A.G.E. des Lacs Médocains, 2004. S.A.G.E. SAGE lacs médocains [en ligne]. Disponible sur : <<http://gesteau.eaufrance.fr/sage/lacs-médocains>> (consulté le 11.04.2012)

Sergeant, C.J., Moynahan, B.J., Johnson, W.F., 2012. Practical advice for implementing long-term ecosystem monitoring. *Journal for Applied Ecology*, doi: 10.1111/j.1365-2664.2012.02149.x

Society for Ecological Restoration International, 2004. The SER International primer on Ecological Restoration, Science and Policy working group, Version 2 [en ligne]. Disponible sur < http://www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp > (consulté le 15.08.2012).

Tinsley-Marshall, P. Great Fen, Monitoring and research. Rapport technique, Joint Technical Advisory Committee Monitoring and Research, 40 p.

Tourneur, P., 2009. Elaboration d'un outil de suivi des communautés végétales et contribution à la gestion du marais de la Réserve Naturelle des Dunes et Marais d'Hourtin : Le Palus de Molua. Rapport de stage, O.N.F., 62 p.

Vanden Berghen, C., 1964. La végétation des rives du lac d'Hourtin (Gironde, France). *Bulletin du Jardin Botanique de l'Etat*, 2 : 243 – 267.

Vanden Berghen, C., 1968. La végétation de la rive orientale de l'étang de Lacanau (Gironde, France). *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique*, 38 : 255 – 276.

Vanden Berghen, C., 1969. La végétation amphibie des rives des étangs de la Gascogne. *Bulletin du Centre d'Etudes et de Recherches scientifiques, Biarritz*, 7 (4) : 893 – 963.

Violon, C., 2008. Diagnostic écologique et contribution à l'élaboration du plan de gestion du Palus de Molua (Hourtin, Gironde), Mémoire Master 2 Gestion Intégrée des Bassins versants, Université de Rennes 1, O.N.F. Agence de Bordeaux.

Watson, I., Novelty, P., 2004. Making the biodiversity monitoring system sustainable: Design issues for large-scale monitoring systems. *Austral Ecology*, 29 : 16 – 30.

Whitehead, P., 2001. The Framework ; *in* Developing an Analysis Framework for Monitoring the Biodiversity in Australia's Rangelands, report by the Tropical Savannas CRC for the National Land and Water Resources Audit, Canberra, pp. 1-70. ; *in* Watson, I., Novelty, P., 2004. Making the biodiversity monitoring system sustainable: Design issues for large-scale monitoring systems. *Austral Ecology*, 29 : 16 – 30.

Wilbert, J., 1978. Notice explicative, Carte pédologique (1/100 000), Lesparre (G-17). I.N.R.A., Service d'étude des sols et de la carte pédologique de France, Versailles.

Wilbert, J., Hardy, R., Cirotteau, A., 1979. Carte pédologique, Lesparre-Médoc, Feuille F-17 (France 1/100 000). I.N.R.A., Service d'étude des sols et de la carte pédologique de France.

Liste des figures et des tableaux

Figure 1 : Coucher de soleil sur Woodwlaton Fen.....	6
Figure 2 : Zone de lande humide restaurée par déforestation	8
Figure 3 : Lignes directrices pour l'établissement d'un protocole de monitoring selon Oackley <i>et al.</i> , 2003.....	10
Figure 4 : Situation géographique du Palus de Molua	11
Figure 5 : Localisation de la R.N.N. des Dunes et Marais d'Hourtin	12
Figure 6 : Typologie des formations végétales du Palus de Molua	13
Figure 7 : Zone échantillonnée sur le marais, en fonction, par exemple, des gradients théoriques de topographie et d'humidité	16
Figure 8 : Situation de la placette vis-à-vis du point G.P.S. de référence.....	18
Figure 9 : Dénominations en fonction du type de placette	18
Figure 10 : Configuration de la placette pour les habitats de landes, molinaies et cariçaies	18
Figure 11 : Configuration de la placette pour les relevés floristiques dans les communautés amphibies	19
Figure 12 : Coefficients de recouvrement dans les quadrats circulaires pour les espèces des habitats amphibies	20
Figure 13 : Les différents faciès structuraux de la végétation à noter lors des relevés.....	21
Figure 14 : Cliché pour le monitoring photographique du relevé 70.....	22
Figure 15 : Calcul de la contribution des espèces pour un relevé X.....	25
Figure 16 : Arbre de classification représentant la répartition des relevés en plusieurs groupes	30
Figure 17 : Projection des groupes de végétation dans l'A.F.C. en fonction des axes 1 (<i>axe horizontal</i>) et 2 (<i>axe vertical</i>).....	31
Figure 18 : Relevé de végétation dans les communautés amphibies	31
Figure 19 : Relevé dans la prairie à Molinie	32
Figure 20 : Lande paratourbeuse envahie par la cladiaie.....	32
Figure 21 : Lande humide sur le Palus de Molua	32
Figure 22 : Comparaison graphique des RS du groupe 1	35
Figure 23 : Relation entre le niveau piézométrique moyen et l'altitude des piézomètres	37
Figure 24 : Données hydrologiques moyennes annuelles par groupes floristiques	37

Figure 25 : Projection, <i>de gauche à droite</i> , des espèces, des relevés et des groupes sur les axes 1 (axe horizontal) et 2 (axe vertical) de l'A.F.C.	40
Figure 26 : Projection, de gauche droite, des espèces, des relevés et des groupes selon les axes 1 (axe horizontal) et 2 (axe vertical)	40
Figure 27 : Indices de diversité pour les communautés amphibiens (1963, 2009, 2012).....	41
Figure 28 : Indices de diversité pour la prairie à Molinie (1963, 2009, 2012)	41
Figure 29 : Indices de diversité pour la lande paratourbeuse et la cladiaie (1963, 2009, 2012).....	42
Figure 30 : Indices de diversité pour la lande humide (1963, 2009, 2012)	42
Figure 31 : Projection des relevés de 1963, 2009 et 2012 dans une A.F.C. selon les axes 1 (axe horizontal) et 2 (axe vertical), tout habitat confondu. <i>A gauche, projection des relevés des trois années et à droite, regroupement des relevés en fonction de l'année de suivi.</i>	43
Tableau 1 : Liste du matériel pour les relevés de terrain	17
Tableau 2 : Echelle de dominance / recouvrement pour la végétation	19
Tableau 3 : Variables abiotiques à relever sur le terrain.....	21
Tableau 4 : Descripteurs des communautés végétales et les paramètres associés, à relever sur le terrain	22
Tableau 5 : Facteurs biotiques et abiotiques relatifs aux points de relevé, à obtenir hors terrain	23
Tableau 6 : Equivalence coefficients sur 11 m ² / coefficient sur 1m ²	25
Tableau 7 : Richesse Spécifique, indice de Shannon et d'équitabilité pour le groupe 1	33
Tableau 8 : Richesse Spécifique, indice de Shannon et d'équitabilité pour le groupe 2	33
Tableau 9 : Richesse Spécifique, indice de Shannon et d'équitabilité pour le groupe 3	34
Tableau 10 : Richesse Spécifique, indice de Shannon et d'équitabilité pour le groupe 4	34

Annexes

Annexe 1 : Rappel sur la définition d'une zone humide

Annexe 2 : Caractéristiques naturelles de la zone d'étude

Annexe 3 : Présentation de l'Office National des Forêts (O.N.F.)

Annexe 4 : Cartographie des habitats du Palus de Molua, recensés en 2008 (Violon, 2008)

Annexe 5 : Habitats présents sur le Palus de Molua (O.N.F., 2008 (1))

Annexe 6 : Carte des travaux de restauration réalisés sur le Palus de Molua

Annexe 7 : Choix des habitats échantillonnés en 2009, caractéristiques et état de conservation

Annexe 8 : Concepts théoriques concernant l'influence des variables biotiques et abiotiques sur la structure des communautés végétales

Annexe 9 : Les variables biotiques et abiotiques sur le Palus de Molua

Annexe 10 : Points d'échantillonnage pour le monitoring flore sur le Palus de Molua

Annexe 11 : Exemple de fiche de relevé de terrain

Annexe 12 : Résultats du suivi 2012 (contributions spécifiques pour chaque relevé)

Annexe 13 : Acronymes utilisés pour les relevés de 1963-1966 et ceux de 2009

Annexe 14 : Acronymes utilisés pour la dénomination des espèces en 2012

Annexe 15 : Caractérisation des groupes de végétation : recouvrement moyen des espèces et fréquence relative

Annexe 16 : Caractéristiques des tests statistiques concernant les facteurs environnementaux abiotiques

Annexe 17 : Détails des tests statistiques concernant les facteurs environnementaux abiotiques

Annexe 18 : Carte représentant la topographie et les valeurs piézométriques moyennes annuelles pour chaque piézomètre et relevé

Annexe 19 : Tableaux des espèces, relevés et groupes les plus contributifs aux axes 1 et 2 de l'A.F.C. 2012

Annexe 20 : Correspondance entre les codes des relevés et le type d'habitat

Annexe 21 : Projections des relevés de végétation par habitats dans une A.F.C. (1963, 2009 et 2012)

Annexe 22 : Détails des ressources nécessaires au monitoring

ANNEXE 1 : RAPPEL SUR LA DÉFINITION D'UNE ZONE HUMIDE

Article 1 de la convention relative aux zones humides (Ramsar, 1971) : “les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres”

Article 2 de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 (Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 1992) : “on entend par zone humide les 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”.

Circulaire du 18 janvier 2010 relative à la délimitation des zones humides (Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat et Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, 2010) : elle donne des précisions sur les conditions requises pour définir une zone humide. Deux types de critères sont fournis : la nature des sols et la végétation présente.

ANNEXE 2 : CARACTÉRISTIQUES NATURELLES DE LA ZONE D'ÉTUDE

Géologie et géomorphologie

La géologie de la région Médocaine (*e.i.* région au Nord-ouest de Bordeaux) est fortement liée au contexte de formation dunaire du littoral atlantique. Plusieurs régressions et transgressions marines ont eu lieu entre la fin du Jurassique ($-145,5 \pm 4,0$ Ma) et la transgression Flandrienne (fin des périodes glaciaires appelées “Würm”, - 0,0117 Ma). Lors de la dernière glaciation du Pléistocène (-2,588 Ma à - 0,0117 Ma, International Commission of Stratigraphy, 2010), une régression marine de plusieurs dizaines de kilomètres a entraîné un climat froid et aride, exondant les sables fluviatiles d'origine pyrénéenne déposés précédemment. Ces sables ont été redistribués sur la région, formant ce qui est aujourd'hui les Landes de Gascogne. Cette régression ainsi que la transgression Flandrienne ont modifié le réseau hydrographique et ont entraîné la formation d'un cordon dunaire (figure a). Actuellement, se superposent différents types de dunes (dunes actuelles, dunes paraboliques et dunes barkanoïdes) et de nombreux lacs, étangs et lagunes sont présents derrière ce cordon, résultats de la diminution des écoulements depuis les terres vers la mer datant de la dernière transgression (Dubreuilh et Marionnaud, 1973 ; G.E.R.E.A., 1985).

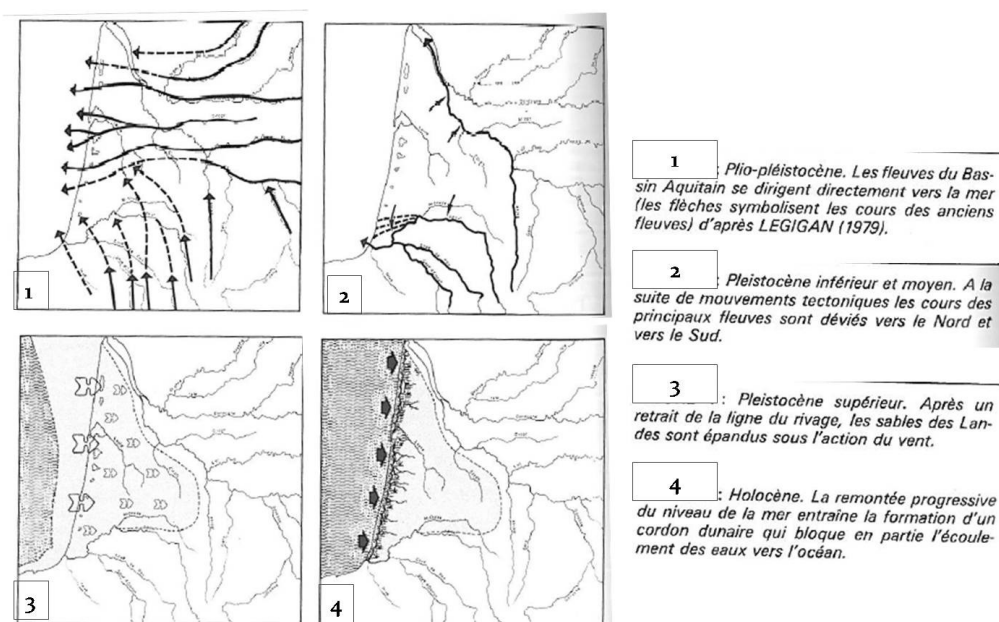


Figure a : Contexte géomorphologique de la région médocaine (G.E.R.E.A., 1985)

Le Palus de Molua est situé à l'interface entre le cordon dunaire moderne à l'Ouest et le plateau landais à l'Est (O.N.F., 2008(1)). L'extrait de carte géologique (figure b) montre que quatre dépôts sédimentaires sont présents sur le Palus :

- **Les alluvions tourbeuses de la zone des étangs (FybT)** : elles sont composées de sables éolisés plus ou moins tourbeux.

- **La formation « Sables des Landes » *pro parte* (NF)** : elle est composée majoritairement par des arénites et une faible proportion de lutites. La présence de grains luisants et émoussés laisse penser qu'une partie du transport sédimentaire s'est fait par ruissellement.
- **Les dunes mésolithiques à néolithiques (Dx)** : il s'agit des complexes de dunes les plus anciens. Cette formation est présente seulement au Nord-Ouest du Palus.
- **Les dunes historiques (Dyb)** : cette formation est bien développée entre la rive occidentale du lac d'Hourtin et la côte atlantique, formant des dunes d'altitude supérieure à 60 m.

Les formations Dx et Dyb sont anecdotiques sur le Palus car elles se situent à la périphérie de la zone. Les alluvions tourbeuses occupent, quant à elles, la partie centrale du marais.

Remarque tectonique : La région possède un monoclinal orienté nord-ouest/sud-est avec un léger pendage sud-ouest (inclinaison des couches $\leq 3^\circ$).

