



INRA ©

Suivi de la flore des prairies permanentes des marais desséchés de Saint Laurent-de- la-Prée

Effets de la tempête Xynthia et des pratiques agricoles

CATHALA Henri

Stage effectué du 01 mars au 01 juillet 2016 à

Unité Expérimentale INRA

545 route du Bois Maché

17450 Saint Laurent-de-la-Prée

Sous la direction scientifique de Mr Kernéis Eric



“Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de la structure d'accueil”

Remerciements

Mon premier remerciement s'adresse tout naturellement à Eric Kernéis, directeur de l'Unité Expérimentale de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée, qui m'a offert l'opportunité de réaliser ce stage et ainsi, de développer mes connaissances sur la détermination des *Poaceae* et *Fabaceae* des prairies permanentes mais également, de mettre en pratique plusieurs outils d'analyse de données. De plus, son aide apportée à la construction de ce rapport et à l'interprétation des résultats a été très constructive pour mon évolution.

Ensuite, je dois remercier sincèrement tous les employés de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée pour leur accueil, leur disponibilité, leur gentillesse, leurs explications... Olivier Schmit pour son assistance informatique et ma formation au 421, Daphné Durant pour sa transmission de savoirs en écologie et statistiques, Julien Ancelin pour son assistance en SIG et son implication dans l'agroécologie, Pascal Faure pour la communication de son savoir dans la détermination de la flore des prairies, Nathalie Lemaire pour le temps qu'elle m'a accordé à discuter des *Carabidae* et autres invertébrés des champs, Sophie Amélineau pour son efficacité, son accueil et sa bienveillance, Michel Prieur pour ses explications rationnelles sur le fonctionnement des cahiers de pâturage, Claude Chataigner pour le temps qu'il a consacré à répondre à mes demandes, Christophe Rossignol pour son assistance à décortiquer certaines pratiques d'élevage, Christophe Le Bellec pour son assistance technique, Bruno Gateau pour ses récits épiques...

Un immense merci également aux enseignants qui m'ont consacré du temps, rassuré et éclairé de leurs lumières sur les statistiques, la pertinence et l'interprétation de certaines analyses... Dans ces divers rôles, je dois un grand salut à Cédric Tentelier, Noëlle Bru, Benoit Liquet et Yann Lalanne.

Merci aussi à Léa Fréhel d'avoir participé de manière très efficace aux inventaires et pour les moments partagés.

Table des matières

Remerciements	1
Introduction.....	1
1. Contexte de l'étude.....	3
1.1. L'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée	3
a) Localisation géographique	3
b) L'exploitation agricole.....	3
1.2. Le marais desséché.....	4
1.3. Climat.....	5
1.4. Pédologie, géologie	6
1.5. Classement écologique.....	6
1.6. Flore et prairies permanentes	7
1.7. Pratiques agricoles.....	8
1.8. Phénomène climatique exceptionnel et résilience	9
a) Xynthia	9
b) Le phénomène de résilience	10
2. Matériels et méthode	11
2.1. Parcelles étudiées.....	11
2.2. Protocole d'inventaire	12
a) Cas particulier de la parcelle G1	12
b) Cas particulier de la parcelle C3.....	13
2.3. Saisie des données.....	14
2.4. Traitement des données.....	15
a) Analyse Factorielle des Correspondances	15
b) Tests statistiques appliqués	15
c) Richesse spécifique.....	16
d) Indices de Shannon et de Piélou	16
e) Indice de Jaccard	17
3. Résultats et Discussion.....	17
3.1. Résilience Xynthia.....	17
a) AFC	17
b) AFC sans la parcelle B3.....	18
c) Test statistique	20
d) Richesse spécifique	20
e) Indice de Jaccard	21