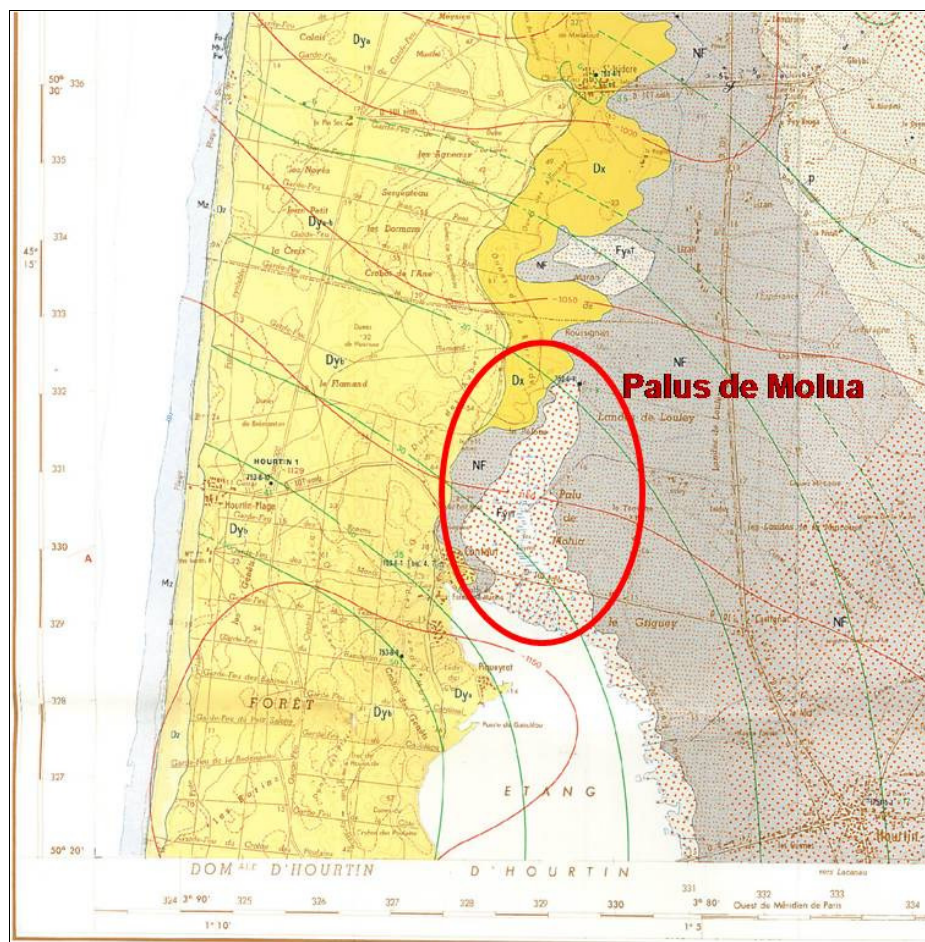


Figure b : Extrait de la carte géologique de la zone d'étude (Dubreuilh et al., 1971)

Pédologie

Le Palus de Molua fait partie de l'unité paysagère « Chapelet de marécages du revers des dunes » (Wilbert, 1978). La pédogénèse est récente et s'est effectuée sous un climat comparable à l'actuel. Elle est conditionnée par un sable quartzeux très pauvre en argiles, limons, fer et aluminium. Le matériau est donc filtrant et pauvre chimiquement (O.N.F., 2008(1)).

Trois types de sols sont représentés sur le Palus (figure c) :

- **Podzols humiques à hydromorphie de profondeur par nappe** (A₂ nettement différencié et Bh généralement durci), à litière organique de surface (hydromorphe) de submersion lacustre temporaire (Pphw SS_t, n°37)
- **Podzols humiques à gley** (sans horizon A₂ et Bh irrégulièrement durci), à litière organique de submersion lacustre temporaire (PhG SS_t, n°41)
- **Podzols humiques à gley à Bh net et Podzols humiques à hydromorphie de profondeur** (PhG + Pph, n°45)

Ces sols sont décrits avec la classification WRB 2006. Selon le Référentiel Pédologique 2008, il s'agit de Podzosols. Ils sont caractérisés par un processus biochimique d'altération dans les horizons supérieurs conduisant à la formation de complexes organo-métalliques solubles. S'en suit une migration de ces complexes vers un horizon d'accumulation BP (ou Bh selon la classification WRB 2006). L'horizon appauvri est nommé E (ou A₂ selon le WRB 2006). La formation des podzosols est ici favorisée par des conditions humides (*i.e.* zone d'expansion du lac) et la présence d'un matériau filtrant. De plus, le pH du sol est acide (*i.e.* pH compris entre 3,5 et 5,5 ; Morvan, 2004) ce qui inhibe l'activité biologique et provoque une accumulation d'humus difficilement dégradé. Dans les zones les plus proches du lac (*i.e.* podzols humiques à hydromorphie de profondeur par nappe) et dans les zones dépressionnaires topographiquement du marais, les sols présentent de l'hydromorphie à moins de 50 cm de profondeur. Ils peuvent alors être qualifiés de Réductisols.

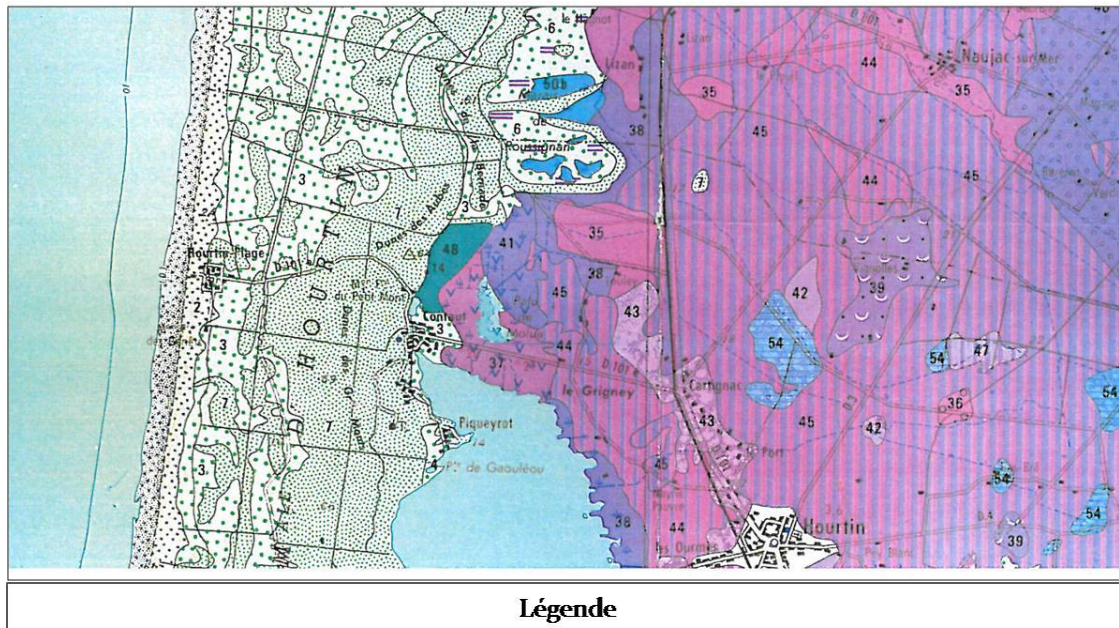


Figure c : Extrait de la carte pédologique de la région (Wilbert *et al.*, 1979)

Climat

La région d'Hourtin bénéficie d'un climat type « Aquitain » c'est-à-dire des hivers doux et pluvieux et des étés chauds et secs. L'océan joue un rôle tampon sur les variations climatiques. Les températures annuelles moyennes varient entre 12°C et 13°C. Pour ce qui est de la pluviométrie, il existe deux gradients sur la région : un nord/sud avec de plus importantes précipitations dans le sud et un autre ouest/est au niveau du cordon littoral avec plus de pluies vers l'intérieur des terres. Globalement, la ville d'Hourtin bénéficie d'un climat plutôt sec avec une moyenne annuelle des précipitations allant de 800 à 900 mm entre 1958-1987 et 1971-2000 (O.N.F., 2008(1)). Les vents ont, pour 80% d'entre eux, une vitesse supérieure à 30km/h et ils proviennent du quart ouest.

Topographie

La topographie est relativement plane et l'altitude maximale est d'environ 16 m pour le Palus de Molua. Le Modèle Numérique de Terrain permet de remarquer que la microtopographie est très

présente sur la zone de marais, jouant un rôle sur les conditions environnementales (e.g. hygromorphie) et par conséquent, sur les communautés végétales.

Hydrologie

La zone d'étude se situe dans le bassin versant hydrographique des lacs Médocains dont la superficie est d'environ 1000 km². Deux sous-bassins sont contenus dans ce bassin versant : celui du lac d'Hourtin-Carcans (411 km²) et celui du lac de Lacanau et du canal de Porge (572 km²). Le Palus de Molua s'intègre dans le bassin versant du lac d'Hourtin-Carcans.

Les aquifères

Quatre nappes sont présentes au niveau du bassin versant des lac Médocains : la nappe Plio-Quaternaire, la nappe du Miocène, la nappe de l'Oligocène et celle de l'Eocène. Seule la nappe du Plio-Quaternaire est considérée dans cette étude car elle est la seule à être affleurante au niveau du marais. Elle est alimentée par les précipitations et possède deux axes d'écoulement (nord-sud et est-ouest, en direction de l'océan). Son épaisseur est d'environ 40 à 80 m (O.N.F., 2008 (1) ; S.A.G.E. des lacs Médocains, 2004). Les variations du niveau de la nappe sont déterminantes pour la dynamique floristique. Un réseau de piézomètres et d'échelles limnimétriques a été mis en place en 2011 afin d'évaluer ces variations et leur durée.

Fonctionnement hydrologique de surface du marais

L'alimentation du marais est assurée par des apports venant des dunes et du plateau landais, par les résurgences de la nappe lorsque les précipitations sont suffisantes et par le lac d'Hourtin-Carcans lorsque celui-ci est en crue. Un réseau de fossés artificiels et de crastes (*i.e.* fossés naturels d'écoulement des eaux du marais vers le lac) sillonne la zone, modifiant le fonctionnement hydrologique naturel. Les canaux et les plans d'eau peuvent également avoir une influence ponctuelle. Le niveau de l'eau du lac est géré par des systèmes d'écluses pendant les périodes d'étiage provoquant un ressuyage rapide du marais. Naturellement, le système hydrique est de type « inondation hivernale / assèchement estival ». A cause de modifications anthropiques, le régime est devenu mixte avec des zones restant en eau tout l'année. Outre les répercussions sur les niveaux, ces modifications anthropiques ont une influence sur la structure des communautés végétales et leur dynamique (O.N.F., 2008 (1)). Il n'est pas possible pour le moment de quantifier l'impact de ces modifications. Une étude hydraulique est nécessaire et la pose d'écluses sur les fossés et les crastes pour recréer des conditions naturelles permettrait de retrouver des conditions optimales pour le fonctionnement des systèmes.

Caractéristiques physico-chimiques

Une étude réalisée par le C.E.M.A.G.R.E.F. de Bordeaux en 2009 conclut que la qualité physico-chimique de l'eau du marais est « correcte ». Le potentiel de minéralisation y est très faible. L'eau est peu transparente (notamment due à la matière organique en suspension), acide et pauvre en oxygène. Elle est également chargée en nutriments mais les concentrations restent homogènes et stables (Bertrin *et al.*, 2009). Les sédiments sont quant à eux de nature sablo-vaseuse, recouverts d'une épaisse couche de matière organique. Ils sont donc composés de deux fractions dont les proportions varient selon les sites : une fraction sableuse et une autre, organique et vaseuse. Les communautés amphibiennes sont influencées par la nature et la qualité des sédiments. Un processus d'envasement avait été constaté sur certains étangs et des travaux de restauration de berge (extraction de la vase) ont été réalisés.

Intérêt biologique du site

Le Palus de Molua possède 31 habitats d'intérêt communautaire et de nombreuses espèces faunistiques et floristiques protégées (Tourneur, 2008). Le Faux cresson de Thore (*Caropsis verticillatundata*) est, par exemple, l'une des espèces protégée à l'échelle européenne, considérée comme rare et retrouvée autour des étangs, sur le marais. D'autres espèces floristiques, comme la Canche à fleurs discolores (*Deschampsia setacea*), ne sont pas protégées mais elles sont classées comme peu communes ou rares à l'échelle nationale et parfois très rares à l'échelle départementale. A propos de la faune, des espèces comme le Butoir étoilé (*Botaurus stellaris*), soupçonné de nicher dans les cariçaies au sud du Palus, ou la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) ont été entendues et/ou aperçues dans la Réserve (O.N.F., 2008 (1)). La diversité des habitats ainsi que la concentration d'espèces rares et/ou protégées confère au site une grande valeur patrimoniale.

Inventaires et classements de protection en faveur du patrimoine naturel

Grâce à son patrimoine naturel, le site du Palus de Molua bénéficie de différents statuts de protection dont notamment celui de Réserve Naturelle Nationale, de classement au titre de la « directive habitat » et de la « directive oiseaux » et d'Espace Naturel Sensibles.

ANNEXE 3 : PRÉSENTATION DE L'OFFICE NATIONAL DES FORÊTS (O.N.F.)

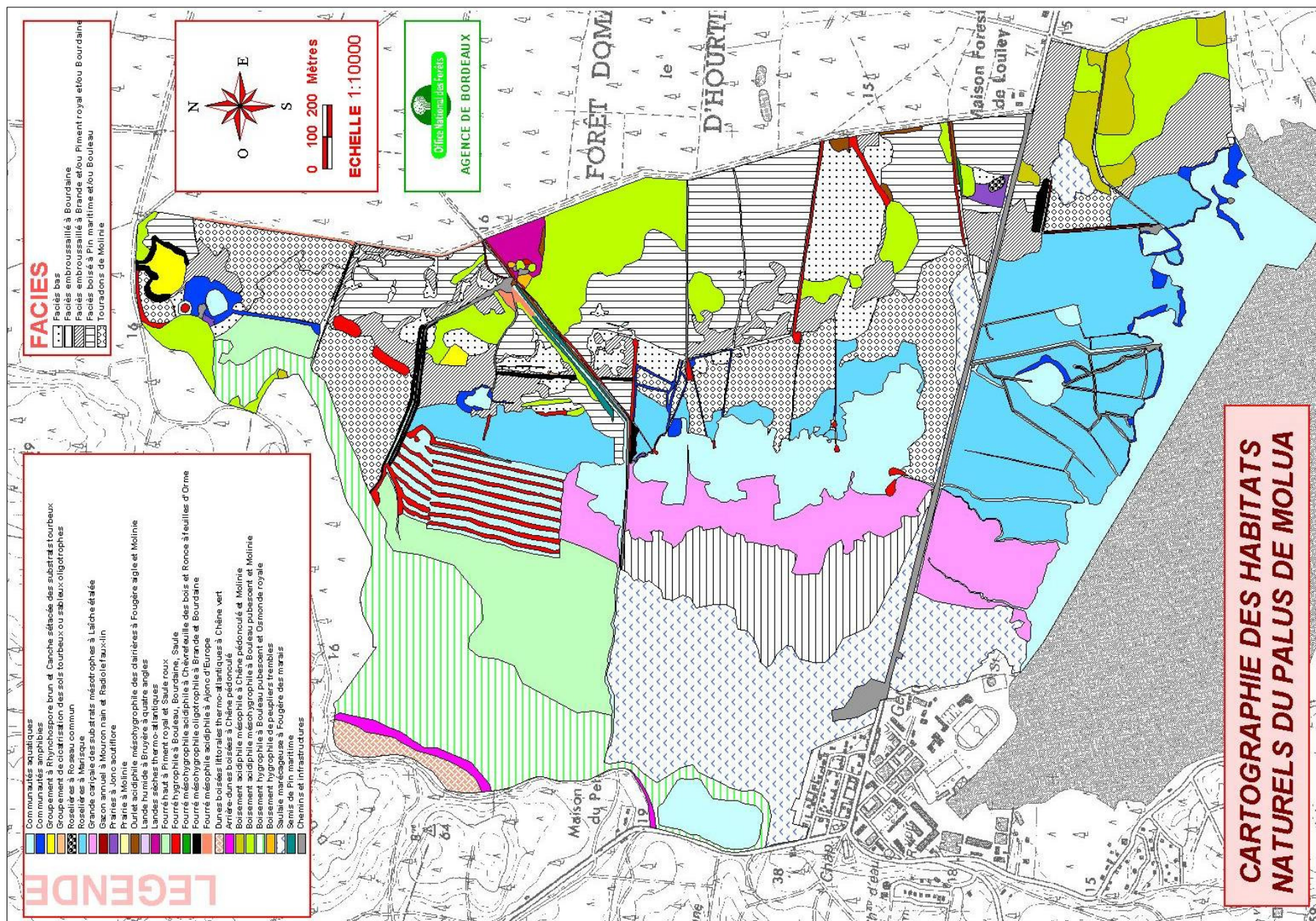
L'O.N.F. est un établissement public à caractère industriel et commercial (Epic) créé en 1964. Il est organisé en 9 directions territoriales et 5 directions régionales, 50 agences territoriales, 9 agences travaux, 9 bureaux d'étude territoriaux et environ 300 unités territoriales. C'est actuellement le plus important gestionnaire d'espace naturel en France (O.N.F.). Il possède plusieurs missions :

- Mobiliser la ressource pour la filière bois
- Agir pour préserver et augmenter la biodiversité
- Accueillir le public en forêt et sur les sites naturels
- Effectuer des prestations de services pour les collectivités et les clients privés
- Assurer des missions de services publics (*e.g.* prévention et gestion des risques naturels, préservation de la biodiversité)
- Agir pour dynamiser le rôle de la forêt et des « produits bois » au service de la lutte contre le changement climatique.

Cette étude a été réalisée au sein du service environnement de l'Agence Nord Aquitaine située à Bordeaux et couvrant quatre départements : Gironde, Landes, Lot-et-Garonne et Dordogne. L'agence est incluse dans la région administrative Aquitaine, elle-même dépendante de la direction territoriale Sud-Ouest. Le service environnement, composé de deux postes à temps plein, est intégré au sein du service « service accueil, tourisme, environnement, développement ». Il a notamment pour mission :

- Le pilotage et la mise en œuvre des missions d'intérêt général et du développement environnement
- L'assistance technique et l'animation pour les projets Natura 2000
- La coordination de la Réserve Naturelle Nationale des Dunes et Marais d'Hourtin et des Réserves Biologiques Dirigées de Batejin et Mimizan
- Le pilotage des réseaux naturalistes

ANNEXE 4 : CARTOGRAPHIE DES HABITATS DU PALUS DE MOLUA, RECENSÉS EN 2008 (VIOLON, 2008)

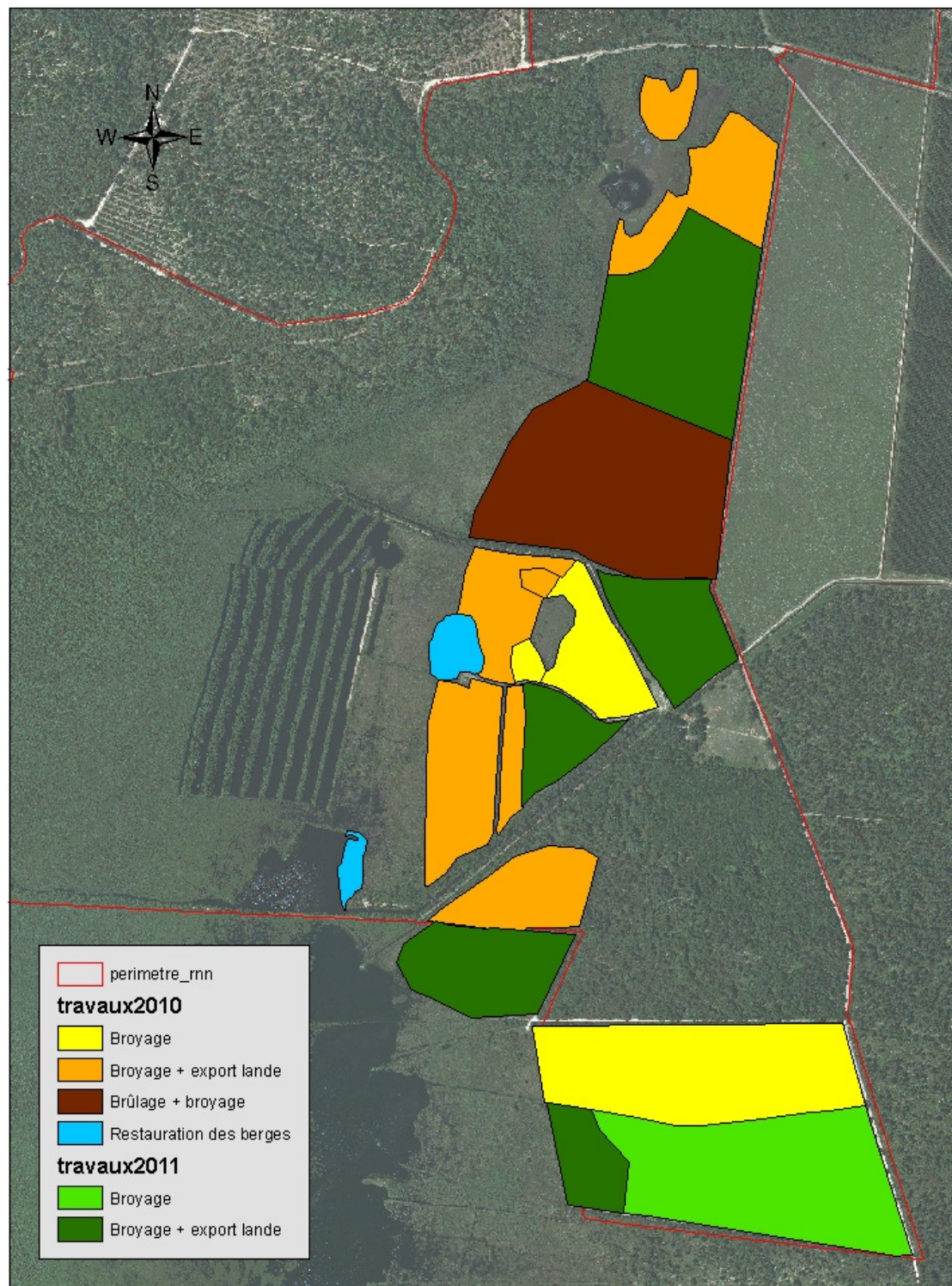


ANNEXE 5 : HABITATS PRÉSENTS SUR LE PALUS DE MOLUA (O.N.F., 2008 (1))

Groupe végétal	Code CORINE	Code EUR 15	Surface (ha)	Surface relative (%)
Végétation aquatique				
Herbiers des eaux méso-eutrophes à tendance dystrophe à grandes utriculaire	(22.12 et 22.14) x 22.414	3150 - 2	69,08	13,72
Herbiers aquatiques divers des eaux moyennement profondes stagnantes à faiblement courantes, mésotrophes à eutrophes	(22.12 et 22.13) x (22.42 et 22.43)	3150		
Herbier aquatique invasif des eaux mésotrophes à <i>Lagarosiphon major</i>	22.12 x 22.42	-		
Herbier aquatique des eaux oligo-mésotrophes stagnantes à faiblement courantes à Millepertuis des marais et Potamot à feuilles de renouée	22.11 x 22.433	3110 - 1		
Herbier des eaux dystrophes à petites utriculaire	22.14 x (22.45 et 51.13)	3160 - 1		
Herbiers à Characées	22.12 x 22.44	3140 - 2	Cf. boisement hygrophile à Bouleau et Osmonde royale	
Herbier subaquatique des eaux stagnantes mésotrophes peu profondes pouvant subir une émergence estivale à <i>Hottonie</i> des marais sur substrat organique	22.12 x 22.42	2190 - 1		
Communautés amphibies				
Gazon amphibie subaquatique des eaux moyennement profondes des rives des étangs à Scirpe piquant et Lobélie de Dortmann	22.11 x 22.3112	3110 - 1	5,40	1,07
Gazon amphibie oligo-mésotrophile des niveaux inférieurs à Millepertuis des marais et Potamot à feuilles de renouée	22.31	3110 - 1		
Communautés à Pillulaire à globules	22.31	3110 - 1		
Gazon amphibie mésotrophile des niveaux inférieurs à Scirpe flottant et Jonc bulbeux	22.31	3110 - 1		
Gazon amphibie oligo-mésotrophile des niveaux inférieurs à Littorelle uniflore et Faux cresson de Thore	22.31	3110 - 1		
Gazon amphibie mésotrophile des niveaux inférieurs à moyens sur substrat organique à Scirpe à nombreuses tiges	22.31	3110 - 1		
Gazon des niveaux supérieurs sur substrat minéral à Agrostide des chiens et Lobélie brûlante	37.312	6410 - 7		
Gazon amphibie des niveaux supérieurs sur sol organique à Faux-Cresson de Thore et Agrostide des chiens	37.312	6410 - 8		
Gazons annuels des substrats minéraux oligotrophes temporairement humides	22.32	3130 - 5		
Roselières et cariçaies				
Roselières à Roseau commun	53.11	-	0,16	0,03
Grande cariçaie des substrats mésotrophes à Laiches étalée	53.21	2190 - 5	49,18	9,77
Roselières à Marisque	53.3	7210* - 1	60,10	11,94
Groupements de cicatrization				
Groupement à <i>Rynchospora</i> brun et Canche sétacée des substrats tourbeux	54.6	7150 - 1	1,75	0,35
Groupement de cicatrization des sols tourbeux ou sableux oligotrophes	54.6	7150 - 1	0,05	0,01
Pelouses, prairies, ourlets				
Gazon annuel à Mouron nain et Radiole faux-lin	22.32	3130 - 5	0,31	0,06
Prairie à Molinie	37.312	6410 - 10	66,91	13,29
Prairies à Jonc acutiflore	37.22	-	0,72	0,14
Ourlet acidiphile mésohygrophile à Fougère aigle et Molinie	31.86	-	1,08	0,21
Landes				
Lande humide à Bruyère à quatre angles	31.12	4020* - 1	70,69	14,04
Lande sèche thermo-atlantique	31.241	4030 - 4	1,82	0,36
Fourrés, boisements				
Fourré mésophile acidiphile à Ajonc d'Europe	31.85	-	0,63	0,13
Fourré mésohygrophile oligotrophique à Brande et Bourdaine	31.83	-	2,65	0,53
Fourré mésohygrophile acidiphile à Chèvrefeuille des bois et Ronce à feuilles d'Orme	31.83	-	0,09	0,02
Fourré haut à Piment royal et Saule roux	31.83	2180 - 5	25,05	4,98
Fourré hygrophile à Bouleau, Bourdaine, Saule	41.B11	2180 - 5	8,45	1,68
Semis de Pin maritime	42.81	-	0,79	0,16
Boisement acidiphile mésophile à Chêne pédonculé et Molinie	41.5	9190 - 1	6,66	1,32
Dunes boisées littorales thermo-atlantiques à chêne vert	16.29 (et 45.3)	2180 - 2	2,95	0,59
Arrière-dunes boisées à Chêne pédonculé	41.5 x 16.29	2180 - 4	1,65	0,33
Boisement acidiphile mésohygrophile à Bouleau pubescent et Molinie	41.5	9190 - 1	31,80	6,32
Boisement hygrophile de Peupliers trembles	41.D2	-	0,17	0,03
Saulaie marécageuse à Fougère des marais	44.92	2180 - 5	53,54	10,63
Boisement hvgrophile à Bouleau pubescent et Osmonde royale	44.9	2180 - 5	41,74	8,29

ANNEXE 6 : CARTE DES TRAVAUX DE RESTAURATION
RÉALISÉS SUR LE PALUS DE MOLUA

**Travaux de restauration réalisés
sur le Palus de Molua en 2010 et 2011**



ANNEXE 7 : CHOIX DES HABITATS ÉCHANTILLONNÉS EN 2009, CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT DE CONSERVATION

Landes humides atlantiques tempérées à *Erica ciliaris* et à *Erica tetralix* **(code Natura 2000 : 4020-1)**

Description des caractéristiques de l'habitat et de la structure de la végétation

La lande humide est caractérisée par la présence simultanée d'*Erica ciliaris* (bruyère ciliée) et d'*Erica tetralix* (bruyère à 4 angles). Elle se développe sous un climat océanique bien que les landes hygrophiles de Gascogne soient plus thermophiles, se traduisant par la colonisation d'*Erica scoparia* (bruyère à balais, brande). La lande humide colonise les substrats oligotrophes acides (pH< 5) humides et les sols sont de type pseudogley à gley.

La végétation est dominée par les chaméphytes (bruyères, callune) et par les nanophanérophytes (ajoncs). La Molinie (*Molinia caerulea*) y est toujours présente et peut donner une physionomie herbeuse. La lande est généralement basse mais elle peut présenter des faciès arbustifs, embroussaillés lorsqu'elle est âgée ou lorsque *Calluna vulgaris* ou *Erica scoparia* sont fortement développées (Cahiers d'habitats Natura 2000, 2002 ; Tourneur, 2009). En l'absence de perturbation, le milieu a tendance à se fermer avec une colonisation ligneuse.

Les landes humides décrites par Vander Berghen : la cible à atteindre

Au début des années 1960, 29 espèces sont présentes au sein de la lande. *Erica tetralix* est représentée à 36 %, *Molinia caerulea* à 18 % et *Erica ciliaris* à 16 %. Peu de ligneux sont observés. Bien que les espèces indicatrices du vieillissement de la lande soient présentes, leur recouvrement est très faible.

Choix de l'habitat en 2009

Cet habitat a été choisi car il est fortement présent (14 % des habitats présents sur le Palus, O.N.F., 2008 (1)), qu'il possède un mauvais état de conservation et un faible degré de naturalité. Son intérêt patrimonial est fort car son aire de répartition est restreinte comparée au nombre d'espèces rares et/ou menacées à l'échelle européenne qu'il abrite. A la fin de son étude, Tourneur met en avant la perte de typicité de l'habitat notamment à cause de la colonisation ligneuse et arbustive. Ses analyses montrent une simplification des cortèges floristiques.

Cladiaies denses à *Cladium mariscus* (code Natura 2000 : 7210-1)

Description des caractéristiques de l'habitat et de la structure de la végétation

La végétation est caractérisée par la présence et la dominance de *Cladium mariscus* (Marisque). Elle se développe sur des substrats organiques mais également minéraux sableux et graveleux, très humides voire dans les eaux affleurantes. *Cladium mariscus* possède une amplitude écologique très large ce qui peut faire de lui une espèce fortement colonisatrice.