f) Indices de Shannon et de Piélou	23
g) Pourcentage de sol nu	25
3.2. Pratiques agricoles.....	26
a) AFC	26
b) Test statistique.....	29
c) Richesse spécifique.....	29
d) Indice de Jaccard	30
e) Indices de Shannon et d'équitabilité de Piélou	31
f) Abondance des espèces	31
Conclusion	33
Bibliographie	34
Annexe 1.....	40
Annexe 2.....	41
Annexe 3.....	42
Annexe 4.....	43
Annexe 5.....	44
Annexe 6.....	45
Annexe 7.....	46
Annexe 8.....	49
Annexe 9.....	49
Annexe 10.....	50
Annexe 11.....	51
Annexe 12.....	51
Annexe 13.....	52
Annexe 14.....	52
Annexe 15.....	53
Annexe 16.....	54
Annexe 17.....	55
Résumé.....	56

Introduction

Créée en 1964 avec pour objectifs de produire des connaissances et des références utiles à la mise en valeur agricole des Marais de l'Ouest, l'UE (Unité Expérimentale) de l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) de Saint Laurent-de-la-Prée s'est adaptée au fil du temps aux contextes économiques, écologiques et sociaux changeant.

Si sa mission première a été d'axer ses recherches sur l'intensification de la production fourragère et le drainage des sols pour la mise en culture, entre 1980 et 1995 apparaissent les premières préoccupations environnementales, ce qui fait changer l'orientation de recherche de l'UE. Elle se penche sur la qualité des eaux de drainage et s'implique fortement dans le suivi et l'évaluation des politiques publiques en zones humides : "Dispositifs d'action collective" agri-environnementaux en marais. De plus, des travaux sur l'écologie, la valorisation des prairies humides et une race bovine rustique (Maraîchine) viennent conforter ce changement d'orientation.

De 1996 à 2006, l'aspect sociologique fait son entrée dans les travaux de l'UE. Les recherches portent sur l'interface entre zootechnie et écologie, l'hydrologie, l'agronomie...

Depuis 2007, la thématique scientifique générale de l'unité est définie de la manière suivante :

"L'UE contribuera, en zone humide littorale atlantique, à concevoir et évaluer des systèmes agricoles conciliant objectifs de production agricole (animale et végétale) et de préservation de l'environnement (biodiversité et, dans une moindre mesure, état écologique des masses d'eau), de la parcelle au territoire en passant par l'exploitation".

Cette thématique a été déclinée en deux axes de recherche :

- Conception et évaluation de territoires performants d'un point de vue environnemental
- Conception et évaluation de systèmes d'élevage produisant et valorisant la biodiversité

Dans ce contexte et depuis 2009, l'UE de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée met en place une expérimentation "système" (<http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Systemes-agricoles/Tous-les-dossiers/experimentation-systeme/St-Laurent-de-la-Prée-biodiversite/%28key%29/3>) : « Transi'marsh, conception et évaluation d'un système de polyculture-élevage, autonome, produisant et valorisant la biodiversité en marais ».

L'expérimentation système est un nouveau concept d'expérimentation, qui se généralise à l'INRA pour concevoir des systèmes agricoles innovants répondant à de nombreux critères : environnementaux (diminution des intrants, préservation de l'eau, du sol, réduction des gaz à effet de serre, maintien de la biodiversité, etc.), mais aussi économiques et sociaux (impact sur l'organisation du travail). L'expérimentation système s'appuie largement sur la modélisation (<http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Systemes-agricoles/Tous-les-dossiers/experimentation-systeme>).

Dans ce but, la ferme expérimentale fait l'objet d'une transition agro-écologique de son système de production : système de polyculture-élevage de bovin allaitant (race Maraîchine) en marais.

L'expérimentation suit une démarche « pas à pas », avec une amélioration continue tendant vers des objectifs qualitatifs : améliorer la biodiversité ainsi que la qualité de l'eau et des sols, et augmenter l'autonomie du système, en particulier l'autonomie alimentaire du troupeau.