Il existe deux principaux types de cladiaies et celle présente sur le Palus est une cladiaie terrestre signifiant qu'elle se développe avec une dynamique d'envahissement des groupements préexistants (e.g. prairies à Molinie, bas-marais alcalins). La physionomie de la végétation est déterminée par la densité du Marisque. Dans le cas des cladiaies denses, la structure de la végétation est verticale et la litière est très épaisse, limitant ainsi fortement le développement d'autres espèces qui n'y trouvent pas de conditions favorables à leur cycle de vie. La richesse spécifique est donc pauvre même s'il est possible de rencontrer des espèces accompagnatrices provenant des communautés relictuelles colonisées (Cahiers d'habitats, 2002 ; Tourneur, 2009).

Cladiaies denses de référence et cible à atteindre

Il n'y a pas de référence historique pour la cladiaie dense mais cet habitat a été considéré en bon état de conservation. Par conséquent, une des placettes des relevés de 2009 sert de référence ou du moins "d'état cible" pour les opérations de gestion dans les zones plus dégradées. La placette choisie possède un bon équilibre en termes de composition et de structure floristique. 14 espèces sont recensées, réparties équitablement au sein du cortège. Les espèces caractéristiques identifiées sont *Cladium mariscus* (recouvrement de 60 %), *Eleocharis multicaulis* (recouvrement de 20%), *Erica tetralix* (recouvrement de 5%), *Hydrocotyle vulgaris*, *Lysimachia vulgaris* et *Molinia caerulea*.

Choix de l'habitat en 2009

Les cladiaies denses ont été étudiées à cause de leur représentativité sur le marais (12% des habitats) et également à cause de leur enjeu patrimonial potentiel. Sous sa forme dense, la cladiaie possède un intérêt pour la faune ; sous sa forme plus aérée, il est possible qu'une flore à fort enjeu apparaisse. Dans le rapport de Violon (2008), leur état de conservation est bon et elles possèdent un haut degré de naturalité (note de 4/5).

Moliniaies hygrophiles acidiphiles atlantiques (code Natura 2000 : 6410-9)

Description des caractéristiques de l'habitat et de la structure de la végétation

Les moliniaies hygrophiles se développent sur des zones à humidité temporaire hivernale, sur des substrats acides et des sols à pseudo-gley para-tourbeux à tourbeux. La variabilité de l'habitat est liée aux facteurs édaphiques et climatiques. En Gironde, la moliniaie apparaît sous sa forme thermo-atlantique : la moliniaie à Carvi verticillé (*Carum verticillatum*) avec la présence de la bruyère à balai (*Erica scoparia*). L'habitat est dominé par *Molinia caerulea* et la physionomie de la végétation est gouvernée par cette espèce qui s'exprime classique sous forme de touradons. La végétation est basse (*i.e.* moins d'un mètre) et les espèces accompagnatrices sont disséminées dans l'habitat. Les communautés végétales sont sensibles aux variations du niveau de la nappe et la formation reste stable tant que les conditions hydriques ne varient pas. Si la moliniaie a tendance à s'assécher, la Molinie rentre alors dans une dynamique fortement colonisatrice.

L'habitat de référence

En 1966, Vanden Berghen a recensé 41 espèces dans la moliniaie dont 5 espèces ligneuses qui occupaient moins de 1% du recouvrement. *Molinia caerulea* était l'espèce dominante (50% de recouvrement), suivi de *Cirsium dissectum* (recouvrement de 13%) et de *Carum verticillatum*. La moliniaie était à l'interface entre les cladiaies et les landes humides.

Choix de l'habitat en 2009

L'habitat a été choisi pour sa représentativité (13% de recouvrement), pour son mauvais état de conservation et sa faible naturalité (note de 1/5). Les moliniaies possèdent une valeur patrimoniale d'intérêt moyen pour la flore mais elles jouent un rôle important pour la faune, notamment pour l'alimentation et la reproduction. Il est donc important de les maintenir au sein d'une mosaïque d'habitats pour favoriser la biodiversité et conserver les espèces menacées telles que le Fadet des laiches – *Coenonympha oedippus* –, menacé à l'échelle mondiale, protégé nationalement en France et inscrit aux annexes II et IV de la directive « Habitats-Faune-Flore » (Tourneur, 2009). Tourneur montre, d'après les résultats de ses relevés, un embroussaillage du milieu voire un boisement.

Bas-marais acidiphiles atlantiques amphibies (code Natura 2000 : 6410-8)

Description des caractéristiques de l'habitat et de la structure de la végétation

L'habitat se situe dans les “situations topographiques temporairement inondables de bas-niveau”, sur des substrats et des sols à gley para-tourbeux à tourbeux. C'est un “élément majeur des systèmes prairiaux hygrophiles ou des paysages de landes et de forêts temporairement humides” (Cahier d'habitat Natura 2000, 2005). Suivant les facteurs édaphiques et climatiques, il existe plusieurs variantes de l'habitat. Sur le Palus de Molua, il s'agit du bas-marais à Canche des marais (*Deschampsia setacea*) et à Agrostide des chiens (*Agrostis canina*). Il est caractérisé par *Agrostis canina*, *Deschampsia setacea*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Ranunculus flammula*, *Baldelia ranunculoides*, *Eleocharis multicaulis*, *Caropsis verticillatinundata* et *Molinia caerulea*. Les communautés végétales sont sensibles aux variations des pressions biotiques, pouvant les faire évoluer vers des habitats plus herbacés. Sur le Palus, le non-entretien pourrait conduire à des landes hydrophyles.

L'habitat de référence

Vander Berghen dénombre, en 1966, 19 espèces dont aucune ligneuse. Le milieu était ouvert et en bon état de conservation. *Eleocharis multicaulis* était l'espèce caractéristique et dominante avec 55% de recouvrement. Elle était accompagnée d'espèces caractéristiques de l'habitat comme celles citées précédemment.

Choix de l'habitat en 2009

Les bas-marais représentent environ 1% des habitats du Palus de Molua. Leur état de conservation a été estimé comme moyen avec une naturalité moyenne (note de 2/5). L'habitat était en cours de fermeture (*i.e.* embroussaillage) et de comblement. De plus, un envasement des berges des plans d'eau avait été remarqué. Les bas-marais possèdent un fort intérêt patrimonial pour la faune et la flore (Tourneur, 2009) mais, malgré cela, cet habitat est mal connu et il était intéressant de suivre son évolution floristique. L'étude de 2009 met en avant un léger changement de composition floristique en comparaison à la référence historique dont l'apparition d'espèces patrimoniales.

ANNEXE 8 : CONCEPTS THÉORIQUES CONCERNANT L'INFLUENCE DES VARIABLES BIOTIQUES ET ABIOTIQUES SUR LA STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES

Plusieurs auteurs ont cherché à modéliser l'influence de certaines variables sur les communautés végétales (Austin, 2005 *in* Bouzillé, 2007 ; Mueller-Dombois et Ellenberg, 1974, 2002 *in* Bouzillé, 2007). Bouzillé (2007) propose les équations suivantes :

Pour les variables biotiques :	$S-F = f(p, d, c, n)$	(équation 1)
--------------------------------	-----------------------	--------------

avec $S-F$: structure et fonctions d'une communauté végétale en fonction de p : perturbation, d : dispersion (dans le temps et dans l'espace), c : compétition, n : nutrition

Pour les variables abiotiques :	$f = f(c, s, t)$	(équation 2)
---------------------------------	------------------	--------------

avec f : flore en fonction de c : climat, s : sol, t : topographie

Les processus biotiques peuvent expliquer la composition floristique et la structure d'une communauté ainsi que les variations observées (Violon, 2008). La perturbation est souvent appréciée comme un effet négatif sur la végétation mais elle peut être un facteur de diversité. En effet, la théorie de la perturbation intermédiaire explique que la diversité est maximale lorsque les procédés de perturbation permettent un compromis entre la capacité de colonisation des plantes de la zone perturbée et le niveau de compétition interspécifique (Connell, 1978 *in* Bouzillé, 2007 ; Grime, 1979 *in* Bouzillé, 2007). Violon (2008) ajoute à ces facteurs biotiques la facilitation et obtient donc l'équation suivante :

$S-F = f(p, d, c, n, f)$	(équation 3)
--------------------------	--------------

avec $S-F$: la structure et les fonctions de la communauté en fonction de p : la perturbation, d : la dispersion, c : la compétition, n : la nutrition et f : la facilitation.

Concernant les facteurs abiotiques, Violon (2008) ajoute à l'équation de Bouzillé (2007) le niveau d'eau. Celui-ci est principalement lié au niveau du lac, le marais jouant le rôle de « zone-tampon » pendant les crues et les assèchements. Ces variations du niveau de l'eau peuvent donc influencer les communautés. Elle ajoute également la qualité physico-chimique de l'eau qui « imprime une physionomie particulière à la végétation, notamment pour les communautés aquatiques ». Une nouvelle équation est donc obtenue :

$f = f(h, s, t, q)$	(équation 4)
---------------------	--------------

avec f : la flore en fonction de h : l'hydrologie (hauteur de la nappe et fluctuation), s : la nature du sol, t : la topographie, q : la qualité physico-chimique.

ANNEXE 9 : LES VARIABLES BIOTIQUES ET ABIOTIQUES SUR LE PALUS DE MOLUA

Les facteurs biotiques

Les facteurs biotiques régissant une communauté végétale sont la perturbation, la dispersion, la compétition, la nutrition et la facilitation (Bouzillé, 2007 ; Violon, 2008). Ces processus sont souvent difficiles à quantifier bien qu’essentiels à la compréhension de la structure et des fonctions d’une communauté végétale. La perturbation, appréhendée à travers les travaux de restauration, est le processus le plus facile à étudier. C’est le seul facteur biotique pris en compte dans le monitoring. Cinq modalités de travaux ont été utilisés : le broyage avec et sans export, le brûlage avec broyage, la restauration de berges et la non-intervention. L’objectif d’intégrer le facteur “perturbation” dans les analyses est de savoir quelle est la modalité qui permet de recouvrir le plus rapidement un bon état de conservation conduisant ainsi les communautés végétales vers l’état cible.

Les facteurs abiotiques

La liste des facteurs abiotiques s’inspire des équations 2 et 4 de l’annexe 8 ainsi que des caractéristiques naturelles du site (annexe 2).

Le climat

Le climat ne semble globalement pas varier sur le site d’étude même si des effets microclimatiques sont sûrement présents. Etant donné qu’aucune station météorologique n’est installée, il est difficile d’accéder à ces informations. Ainsi, les variables climatiques ne sont pas intégrées dans les variables explicatives.

Topographie

Les variations de la topographie sont analysées à partir d’un Modèle Numérique de Terrain (MNT) dont la précision est de 5 à 10 cm. Une valeur d’altitude est attribuée à chaque piézomètre et à chaque point de relevé floristique.

Géologie et pédologie

D’après la carte géologique (annexe 2), cette variable est relativement uniforme au sein de la zone humide et ne peut donc pas expliquer les différences existantes entre les communautés.

Le sol joue quant à lui un rôle important notamment dans la nutrition des plantes *via* l’absorption des nutriments sous forme minérale par la rhizosphère (Duchaufour, 2001). Par conséquent, ses

caractéristiques conditionnent le développement des communautés végétales, mais tout comme la géologie, la pédologie apparaît “relativement homogène” (à l’échelle de la carte pédologique, annexe 2). Des analyses de sol seraient nécessaires afin de caractériser précisément les sols mais elles ne peuvent pas être réalisées pour le moment. La variable « sol » n’entre donc pas dans le suivi.

La litière

La litière n’est pas supposée être uniforme sur la zone d’étude et doit être prise en compte dans les paramètres à estimer. Cependant, la litière d’origine anthropique liée aux travaux de restauration (*i.e.* broyage) et celle d’origine naturelle ne peuvent pas être différenciées sur le terrain. Différents paramètres sont mesurés :

- La présence / absence de litière
- L’épaisseur de la litière dans le cas où elle est présente. Elle se mesure du sommet de l’humus (ou débris végétaux) jusqu’à l’humus dans lequel il est possible de déterminer la nature des éléments.
- La nature dominante des composants de la litière : bois, herbacée, bruyère/arbuste, indéterminée.

L’hydrologie

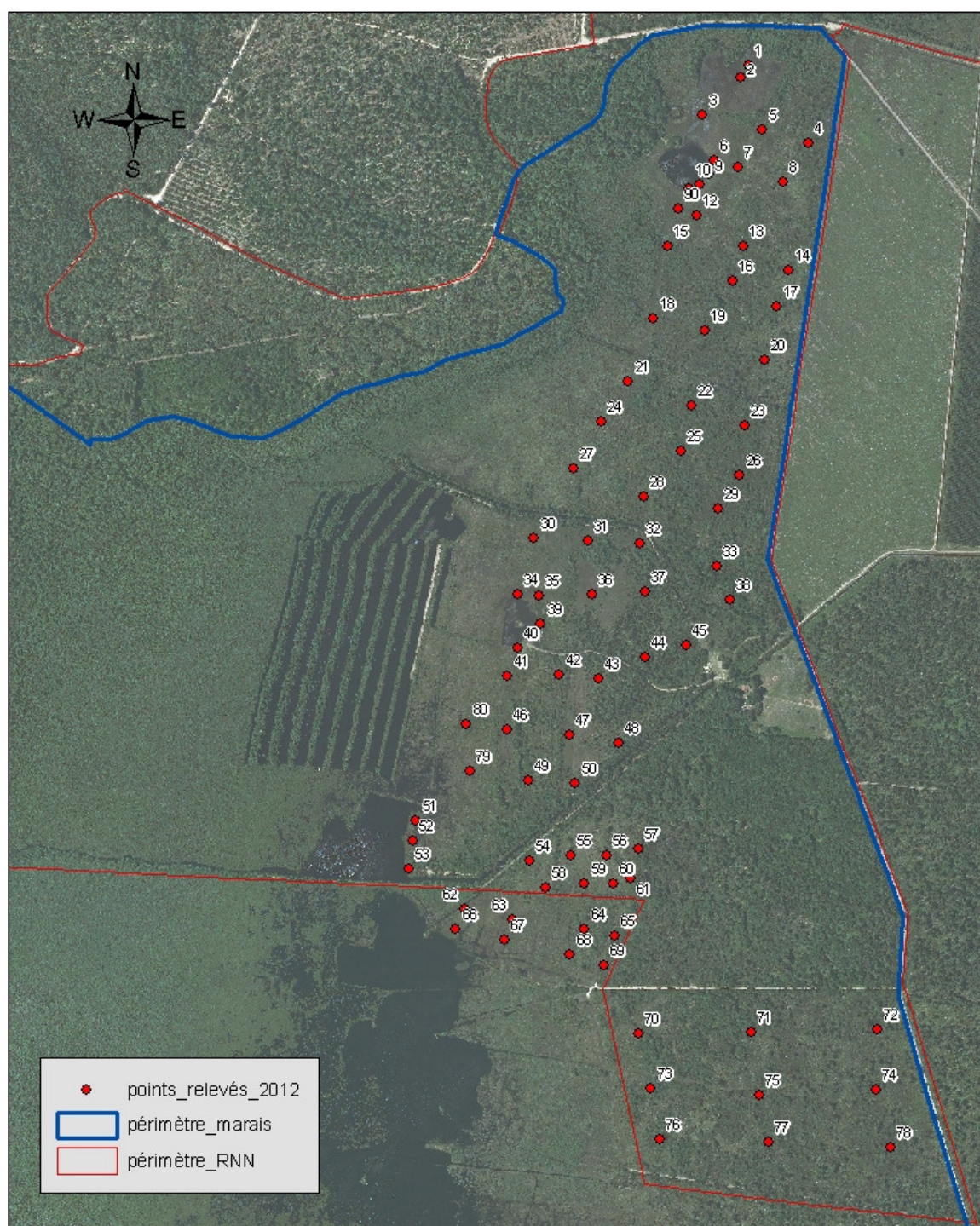
L’hydrologie, avec le degré de perturbation, est le levier de gestion le plus important. Il est d’ailleurs identifié comme le premier axe de l’Analyse des Facteurs de Correspondances, expliquant la dynamique de la végétation (Tourneur, 2009). Ainsi, le niveau de la nappe et l’hydrologie de surface (*i.e.* aspect de la surface du sol) sont décrits. Les niveaux de la nappe sont relevés depuis février 2011 grâce à des piézomètres répartis sur toute la réserve. Pour chaque piézomètre, le niveau minimal, moyen et maximal est extrait sur une année. Ces valeurs rendent indirectement compte du degré d’humidité potentiel du sol. De plus, l’hydromorphie est appréhendée *via* l’apparence du sol. Trois états peuvent être constatés : eau affleurante, sol humide, sol sec. Ces paramètres donnent des indications sur les conditions hydrologiques au moment des relevés.

Physico-chimie des eaux

Des relevés physico-chimiques sont réalisés tous les mois au sein des plans d’eau du marais. La physico-chimie des eaux peut en effet influencer les communautés amphibiennes présentes aux abords des masses d’eau. Le traitement des données récoltées ne peut pas être effectué pour le suivi 2012 mais cette variable devra être intégrée lors du prochain monitoring.

ANNEXE 10 : POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE POUR LE MONITORING
FLORE SUR LE PALUS DE MOLUA

**Points de relevé pour le monitoring flore
sur le Palus de Molua (suivi 2012)**



Fiche "Caractéristiques du relevé"				
relevé				
date				
heure de début				
conditions météo	à cocher	soleil		
		nuage		
		pluie		
Description générale de la végétation				
données générales	hauteur moyenne (cm)			
	% sol nu (domin score)			
faciès	à cocher	bas		
		embroussaillé		
		boisé		
Facteurs abiotiques de terrain				
hydrologie de surface	à cocher	eau affleurante		
		sol humide		
		sol sec		
litière	à cocher	présence		
		absence		
	nature (à cocher)	bois		
		herbacées		
		bruyères-arbustes		
indéterminée				
Suivi photographique				
référence de la photo	numéro de l'appareil photo			
Remarques				
ATTENTION: relever les espèces hors quadrats (si espèces nouvelles)				

LANDE, MOLINAIE, CARICAIE : Relevé n°		Recouvrement par quadrat (DominScore)					Rs/11 m²	Remarques		
n°	Espèces	A	B	C	D	E	HQ			
1										
2										
3										
4										
5										
6										

AMPHIBIES : Relevé n°		Recouvrement par quadrat (coeff de 1 à 4)									Rs/16 m²
n°	Espèces	A	B	C	D	E	F	G	H	I	HQ
1											
2											
3											
4											
5											
6											

Remarques											

ANNEXE 12 : RÉSULTATS DU SUIVI 2012 (CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES POUR CHAQUE RELEVÉ)

Relevé	GROUPE	AGROCAN	ANAGEN	BALDRAN	BETUPUB	CALLVUL	CALYSEP	LAREELA	CAREVIR	CAROVER	CARUVER	CIRSDS	CLADMAR	CONYCAN	DESCSET	DROSINT	ELEOMUL	ERICIL	ERICSCO	ERICTEX	EXACUPS	FRANDOD	GALPAU	GENIANG	HYDRVUL	HYPELOP	ILEVER	JUNCAUCU	JUNCBUL	JUNCEFF	LEONSAK
1	161	0.07	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.07	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
2	261	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	361	0.10	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	462	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	561	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.13	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	661	0.09	0.06	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.15	0.00	0.00	0.17	0.00	
7	763	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.05	0.07	0.00	0.08	0.05	0.00	0.02	0.00	0.05	0.11	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	
8	862	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.17	0.02	0.11	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	961	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.08	0.00	
10	1061	0.15	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	1161	0.08	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.15	0.00	0.00	0.06	0.10	
12	1264	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	1362	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14	1462	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.18	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15	1563	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.07	0.04	0.00	0.00	0.16	0.00	
16	1662	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17	1762	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18	1863	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19	1962	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20	2062	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.17	0.00	0.00	0.06	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
21	2163	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.05	0.00	0.10	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	
22	2264	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
23	2364	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.18	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
24	2463	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.22	0.05	0.00	
25	2562	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
26	2662	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
27	2762	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
28	2864	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.10	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
29	2962	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.10	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
30	3063	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.13	0.00	0.07	0.01	0.00	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	
31	3161	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
32	3263	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	0.12	0.00	0.05	0.07	0.00	0.05	0.00	0.01	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
33	3362	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
34	3461	0.07	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.14	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.08	0.03	0.00	0.00	0.00	0.09	
35	3561	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.13	0.06	0.00	0.00	0.00	0.10	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	
36	3661	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
37	3762	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.04	0.00	0.02	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
38	3864	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
39	3961	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.17	0.00	0.00	0.08	0.00	
40	4063	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
41	4163	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.11	0.08	0.00	0.11	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
42	4263	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.07	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
43	4362	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
44	4462	0.00	0.00	0.00	0.00																										

Relevé	Groupe	LOBEURE	LONIPIER	LOTUPED	LYCOEUR	LYSIVUL	LYTHHYS	LYTHSAL	MOLICAE	MYRIGAL	OSMUREG	PHRAAUS	PHYTAME	PINUPIN	POPUTRE	POTACOL	POTERE	PRUNVUL	QUERROB	RADIUN	RANUFRA	RHYNFUS	RUBIULUM	SALIACU	SALIREP	SCHONIG	SCHOPUN	SCUTMIN	THELPAL	ULEXEUR	VIOLLAC
1	161	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	361	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	361	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	462	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	563	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.12	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	661	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	763	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.11	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	862	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00
9	961	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	1061	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	1161	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12	1264	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.30	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	1362	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14	1462	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15	1562	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	0.10	0.02	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16	1662	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17	1762	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18	1863	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.01	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19	1962	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20	2062	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
21	2163	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
22	2264	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
23	2364	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00
24	2463	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
25	2562	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
26	2662	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
27	2763	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.05	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
28	2864	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
29	2962	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
30	3063	0.00	0.00	0.00	0.03	0.07	0.00	0.04	0.09	0.12	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
31	3163	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.03	0.10	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
32	3263	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
33	3362	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	3461	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	3561	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
36	3661	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	3762	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.27	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	3864	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
39	3961	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	4063	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	4163	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06	0.15	0.18	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	4263	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	4362	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00																		

ANNEXE 13 : ACRONYMES UTILISÉS POUR LES RELEVÉS DE 1963-1966 ET CEUX DE 2009

Relevés de Vander Berghen 1963-1966	
Noms scientifiques	Codes espèces
<i>Agrostis canina</i>	AGRCAN
<i>Agrostis setacea</i>	AGRSET
<i>Agrostis stolonifera</i>	AGRSTO
<i>Anagallis tenella</i>	ANATEN
<i>Baldellia ranunculoides</i>	BALRAN
<i>Betula pubescens</i>	BETPUB
<i>Calystegia sepium</i>	CALSEP
<i>Calluna vulgaris</i>	CALVUL
<i>Carex panicea</i>	CARPAN
<i>Carex serotina</i>	CARSER
<i>Carum verticillatum</i>	CARUVER
<i>Cicendia filiformis</i>	CICFIL
<i>Cirsium dissectum</i>	CIRDIS
<i>Cladium mariscus</i>	CLAMAR
<i>Cuscuta epithymum</i>	CUSEPI
<i>Dactylorhiza maculata</i>	DACMAC
<i>Deschampsia setacea</i>	DESSET
<i>Drosera intermedia</i>	DROINT
<i>Eleocharis multicaulis</i>	ELEMUL
<i>Eriophorum angustifolium</i>	ERIANG
<i>Erica ciliaris</i>	ERICIL
<i>Erica scoparia</i>	ERISCO
<i>Erica tetralix</i>	ERITET
<i>Exaculum pusillum</i>	EXAPUS
<i>Frangula alnus</i>	FRAALN
<i>Genista anglica</i>	GENANG
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	HYDVUL
<i>Hypericum elodes</i>	HYPELO
<i>Juncus acutiflorus</i>	JUNACU
<i>Juncus pygmaeus</i>	JUNPYG
<i>Juncus tenageia</i>	JUNTEN
<i>Lobelia urens</i>	LOBURE
<i>Lysimachia vulgaris</i>	LYSVUL
<i>Lythrum salicaria</i>	LYTSAL
<i>Molinia caerulea</i>	MOLCAE
<i>Myrica gale</i>	MYRGAL
<i>Pedicularia sylvatica</i>	PEDSYL
<i>Phragmites communis</i>	PHRCOM
<i>Potentilla erecta</i>	POTERE
<i>Radiola linoides</i>	RADLIN
<i>Ranunculus flammula</i>	RANFLA
<i>Rhynchospora alba</i>	RHYALB
<i>Rhynchospora fusca</i>	RHYFUS
<i>Salix arenaria</i>	SALARE
<i>Salix atrocinerea</i>	SALATR
<i>Salix repens</i>	SALREP
<i>Schoenus nigricans</i>	SCHNIG
<i>Scirpus americanus</i>	SCIAME
<i>Scirpus multicaulis</i>	SCIMUL
<i>Stachys palustris</i>	STAPAL
<i>Thorella bulbosa</i>	THOBUL
<i>Caropsis verticillundata</i>	CARVER
<i>Ulex europaeus</i>	ULEEUR
<i>Ulex minor</i>	ULEMIN
<i>Viola lactea</i>	VIOLAC
<i>Nymphaea alba</i>	NYMALB
<i>Utricularia intermedia</i>	UTRINT
<i>Utricularia minor</i>	UTRMIN
<i>Utricularia neglecta</i>	UTRNEG
<i>Juncus bulbosus</i>	JUNBUL
<i>Schoenoplectus pungens</i>	SCHPUN

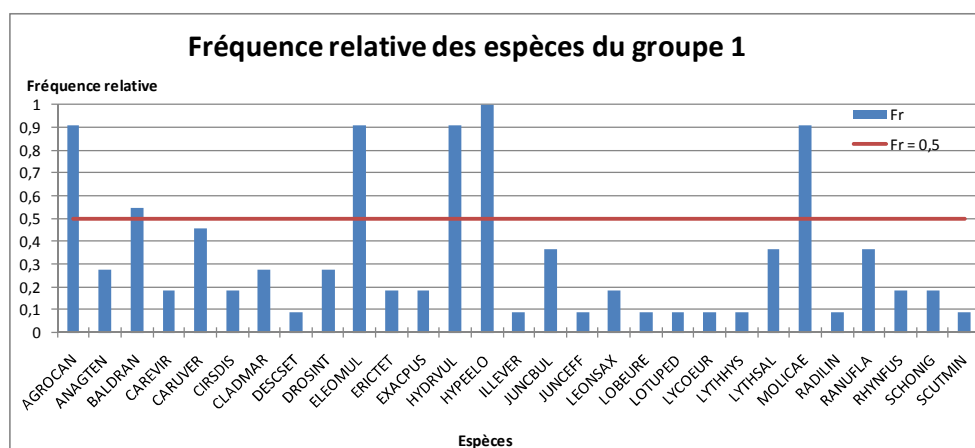
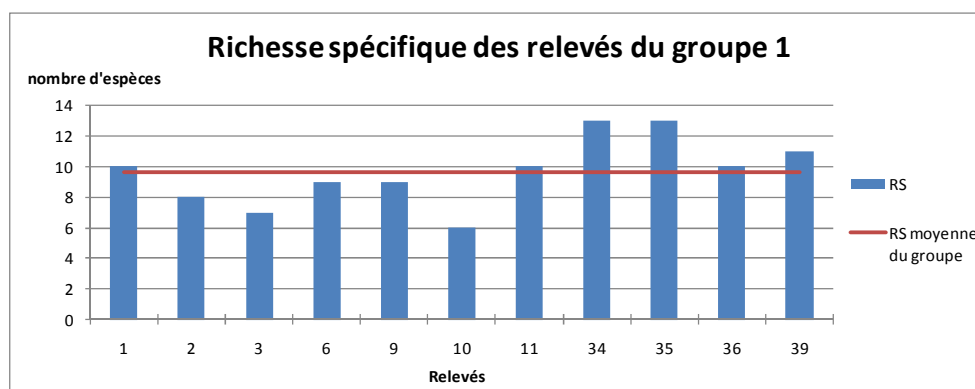
Relevés de l'état initial 2009	
Noms scientifiques	Codes espèces
<i>Agrostis canina</i>	AGRCAN
<i>Anagallis tenella</i>	ANATEN
<i>Baldellia ranunculoides</i>	BALRAN
<i>Betula pubescens</i>	BETPUB
<i>Caropsis verticillundata</i>	CARVER
<i>Carex viridula</i>	CARVIR
<i>Cicendia filiformis</i>	CICFIL
<i>Cirsium dissectum</i>	CIRDIS
<i>Cladium mariscus</i>	CLAMAR
<i>Convolvulus arvensis</i>	CONARV
<i>Deschampsia setacea</i>	DESSET
<i>Drosera intermedia</i>	DROINT
<i>Eleogiton fluitans</i>	ELEFLU
<i>Eleocharis multicaulis</i>	ELEMUL
<i>Eriophorum angustifolium</i>	ERIANG
<i>Erica ciliaris</i>	ERICIL
<i>Erica scoparia</i>	ERISCO
<i>Erica tetralix</i>	ERITET
<i>Exaculum pusillum</i>	EXAPUS
<i>Frangula dodonei</i>	FRADOD
<i>Galium palustre</i>	GALPAL
<i>Genista Anglica</i>	GENANG
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	HYDVUL
<i>Hypericum helodes</i>	HYPHEL
<i>Iris pseudacorus</i>	IRIPSE
<i>Juncus acutiflorus</i>	JUNACU
<i>Juncus bulbosus</i>	JUNBUL
<i>Juncus heterophyllus</i>	JUNHET
<i>Juncus inflexus</i>	JUNINF
<i>Leontodon saxatilis</i>	LEOSAX
<i>Lobelia urens</i>	LOBURE
<i>Lotus pedunculatus</i>	LOTPED
<i>Lycopus europaeus</i>	LYCEUR
<i>Lysimachia vulgaris</i>	LYSVUL
<i>Lythrum salicaria</i>	LYTSAL
<i>Molinia caerulea</i>	MOLCAE
<i>Myrica gale</i>	MYRGAL
<i>Myriophyllum</i>	MYRSP
<i>Osmunda regalis</i>	OSMREG
<i>Phragmites australis</i>	PHRAUS
<i>Pinus pinaster</i>	PINPIN
<i>Potentilla erecta</i>	POTERE
<i>Potamogeton polygonifolius</i>	POTPOL
<i>Quercus robur</i>	QUEROB
<i>Ranunculus flammula</i>	RANFLA
<i>Rhynchospora fusca</i>	RHYFUS
<i>Rubus sp</i>	RUBSP
<i>Salix repens</i>	SALREP
<i>Schoenus nigricans</i>	SCHNIG
<i>Scutellaria galericulata</i>	SCUGAL
<i>Utricularia vulgaris</i>	UTRVUL
<i>Viola lactea</i>	VIOLAC