Des indicateurs de biodiversité (oiseaux limicoles et passereaux, *Carabidae*, flore des prairies) sont suivis chaque année et sur le long terme. Ils doivent permettre de diagnostiquer la biodiversité sur l'exploitation et de suivre son évolution en fonction des changements dans les pratiques agricoles ou dans les aménagements paysagers accompagnant la transition agroécologique. L'évaluation multicritère voulue implique de calculer également le bilan économique annuel du système et la charge de travail.

L'UE se veut à la fois producteur de cultures et d'animaux, (veaux, broutards, bœufs engraisés) et « producteur » de biodiversité.

Les indicateurs de suivis :

Afin d'établir les diagnostics annuels, une liste d'indicateurs a été établie. Elle prend en compte les 3 piliers du développement durable (environnement, social, économie).

	Indicateurs	Méthodes utilisées
Composante environnementale		
Biodiversité sauvage		
Oiseaux communs nicheurs	Richesse et diversité spécifiques ; indices d'abondance en oiseaux	4 séries de points d'écoute (au printemps) sur 11 points répartis sur l'exploitation (Bibby <i>et al.</i> , 2000)
Limicoles nicheurs	Richesse et diversité spécifiques ; nombre de couples nicheurs / 10 ha	Méthode "parcelle par parcelle" (Milsom <i>et al.</i> , 2000)
Insectes marcheurs	Richesse et diversité spécifiques ; indices d'activité-densité	Pièges Barber et pièges à émergence (Laub <i>et al.</i> , 2009)
Flore des prairies naturelles	Richesse et diversité spécifiques	Méthode des poignées adaptée de De Vries et De Boer (1959)
Qualité de l'eau	Indice de fréquence de traitement	Calculs standardisés (Brunet <i>et al.</i> , 2008)
	Bilan apparent de l'azote	Calculs standardisés (Simon et Le Corre, 1992)
Fertilité des sols	Teneur en matières organiques et autres composantes du sol	Carottage du sol tous les 4-5 ans sur différents horizons
Composante économique		
Performances technico-économiques	Divers indicateurs technico-économiques	Calculs sur la base d'une comptabilité agricole
Autonomie du système	Pourcentage d'autonomie alimentaire, en paille, en énergie	Calculs standardisés (Benoît et Laignel, 2006)
Composante sociale		
Changement dans le travail des agents	-	Entretiens semi-dirigés auprès des agents

L'étude qui concerne ce rapport s'intègre dans le suivi de l'indicateur de la flore des prairies naturelles du domaine de l'UE de Saint Laurent-de-la-Prée. Ce suivi a débuté en 2009 avec 12 parcelles inventoriées, sur les 35 que compte l'exploitation. En 2010, certaines parcelles se retrouvent submergées par de l'eau de mer suite à la tempête Xynthia. Le nombre de parcelles étudiées augmente à 25 dont 9 avaient déjà été inventoriées l'année précédente. Depuis, les parcelles de l'UE sont suivies annuellement. En 2016, 28 parcelles font parties de l'étude.

L'objectif de ce rapport est double.

Dans un premier temps, il vise à évaluer les conséquences, sur la flore des prairies permanentes, de la tempête Xynthia et des 2 années de sécheresse qui ont suivies celle-ci.

Pour cela, l'étude se concentrera sur les 9 parcelles étudiées depuis 2009. La question qui se pose vise à déterminer si une résilience de la flore s'est produite jusqu'en 2016.

Dans un second temps, les différentes pratiques agricoles (pâturage, fauche, fertilisation) de l'UE sur les prairies permanentes seront étudiées afin d'observer si elles peuvent avoir un effet sur la flore. Dans ce but, la composition floristique de 25 parcelles inventoriées en 2016 sera mise en relation avec les niveaux de chargement des bovins de 2015.

1. Contexte de l'étude

Afin d'avoir une vue d'ensemble des différents paramètres liés plus ou moins étroitement à l'étude, en voici une description succincte.