ANNEXE 14 : ACRONYMES UTILISÉS POUR LA DÉNOMINATION DES ESPÈCES EN 2012

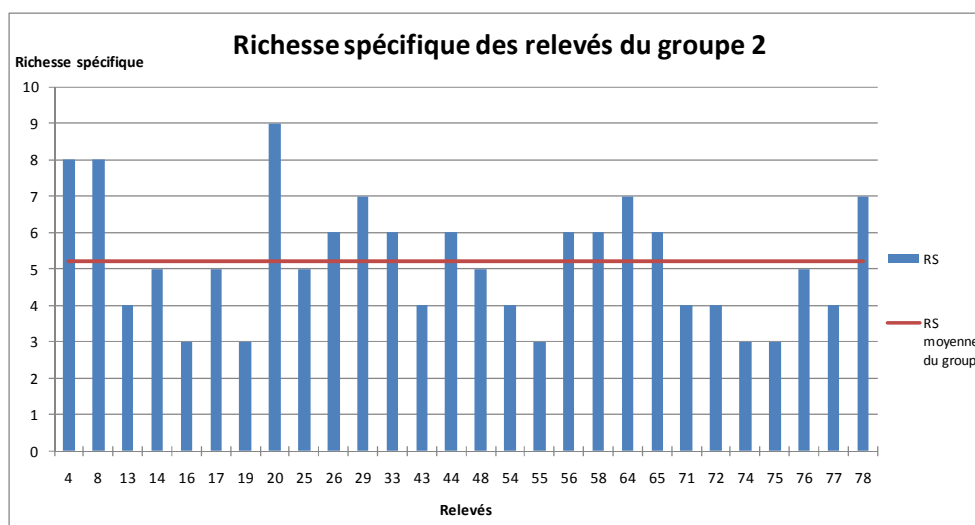
Noms scientifiques	Codes espèces
<i>Achillea millefolium</i> L.	ACHIMIL
<i>Agrostis canina</i> L.	AGROCAN
<i>Anagallis tenella</i> (L.) L.	ANAGTEN
<i>Baldellia ranunculoides</i> (L.) Parl. subsp. <i>repens</i> (Lam.) Á.Löve & D.Löve	BALDRAN
<i>Betula pubescens</i> Errh	BETUPUB
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	CALLVUL
<i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br.	CALYSEP
<i>Carex elata</i> All.	CAREELA
<i>Carex</i> sp.	CARESP.
<i>Carex viridula</i> Michx.	CAREVIR
<i>Caropsis verticillatinundata</i> (Thore) Rauschert	CAROVER
<i>Carum verticillatum</i> (L.) W.D.J.Koch	CARUVER
<i>Cirsium dissectum</i> (L.) Hill	CIRSDIS
<i>Cladium mariscus</i> (L.) Pohl	CLADMAR
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	CONYCAN
<i>Daphne</i> sp.	DAPHSP.
<i>Deschampsia setacea</i> (Huds.) Hack.	DESCSET
<i>Drosera intermedia</i> Hayne	DROSINT
<i>Eleocharis multicaulis</i> (Sm.) Desv.	ELEOMUL
<i>Erica ciliaris</i> Loeff. ex L.	ERICCIL
<i>Erica scoparia</i> L.	ERICSCO
<i>Erica tetralix</i> L.	ERICTET
<i>Exaculum pusillum</i> (Lam.) Caruel	EXACPU
<i>Frangula dodonei</i> Ard.	FRANDOD
<i>Galium palustre</i> L.	GALIPAL
<i>Genista anglica</i> L.	GENIANG
<i>Hydrocotyle vulgaris</i> L.	HYDRVUL
<i>Hypericum elodes</i> L.	HYPEELO
<i>Illecebrum verticillatum</i> L.	ILLEVER
<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm.	JUNCACU
<i>Juncus bulbosus</i> L.	JUNCBUL
<i>Juncus effusus</i> L.	JUNCEFF
<i>Juncus</i> sp.	JUNCSP.
<i>Leontodon saxatilis</i> Lam.	LEONSAX
<i>Lobelia urens</i> L.	LOBEURE
<i>Lonicera periclymenum</i> L.	LONIPER
<i>Lotus pedunculatus</i> Cav.	LOTUPED
<i>Lycopus europaeus</i> L.	LYCOEUR
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	LYSIVUL
<i>Lythrum hyssopifolia</i> L.	LYTHHYS
<i>Lythrum salicaria</i> L.	LYTHSAL
<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	MOLICAE
<i>Myrica gale</i> L.	MYRIGAL
<i>Osmunda regalis</i> L.	OSMUREG
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	PHRAAUS
<i>Phytolacca americana</i> L.	PHYTAME
<i>Pinus pinaster</i> Aiton	PINUPIN
<i>Populus tremula</i> L.	POPUTRE
<i>Potamogeton coloratus</i> Hornem.	POTACOL
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rausch.	POTEERE
<i>Prunella vulgaris</i> L.	PRUNVUL
<i>Quercus robur</i> L.	QUERROB
<i>Radiola linoides</i> Roth	RADILIN
<i>Ranunculus flammula</i> L.	RANUFLA
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	RUBUULM
<i>Rhynchospora fusca</i> (L.) W.T.Aiton	RHYNFUS
<i>Salix acuminata</i> Mill.	SALIACU
<i>Salix repens</i> L.	SALIREP
<i>Schoenus nigricans</i> L.	SCHONIG
<i>Schoenoplectus pungens</i> (Vahl) Palla	SCHOPUN
<i>Scutellaria minor</i> Huds.	SCUTMIN
<i>Thelypteris palustris</i> Schott	THELPAL
<i>Ulex europaeus</i> L.	ULEXEUR
<i>Viola lactea</i> Sm.	VIOLLAC

ANNEXE 15 : CARACTÉRISATION DES GROUPES DE VÉGÉTATION : RECOUVREMENT MOYEN DES ESPÈCES ET FRÉQUENCE RELATIVE

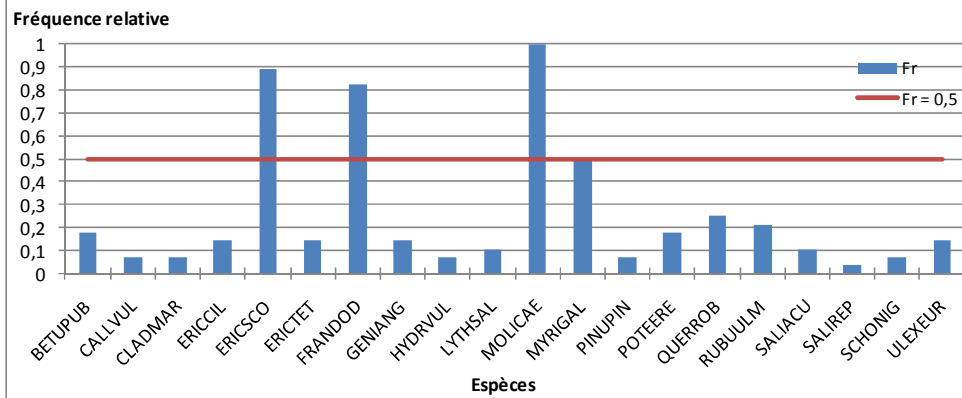
Groupe 1 : Communautés amphibies



Groupe 2 : Prairie à Molinie

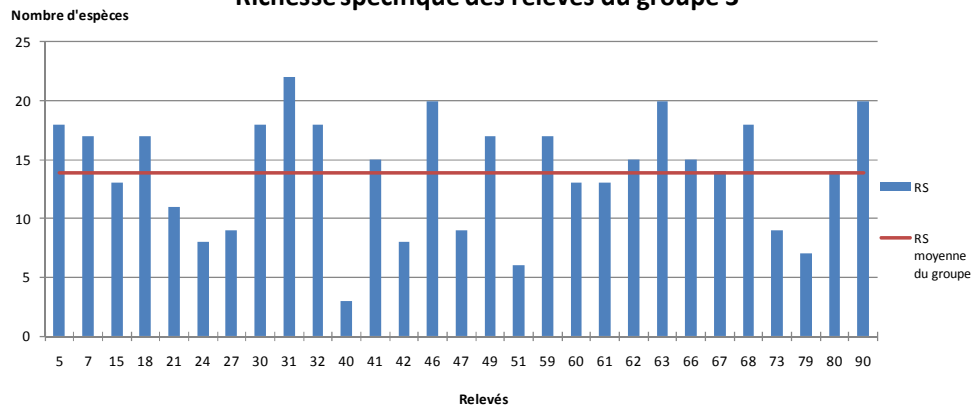


Fréquence relative des espèces du groupe 2

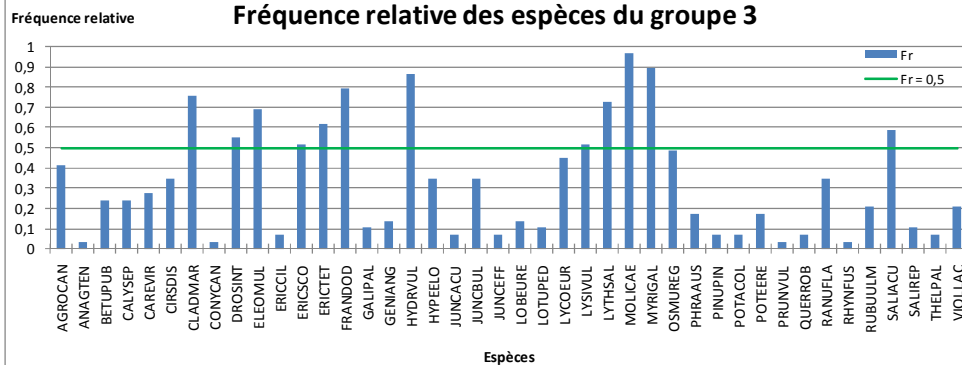


Groupe 3 : Lande humide envahie par la cladiaie

Richesse spécifique des relevés du groupe 3



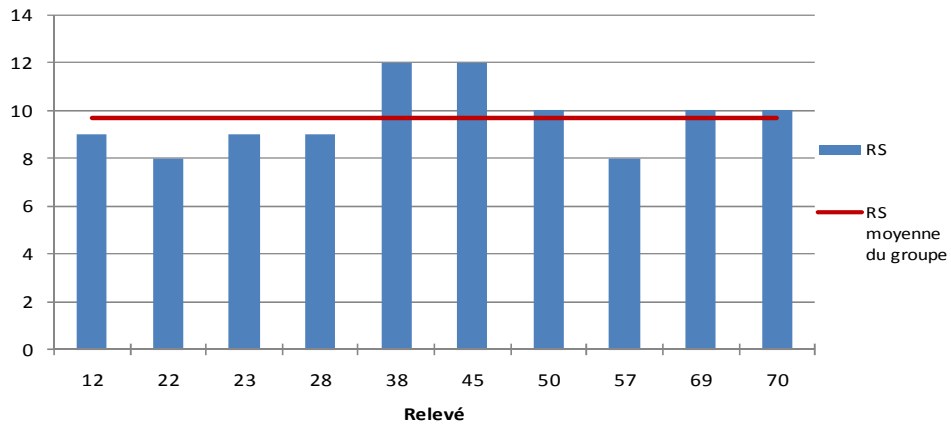
Fréquence relative des espèces du groupe 3



Groupe 4 : Lande humide

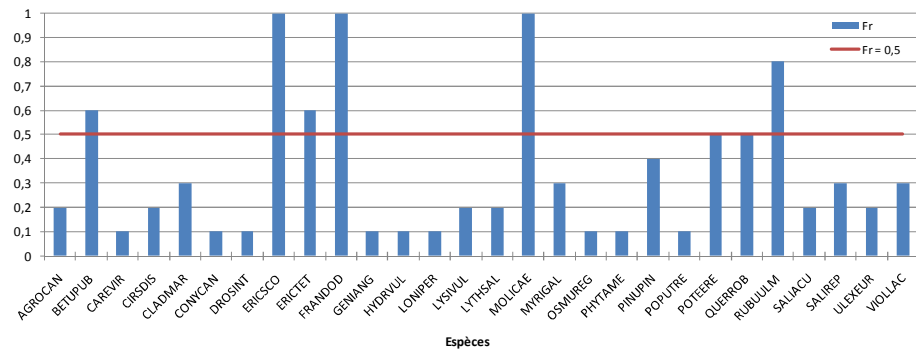
Richesse spécifique des relevés du groupe 4

Nombre d'espèces



Fréquence relative des espèces du groupe 4

Fréquence



ANNEXE 16 : CARACTÉRISTIQUES DES TESTS STATISTIQUES CONCERNANT LES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX BIOTIQUES

Test 1 : La perturbation a-t-elle une influence significative sur la Richesse Spécifique ?

TEST 1	
Données	RS des relevés 2009 pour la modalité sans perturbation
	RS des relevés 2012 pour la modalité avec perturbation
Test statistique utilisé	Test t de student ($\alpha=0,05$)
	H0: les moyennes sont égales / H1: les moyennes sont différentes
Résultat	H0 acceptée

H₀ est acceptée, la différence entre les moyennes n'est pas significative. La perturbation n'a pas d'influence significative sur la RS.

Test 2 : Pour le groupe de végétation 1, la RS est-elle influencée par la restauration des berges ?

TEST 2	
Données	RS pour les relevés du groupe 1 ayant subi la restauration de berges
	Rs pour les relevés du groupe 1 n'ayant pas subi la restauration de berges
Test statistique utilisé	Test t de student ($\alpha=0,05$)
	H0: les moyennes sont égales / H1: les moyennes sont différentes
Résultat	H0 rejetée

H₀ est rejetée, la différence entre les moyennes est significative. La RS des relevés du groupe 1 est influencée par la restauration des berges.

Test 3 : Existe-t-il une différence significative de RS entre les modalités de travaux ?

TEST 3	
Données	RS des relevés 2012 pour la modalité "Broyage + export"
	RS des relevés 2012 pour la modalité "Broyage sans export"
	RS des relevés 2012 pour la modalité "Brûlage + broyage"
Test statistique utilisé	Test de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$)
	H0: absence de différence entre les 3 échantillons
Résultat	H0 acceptée

H₀ est acceptée, la différence entre les 3 échantillons n'est pas significative. Il n'existe pas de différence significative de RS selon les modalités de travaux.