1.1. L'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée

a) Localisation géographique

L'Unité Expérimentale de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) de Saint Laurent-de-la-Prée est localisée dans le département de la Charente-Maritime (17) et la région Aquitaine-Limousin-Poitou Charentes.

C'est une antenne du centre Poitou-Charentes de l'INRA qui dispose également de structures sur Lusignan, Le Magneraud et Chizé.

Elle fait également partie du département de recherche Sciences pour l'Action et le Développement (SAD) de l'INRA qui a entre autres pour objectif de concevoir, expérimenter et évaluer de nouveaux systèmes agricoles plus respectueux de l'environnement.

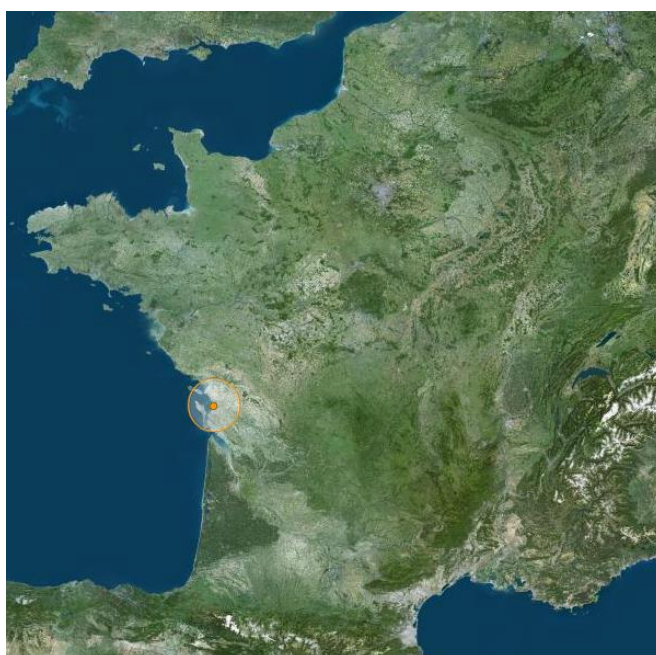


Figure 1. Source: <http://www.geoportail.gouv.fr/accueil>. IGN

b) L'exploitation agricole

L'exploitation de l'Unité Expérimentale est située sur la commune de Saint Laurent-de-la-Prée et dans les marais desséchés (Carte en Annexe 1) au nord-ouest de Rochefort-sur-mer (17).

Elle couvre une superficie de 160 ha dont 138 ha en marais desséchés et 22 ha en "Terres hautes" (coteaux sablo-limoneux). Les prairies occupent une superficie de 97 ha, divisée en 35 parcelles, dont 12 ha de prairies temporaires et 5 ha de bandes enherbées. 44 ha sont fauchés puis pâturés, le reste est exclusivement pâturé. Seules les prairies fauchées sont fertilisées (50 U de N). L'Unité Expérimentale conduit également des cultures sur 63 ha. Chaque parcelle porte un code composé d'une lettre et d'un chiffre. (Carte de l'assolement en Annexe 2)

La production fourragère et une partie de la production céréalière servent à l'alimentation du troupeau de Maraîchines. C'est une race locale rustique qui fait l'objet d'un programme de conservation. L'Unité Expérimentale est en système bovin allaitant, naisseur-engraisseur. Le troupeau a un effectif variant entre 120 et 140 animaux.

1.2. Le marais desséché

Le domaine de l'Unité Expérimentale de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée est situé dans le marais desséché (Figure 2). Ce sont des marais non-inondables qui ne peuvent exister qu'en présence de marais mouillés en amont. Ils s'étendent entre le marais mouillé et la mer. Un double réseau de digues entrecoupées d'ouvrages hydrauliques, assure, en aval, la protection du marais desséché contre les eaux marines et régule, en amont, l'entrée des eaux douces provenant des marais mouillés.

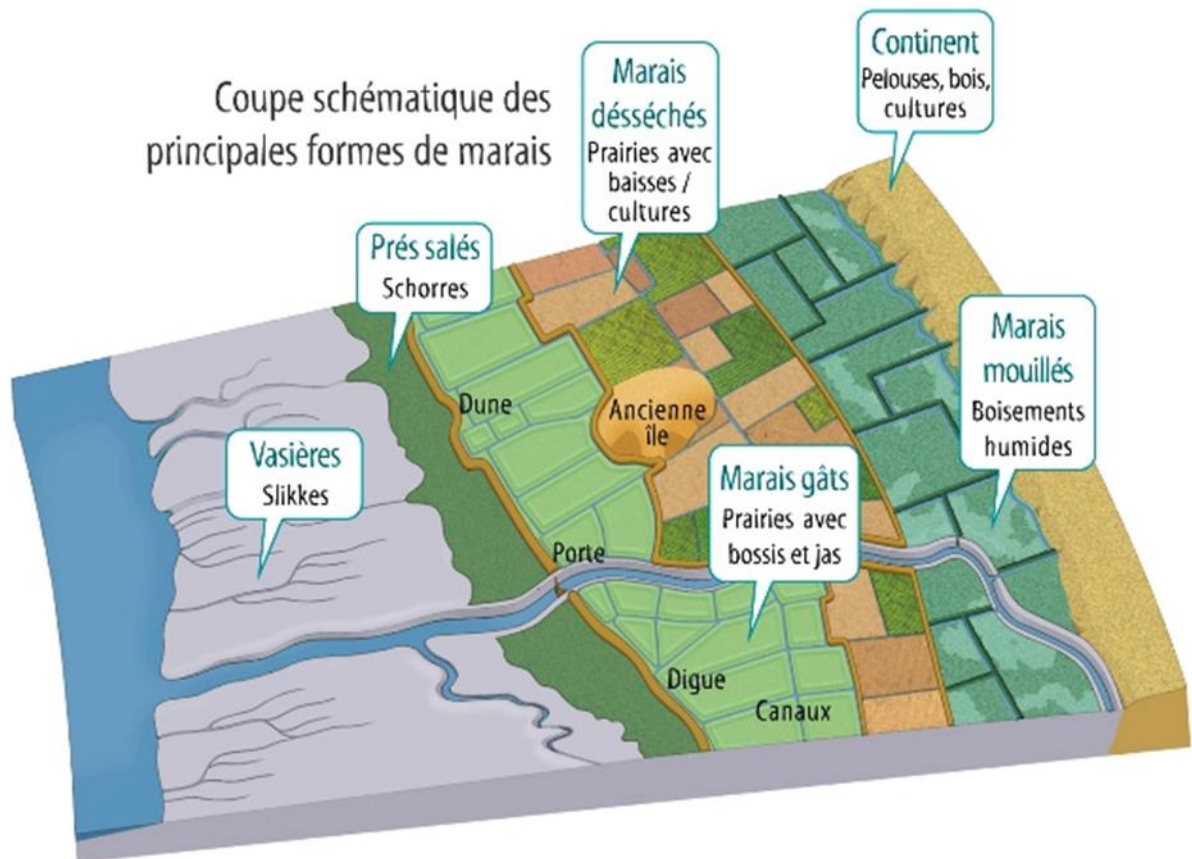


Figure 2. Source: <http://maraisderochefort.n2000.fr/marais-de-rochefort/pourquoi-le-marais-de-rochefort/historique-et-typologie>

Ces territoires, appelés encore « des prises sur la mer » ou « polders » forment un ensemble de parcelles rectilignes délimitées par un réseau de canaux d'évacuation des eaux. L'eau, en surplus, est évacuée au moyen de portes à flot (ou portes à la mer) qui s'ouvrent à marée basse. À marée haute, la pression de la mer ferme les portes et empêche l'eau salée de refluer dans les parcelles agricoles. Durant la saison sèche, les portes à flot sont fermées afin de garder l'eau dans les fossés, nécessaire à l'abreuvement des troupeaux et à la fonction de clôture naturelle entre les parcelles.