Test 4 : En rassemblant les données du groupe 2 et du groupe 4, l'export après le broyage a-t-il une influence significative sur la RS ?

TEST 4	
Données	RS des relevés avec export (<i>i.e.</i> Brûlage+broyage et Broyage+export)
	RS des relevés sans export (<i>i.e.</i> Broyage)
Test statistique utilisé	Test de Mann-Whitney ($\alpha=0,05$)
	H0: les échantillons ont la même distribution
Résultat	H0 acceptée pour 2010 et 2011

Pour les 2 séries, H_0 est acceptée : la différence entre les échantillons n'est pas significative. L'export de la matière organique n'a pas d'influence sur la RS et offre les mêmes résultats que lorsque la matière est laissée sur place.

ANNEXE 17 : DÉTAILS DES TESTS STATISTIQUES CONCERNANT LES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX ABIOTIQUES

Test 5 : Est-ce que le niveau hydrologique moyen est significativement différent entre les 4 groupes de végétation ?

TEST 5	
Données	Valeurs hydrologiques moyennes pour chaque relevé en fonction du groupe de végétation (4 échantillons)
Test statistique utilisé	Test de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$) H0: absence de différence entre les 4 échantillons
Résultat	H0 rejetée

H₀ est rejetée : la différence entre les 4 échantillons est significative. Cela signifie que le niveau hydrologique moyen des groupes est significativement différent.

TEST 5: comparaison multiple	
Données	Valeurs hydrologiques moyennes pour chaque relevé en fonction du groupe de végétation (4 échantillons)
Test statistique utilisé	Test de Tukey ($\alpha=0,05$)
Résultat	Pas de différences significatives entre les groupes 1 et 3; 2 et 4

Test 6 : Au sein de chaque groupe de végétation, la valeur hydrologique moyenne a-t-elle une influence sur la RS ?

TEST 6	
Données	Par groupe, valeur hydrologique moyenne rencontrée au moins dans un des relevés (colonnes)
	Dans chaque colonne, RS des relevés correspondant à la valeur hydrologique de la colonne
Test statistique utilisé	Test de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$) H0: absence de différence entre les échantillons
Résultat	H0 acceptée pour chaque groupe

Pour chaque groupe, H₀ est acceptée : il n'y a pas de différence significative entre les échantillons. Ainsi, au sein de chaque groupe, les valeurs moyennes de RS pour chaque niveau piézométrique ne sont pas différentes entre elles et ces différences piézométriques intragroupes n'influencent pas la RS des relevés.

Test 7 : Est-ce que l'épaisseur de litière est significativement différente entre les quatre groupes de végétation ?

TEST 7	
Données	Les données épaisseur de litière pour les groupes 1, 2, 3 et 4. 4 échantillons
Test statistique utilisé	Test de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$) H0: absence de différence entre les échantillons
Résultat	H0 rejetée

H₀ est rejetée : les échantillons sont significativement différents. L'épaisseur de litière est significativement différente entre les groupes.

TEST 7: comparaison multiple	
Données	Les données épaisseur de litière pour les groupes 1, 2, 3 et 4. 4 échantillons
Test statistique utilisé	Test de Tukey ($\alpha=0,05$)
Résultat	Pas de différences significatives entre les groupes 2 et 4; 3 et 4.

Test 8 : L'épaisseur de litière est-elle corrélée au pourcentage de sol nu ?

TEST 8	
Données	Les coefficients de recouvrement du sol nu de chaque relevé, par groupe L'épaisseur de litière de chaque relevé, par groupe.
Test statistique utilisé	Test de corrélation de Spearman ($\alpha=0,05$) H0: absence de corrélation
Résultat	H0 acceptée pour chaque groupe

H₀ est acceptée dans tous les groupes : la corrélation n'est pas significative. L'épaisseur de litière n'est donc pas corrélée de manière linéaire au pourcentage de sol nu.

Test 9 : Est-ce que la litière a un effet sur la RS ?

TEST 9	
Données	Classes d'épaisseur de litière (<3 ; ≥3 - <6 ; ≥6 - <9 ; ≥9 - <12) RS des relevés des groupes 2 et 4, en fonction de leur épaisseur de litière
Test statistique utilisé	Test de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$) H0: absence de différence entre les échantillons
Résultat	H0 acceptée

H₀ est acceptée : il n'y a pas de différence significative entre les classes de litière. La litière n'a donc pas d'influence significative sur la RS, aucun seuil n'a été détecté.

Test 10 : Est-ce qu'il existe un lien entre l'épaisseur de litière et le fait d'exporter la matière après les travaux ?

TEST 10	
Données	Les épaisseurs de litière des relevés des groupes 2 et 4 dans les zones sans export Les épaisseurs de litière des relevés des groupes 2 et 4 dans les zones avec export
Test statistique utilisé	Test de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$), unilatéral H0: les valeurs de l'échantillon "avec export" ne sont pas inférieures à celle de l'échantillon "sans export"
Résultat	H0 acceptée

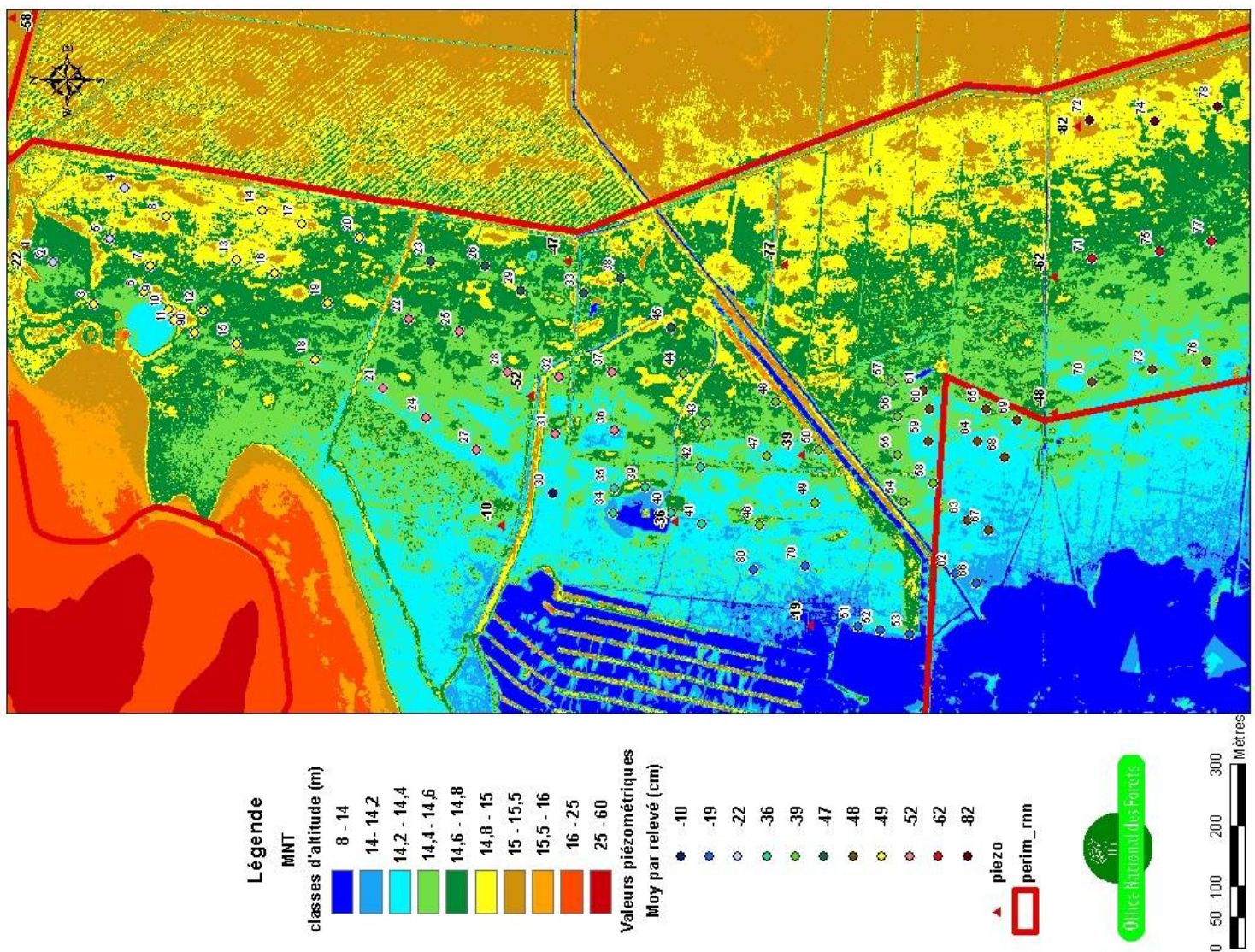
H₀ est acceptée : l'infériorité supposée des valeurs de l'échantillon « avec export » n'est pas significative. Lorsque la matière est exportée, l'épaisseur de litière n'est pas plus faible.

TEST 10 bis	
Données	Les épaisseurs de litière des relevés des groupes 2 et 4 dans les zones sans export Les épaisseurs de litière des relevés des groupes 2 et 4 dans les zones avec export
Test statistique utilisé	Test de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$), bilatéral H0: les échantillons ne sont pas différents
Résultat	H0 acceptée

H₀ est acceptée : les échantillons ne sont pas significativement différents. L'épaisseur de litière n'est pas différente que la matière soit exportée ou qu'elle soit laissée sur place.

ANNEXE 18 : CARTE REPRÉSENTANT LA TOPOGRAPHIE ET LES VALEURS PIÉZOMÉTRIQUES MOYENNES
ANNUELLES POUR CHAQUE PIÉZOMÈTRE ET RELEVÉ

Carte altimétrique et valeurs piézométriques
des relevés floristiques sur le Palus de Molua



ANNEXE 19 : TABLEAUX DES ESPÈCES, RELEVÉS ET GROUPES LES PLUS CONTRIBUTIFS AUX AXES 1 ET 2 DE L'A.F.C. 2012

Les tableaux sont divisés en blocs de 10 composants (*e.g.* les 10^{ères} espèces contributives). Lorsqu'un tableau possède différentes couleurs, ces couleurs sont également représentées sur les graphes de l'A.F.C. (figures 25 et 26).

				Groupes	Contribution Axe 1
				1	711
				1	632
				1	575
				1	533
				1	532
				1	524
				1	515
				1	439
				1	358
				1	272
				1	236
				2	200
				2	148
				3	140
				2	139
				2	138
				2	137
				4	130
				2	130
				2	128
				Groupes	Contribution Axe 2
				1	3414
				1	1245
				3	463
				3	343
				1	302
				3	250
				3	241
				3	220
				3	208
				1	202
				3	183
				3	171
				3	168
				2	157
				1	133
				3	132
				3	130
				3	128
				1	127
				3	113
Espèces	Contribution Axe 1	Relevés	contribution Axe 1		
MOLICAE	1652	2	711		
HYPEELO	1295	11	632		
ELEOMUL	1155	9	575		
ERICSCO	545	6	533		
BALDRAN	468	10	532		
HYDRVUL	462	34	524		
CARUVER	455	1	515		
AGROCAN	449	3	439		
SCHONIG	322	36	358		
		35	272		
		38	236		
		75	200		
		29	148		
		18	140		
		69	139		
Espèces	Contribution Axe 2			Relevés	Contribution Axe 2
SCHONIG	2175			2	3414
CLADMAR	1583			1	1245
RHYNFUS	1302			39	463
CARUVER	886			50	343
DESCSET	602			36	302
LYSIVUL	350			15	250
MOLICAE	328			27	241
ANAGTEN	245			64	220
MYRIGAL	218			76	208
ERICTET	209			11	202
PHRAAUS	203				
OSMUREG	164				
ULEXEUR	159				
LYCOEUR	137				

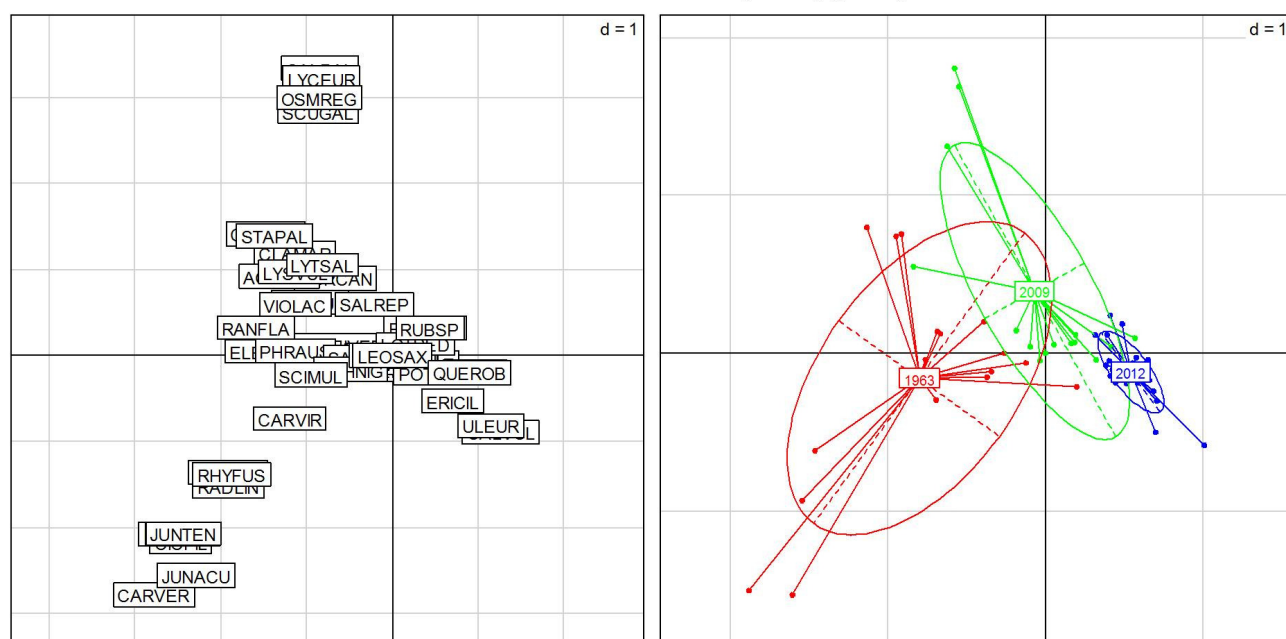
ANNEXE 20 : CORRESPONDANCE ENTRE LES CODES DES RELEVÉS ET LE TYPE D'HABITAT

Année	Code du relevé	Habitat
1963-1966	Ma1	Moliniaie
	Ma2	
	Ma3	
	Ma4	
	Ma5	
	Ma6	
	Ma7	
	Ma8	
	Ma9	
	Ma10	
	Ma11	
	Ma12	
	Ma13	
	Ma14	
	Ma15	
	Ma16	
	Ma17	
	La1	Lande humide
	La2	
	La3	
	La4	
	La5	
	La6	
	La7	
	La8	
	La9	
	La10	
	La11	
	La12	
	La13	
	La14	
	La15	
	La16	
	La17	
	Ea1	Amphibies
	Ea2	
	Ea3	
	Ea4	
	Ea5	
	Ea6	