Il s'agit d'anciens golfes marins qui se sont comblés de sédiments d'origine fluvio-marine depuis un millénaire. Ce phénomène se poursuit encore, provoquant l'extension des vasières et des prés salés.

Ces sédiments argileux (environ 60% d'argiles), à l'origine salé, peuvent atteindre par endroits plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Ils sont soumis à une évolution naturelle lente. L'action anthropique accélère cette évolution par la mise en place de drains, de digues, par le tassement... Les secteurs les plus éloignés de la mer (fonds de marais, vallées fluviales...) se sont peu à peu couverts de tourbe.

Ces zones humides sont aménagées depuis le XI^{ème} siècle par assèchement des marécages, construction de salines, poldérisation, maîtrise hydraulique par construction de digues, d'écluses et de canaux.

Dans les années 1960, ces terres argileuses difficiles à travailler étaient largement consacrées à la prairie naturelle et à l'élevage.

Dans les années 1980, l'adaptation des techniques de drainage à ces sols et l'appui financier des pouvoirs publics bouleverse le paysage et la vie agricole. C'est l'apparition des grandes cultures sur le marais (blé, maïs, tournesol...), avec de forts rendements sur ces terres à fort potentiel agronomique.

Le marais est divisé en entités de gestion collective (syndicats de marais, casiers) de quelques dizaines à quelques milliers d'hectares. Le niveau d'eau dans les fossés et canaux y est contrôlé pour satisfaire les principaux usagers des marais que sont les agriculteurs.

1.3.Climat

Le climat fait partie des facteurs abiotiques déterminant la formation des communautés végétales. Son étude peut apporter des éléments de compréhension sur les observations de terrain.

L'UE de Saint Laurent-de-la-Prée dispose d'une station météorologique qui récolte des données depuis 1966. Cette ressource permet d'avoir une idée précise du climat local.

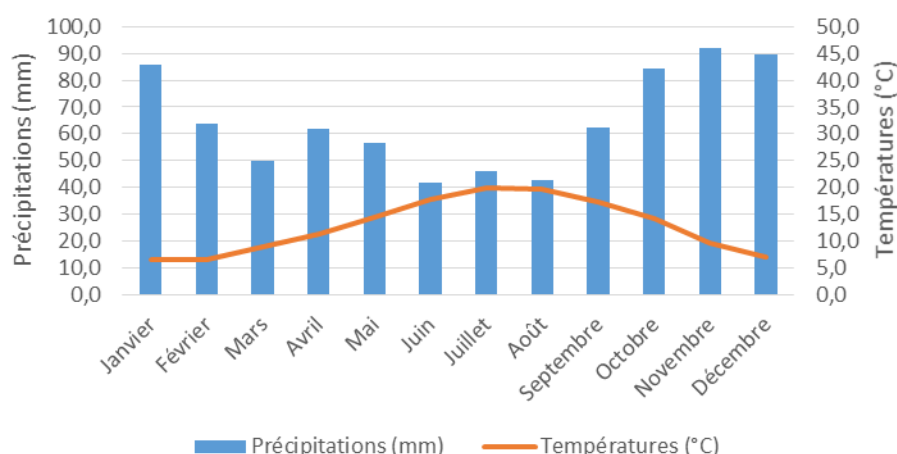


Figure 3. Diagramme ombrothermique de Saint Laurent-de-la-Prée (moyennes 1966/2016). Données INRA