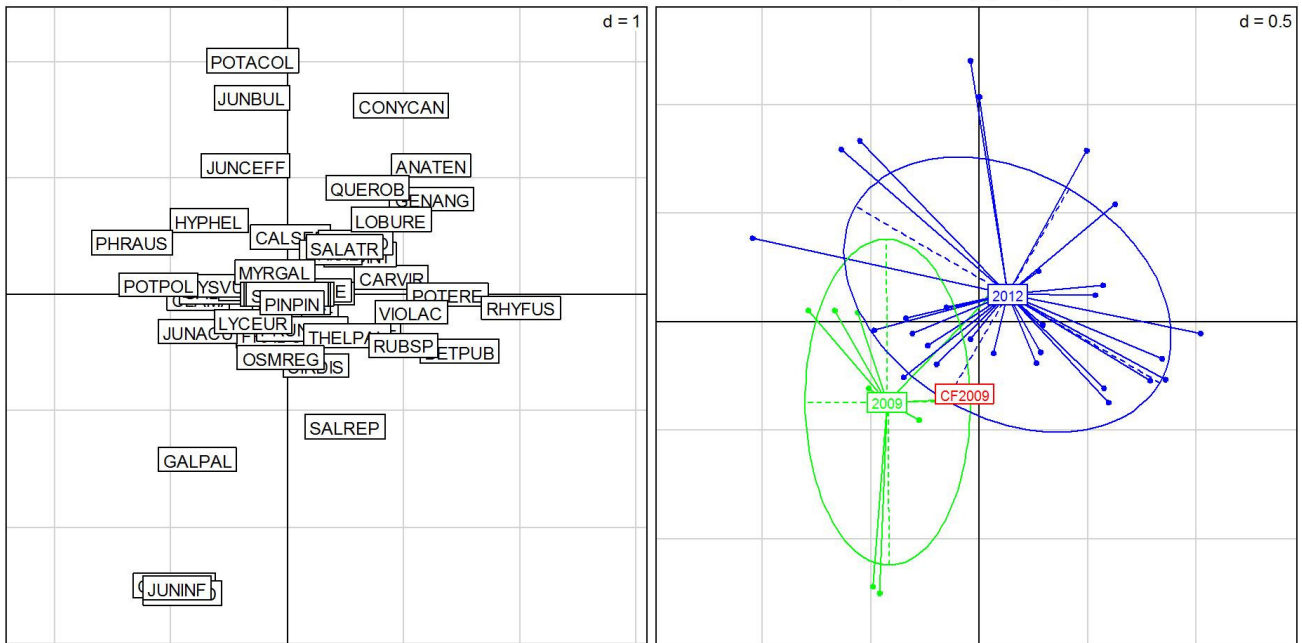
Année	Code du relevé	Habitat
2009	A21	Amphibies
	A22	
	A31	
	A32	
	A33	
	A36	
	A41	
	A44	
	A45	
	A58	
	A59	
	B42	Betulaie
	C13	Cladiaie
	C132	
	C14	
	C142	
	C15	
	C16	
	C39	
	C43	
	C52	
	C53	
	L1	Lande humide
	L2	
	L23	
	L24	
	L25	
	L26	
	L27	
	L28	
	L29	
	L30	
	L34	
	L35	
	L37	
	L38	
	L382	
	L40	
	L47	
	L48	
	L49	
	L50	
	L51	
	L54	
	L55	
	L56	Moliniaie
	L57	
	L60	
	L61	
	L85	
	M10	
	M11	
	M12	
	M17	
	M18	
	M19	
	M20	
	M3	
	M4	
	M46	
	M5	
	M6	
	M7	
	M8	
	M9	

Année	Code du relevé	Habitat
2012	1G1	Amphibies
	2G1	
	3G1	
	6G1	
	9G1	
	10G1	
	11G1	
	34G1	
	35G1	
	36G1	
	39G1	
	4G2	Moliniaie
	8G2	
	13G2	
	14G2	
	16G2	
	17G2	
	19G2	
	20G2	
	25G2	
	26G2	
	29G2	
	33G2	
	43G2	
	44G2	
	48G2	
	54G2	
	55G2	
	56G2	
	58G2	
	65G2	
	71G2	
	72G2	
	74G2	
	75G2	
	76G2	
	77G2	
	78G2	
	5G3	Lande paratourbeuse-Cladiaie
	7G3	
	15G3	
	18G3	
	21G3	
	24G3	
	27G3	
	30G3	
	31G3	
	32G3	
	40G3	
	41G3	
	42G3	
	46G3	
	47G3	
	49G3	
	51G3	
	59G3	
	60G3	
	61G3	
	62G3	
	63G3	
	66G3	
	67G3	
	68G3	
	73G3	
	79G3	
	80G3	
	90G3	
	12G4	Lande humide
	22G4	
	23G4	
	28G4	
	38G4	
	45G4	
	50G4	
	57G4	
	69G4	
	70G4	

Les relevés de référence apparaissent en rouge.

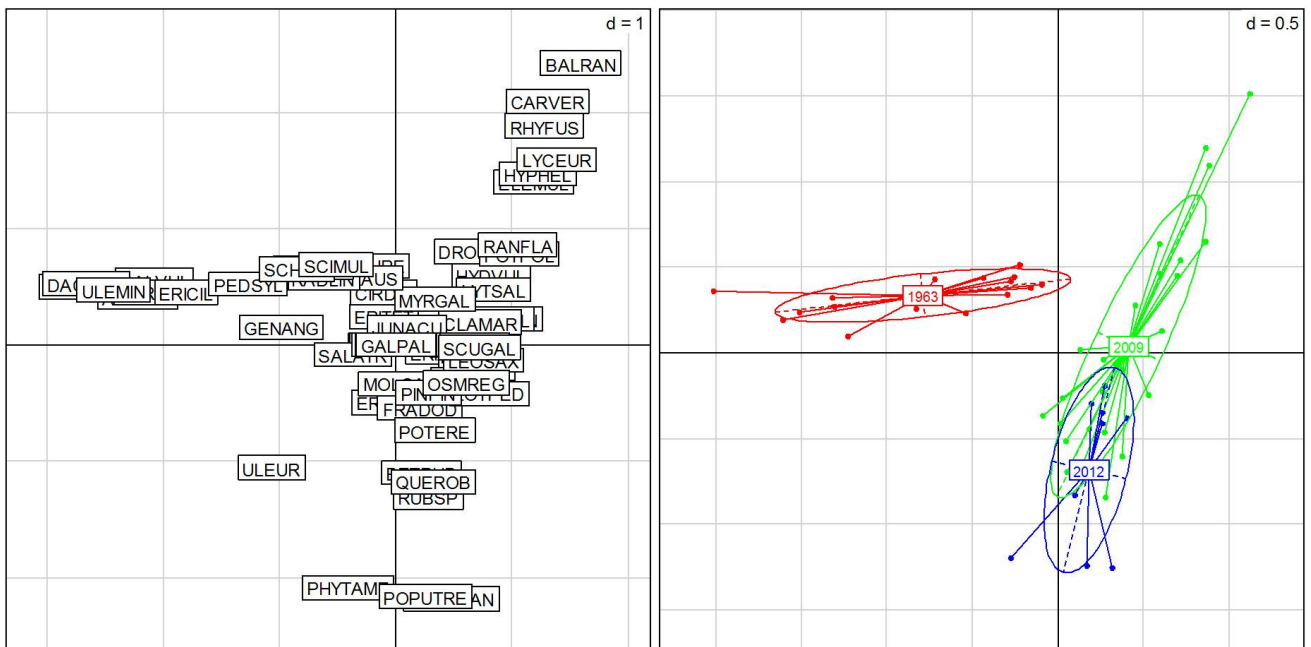


Lande paratourbeuse et cladiaie: AFC selon les axes 1 et 2 ($x_{ax}=1$, $y_{ax}=2$)



Cf 2009 : Référence pour la cladiaie dense, définie en 2009

Lande humide: AFC selon les axes 1 et 2 ($x_{ax}=1$, $y_{ax}=2$)



ANNEXE 22 : DÉTAILS DES RESSOURCES NÉCESSAIRES AU MONITORING

Personnel et temps de travail

Le tableau a donne des indications sur le temps nécessaire à la réalisation du suivi.

Tableau a : Ressources nécessaires maximum au monitoring de la végétation sur le Palus de Molua
(sur la base du suivi de 2012).

	Préparation du terrain	Relevés de végétation	Traitement des données	Ecriture du rapport	Archivage
Temps	7 h	70h	70h	70h	3h
Personnel	2 personnes	2 personnes	1 personne	1 personne	1 personne

La préparation du terrain comprend :

- Le repérage du site et la plantation des jalons pour marquer les placettes
- L'impression des fiches de terrain et la préparation du matériel de terrain

Le traitement des données comprend :

- L'informatisation des relevés de terrain
- Le traitement statistique des données (à intégrer ou non dans le planning suivant si le traitement est réalisé par les agents O.N.F. ou par l'Université)
- La comparaison des relevés avec les années antérieures et avec la référence.

L'archivage est la classification des fichiers informatiques dans la base de données de l'O.N.F. et le rangement des documents papier.

Coûts financiers

Au niveau des coûts de mise en œuvre, il faut compter le coût du matériel, le salaire du personnel et les frais de déplacement. Le matériel est d'ores et déjà acheté et même si quelques dépenses seront nécessaires, elles seront infimes et peuvent être négligées. Concernant les salaires, en se basant sur le tableau a toutes étapes incluses, le suivi équivaut au salaire d'une personne pendant 8 semaines environ. Pour ce qui est du déplacement, certains agents sont logés aux alentours de la R.N.N., les coûts de déplacement peuvent donc être très limités.

Table des matières

Abréviations.....	2
Introduction.....	3
I. Le monitoring en Europe	4
1.1. Définition et intérêt du monitoring	4
1.2. Le monitoring appliqué aux zones humides: quel cadre législatif en Europe ?.....	4
1.3. Exemples de monitoring de zones humides en Europe.....	5
1.3.1. The Great Fen Project	5
1.3.1.1. Contexte	5
1.3.1.2. Travaux de restauration et mise en place du monitoring	6
1.3.1.3. Focus sur le suivi de la végétation des habitats terrestres.....	7
1.3.2. Langdonken.....	7
1.3.2.1. Contexte	7
1.3.2.2. Travaux de restauration et monitoring	7
1.3.3. Comparaison des méthodes utilisées.....	8
1.4. Monitoring sur le Palus de Molua (Gironde, France) en 2012	9
II. Protocole du monitoring et application au suivi 2012 sur le Palus de Molua.....	11
2.1. Démarches préalables	11
2.1.1. Contexte de l'étude	11
2.1.1.1. Situation géographique	11
2.1.1.2. Contexte naturel	12
2.1.2. Problématiques associées au Palus de Molua : historique et études antérieures	12
2.1.2.1. Fermeture du milieu	12
2.1.2.2. Etudes antérieures, travaux de restauration et objectifs actuels.....	13
• L'état de conservation des habitats (2008)	13
• Plan de gestion du Palus de Molua 2010-2014 (O.N.F., 2008 (1)).....	13

• Définition de l'état de référence des communautés végétales et de l'état initial avant travaux (Tourneur, 2009)	14
• Suivi des communautés végétales de landes humides et autres habitats après les travaux de restauration (2012)	15
2.1.3. Intégration des variables biotiques et abiotiques dans le suivi de la flore	15
2.2. Démarches de terrain : mise en place du protocole d'échantillonnage	16
2.2.1. Choix du site et organisation spatiale des placettes	16
2.2.2. Organisation temporelle	17
2.2.2.1. Période de relevé	17
2.2.2.2. Fréquence d'échantillonnage	17
2.2.3. Relevés sur le terrain	17
2.2.3.1. Matériel nécessaire	17
2.2.3.2. Localisation des placettes	17
2.2.3.3. Caractéristiques des placettes et des relevés de végétation	18
• Les placettes au sein des habitats théoriques de landes, de molinaies et de cariçaies .	18
• Les placettes au sein des communautés amphibies théoriques	19
2.2.3.4. Données de terrain relatives aux relevés, aux facteurs abiotiques et à la description générale des communautés	20
• Informations relatives aux relevés et aux facteurs abiotiques	20
• Descripteurs des communautés végétales	21
2.2.3.5. Suivi photographique des communautés végétales	22
2.2.4. Les facteurs biotiques et abiotiques non mesurables sur le terrain	23
2.2.5. Stockage des données récoltées	24
2.3. Méthode d'analyse des résultats et comparaison interannuelle	24
2.3.1. Définition des groupes de végétation et des habitats	24
2.3.1.1. Traitement des données brutes	24
• Protocole « prairies, landes et cladiaies »	25
• Protocole « communautés amphibies »	26
2.3.1.2. Définition des groupements végétaux	26

2.3.1.3. Nomination des groupes.....	26
2.3.2. Définition de la structure des communautés végétales	26
2.3.3. Détermination des facteurs qui conditionnent le développement des communautés végétales.....	27
2.3.3.1. Facteur biotique : la perturbation	28
2.3.3.2. Facteurs abiotiques.....	28
• Hydrologie et topographie	28
• Litière	29
2.3.3.3. Analyses multifactorielles.....	29
2.3.4. Comparaison interannuelle des habitats : les trajectoires floristiques	29
III. Résultats du suivi 2012, analyse des données et discussion.....	30
3.1. Résultats 2012 et analyses.....	30
3.1.1. Définition des groupes de végétation.....	30
3.1.2. Nomination des groupes.....	31
3.1.3. Définition de la structure des communautés végétales et caractéristiques écologiques ..	33
Groupe 1 : Communautés amphibies	33
Groupe 2 : Prairie à Molinie	33
Groupe 3 : Lande humide et Cladiaie	33
Groupe 4 : Lande humide.....	34
3.1.4. Etude des facteurs qui conditionnent le développement des communautés végétales	35
3.1.4.1. Les facteurs biotiques.....	35
3.1.4.2. Les facteurs abiotiques.....	36
• L'hydrologie et la topographie.....	36
• La litière	38
3.1.4.3. L'Analyse Factorielle des Correspondances.....	39
• Analyse de l'axe 1	39
• Analyse de l'axe 2.....	40
3.1.5. Comparaison interannuelles et trajectoires floristiques	41

3.1.5.1. Comparaison des indices de diversité par habitat	41
• Communautés amphibies	41
• Prairie à Molinie.....	41
• Lande paratourbeuse et cladiaie	42
• Lande humide.....	42
3.1.5.2. Projection des relevés dans l’A.F.C.	42
3.2. Interprétations des résultats 2012.....	44
3.2.1. Hydrologie, topographie et habitats	44
3.2.2. Perturbation et litière.....	45
3.2.3. Comparaison interannuelle	45
IV. Discussion relative à la méthode de suivi de la végétation sur le Palus de Molua	47
Conclusion.....	49
Bibliographie	51
Liste des figures et des tableaux.....	55
Annexes	57