Le climat présent en Charente-Maritime est qualifié d'océanique tempéré de type aquitain. Il offre 2250 heures de soleil par an (moyenne nationale : 1973 h/an) avec une température moyenne annuelle est de 12.7 °C. La pluviométrie annuelle moyenne s'élève à 777 mm/an (moyenne nationale : 770 mm/an). Le bilan hydrique est négatif dans le département pour une période allant du mois de juin à septembre. Cette tendance s'accroît si l'on se concentre sur les données moyennes des 10 dernières années, avec l'apparition de périodes de sécheresse plus précoces et plus intenses. Le département connaît environ 20 jours de gelé par an. Concernant la rose des vents, elle met en évidence la dominance Ouest, Sud-Ouest sur les côtes Charentaises. Ces vents venant de l'océan, associé à la proximité des terres avec ce dernier, soumettent régulièrement les parcelles aux embruns.

1.4. Pédologie, géologie

Le marais de Rochefort est principalement constitué de sols argileux riches en alluvions d'origines fluvio-marines (Bourguei *et al.*, Notice explicative de la carte géologique de Rochefort). Ces formations d'argile dues au colmatage sont appelées « bri bleu » et sont composées entre 40 à 60 % d'argile pour 35 à 45 % de limons fins. Le « bri bleu » est également constitué de calcaire provenant des carbonates des différents sédiments ancestraux (coquilles) et des îles calcaires situées autour et dans le golfe (Annexe 3). Le sol argileux est caractérisé, lors des périodes estivales, par de grandes fentes de dessiccation, provoquées par la perte d'eau. Cette composition de sol rend le milieu très compact et imperméable lorsqu'il est gorgé d'eau et rend l'enracinement et l'utilisation de l'eau par les plantes difficile. Le pH du sol est neutre à légèrement basique (Kernéis *et al.*, 1994).

Cette partie du marais, toute proche de la mer, était autrefois sous les eaux de l'Atlantique et parsemée de multiples îles calcaires. Aujourd'hui, elle est isolée de la mer par l'action anthropique et ne reçoit plus que des eaux douces, mais conserve plus ou moins son caractère salin. L'excédent hivernal des pluies provoque une lixiviation des sols, qui fait que leur sodicité et leur salinité augmentent généralement avec la profondeur. Cette évolution naturelle peut être accélérée par l'irrigation ou le drainage. (Pons et Gerbaud, 2005)

1.5. Classement écologique

Une majeure partie du domaine (parcelles du marais) de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée se situe dans des périmètres classés qui présentent un fort intérêt pour le patrimoine naturel exceptionnel qu'ils abritent :

Tout d'abord une Zone Spéciale de Conservation (directive habitats-faune-flore) qui porte le nom de Vallée de la Charente (basse vallée) : FR5400430. Elle est superposée à une Zone de Protection Spéciale (directive oiseaux) intitulée Estuaire et basse vallée de la Charente : FR5412025.

Ces 2 classements permettent à l'exploitation agricole de l'UE d'être située, pour sa majeure partie, en zone Natura 2000.

Quelques parcelles des "Terres hautes" sont, quant à elles, situées dans le périmètre d'une autre zone Natura 2000. Une Zone de Protection Spéciale (directive oiseaux) nommée Anse de Fouras, baie d'Yves, marais de Rochefort : FR5410013 associée à une Zone Spéciale de Conservation (directive habitats-faune-flore) appelée Marais de Rochefort : FR5400429 (Annexe 4).

Le classement Natura 2000 permet à l'exploitation agricole de l'Unité Expérimentale de souscrire à des MAEC. Certaines parcelles sont engagées avec pour objectif le maintien des prairies humides et de l'élevage (Code de la mesure : PC_MACH_PH01) et d'autres le sont avec pour objectif le maintien des prairies humides sans intrant et de l'élevage (Code de la mesure : PC_MACH_PH02).

De plus, la quasi-totalité du domaine est inclus dans des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique (ZNIEFF) qui se superposent avec les zones Natura 2000. Elles sont de 2 types. Une ZNIEFF de type 1 appelée Les quarante journaux : FR540014610 et une ZNIEFF de type 2 nommée Estuaire et basse vallée de la Charente : FR540014607

1.6. Flore et prairies permanentes

Les prairies permanentes de l'Unité Expérimentale ont un positionnement géographique, un historique et des utilisations qui les soumettent à différents facteurs écologiques. La flore qui se développe sur ces prairies présente une nette adaptation aux conditions édaphiques. Elle est principalement influencée par l'hydromorphie et la salinité. Selon les conditions écologiques qui se présentent, les espèces vont se regrouper par affinités et former des communautés végétales adaptées à la microtopographie. En effet, les marais desséchés présentent un aspect général uniformément régulier et plat à première vue. Cependant, deux types de profils sont représentés, les marais « gâts » et les marais « plats » (Annexe 5). Les marais plats constituant le marais de Rochefort n'ont pas été transformés en salines contrairement aux marais gâts. Les marais plats sont issus de la sédimentation et sont parcourus d'anciens chenaux de marée, les « baisses » qui forment des cuvettes (Annexe 6). Sur ces sols argileux, la moindre dépression favorise la stagnation de l'eau et engendre des conditions d'hydromorphie particulières. Les bords de ces parcelles présentent des bourrelets causés par l'accumulation des boues de curages des fossés attenants. (DOCOB, 2005 ; Kerneis *et al.*, 1994). Les prairies du marais de Rochefort sont remarquables par la salinité résiduelle du sol, puisqu'elles ne sont plus alimentées qu'en eau douce depuis plusieurs siècles, et les nombreux faciès liés à la micro-topographie et donc l'hydromorphie qui ne sont pas sans effet sur la composition de la flore des prairies et la gestion des marais (Kerneis *et al.*, 1994). On retrouve alors trois grands types de groupements végétaux, en considérant simplement leur position dans le micropaysage (Tournade et Bouzillé, 1995). Ces différents groupements ont été synthétisés en 1994 par Kerneis *et al.*

▪ **Des groupements mésophiles** : légèrement surélevés par rapport au reste de la parcelle et qui de ce fait ne sont jamais ou très rarement inondés. Ces groupements se rencontrent fréquemment sur les zones d'épandage des boues de curage des fossés, sur les bossis des anciens marais salants... On peut y observer une flore diversifiée, avec une vingtaine d'espèces de *Poaceae* dont quelques mésophiles strictes comme *Dactylis glomerata*, *Trisetum flavescens*, *Arrhenatherum elatius*, associées à un grand nombre d'espèces mésohygrophiles comme *Hordeum secalinum*, *Poa trivialis*, *Bromus commutatus*, parfois accompagnées par *Elytrigia repens*.

Les *Fabaceae* sont, de même, bien présentes avec : *Trifolium pratense*, *T. repens*, *T. fragiferum*, *T. squamosum*, *T. resupinatum*, *Vicia sativa*, *Medicago arabica*, *Lotus glaber*... Et aussi des *Asteraceae* : *Bellis perennis*, *Hypochaeris radicata*, *Crepis virens*, *Leontodon spp.*, *Thrinia hirta*...

▪ **Des groupements méso-hygrophiles** : leur localisation topographique se situe entre les stations mésophiles jamais inondées et les dépressions qui le sont une grande partie de l'année, regroupant des communautés hygrophiles. La submersion de ces milieux par quelques centimètres d'eau se limite au maximum à trois mois par an. C'est une zone de battement de la nappe hivernale. C'est un groupement très présent dans les marais desséchés. Deux associations phytosociologiques les caractérisent (Kerneis *et al.*, 1994) :
-L'*Alopecuro bulbosi* - *Juncetum gerardii* (Bouzillé, 1992) caractérisée par la combinaison constante d'*Alopecurus bulbosus* et de *Juncus gerardi*. Ces deux espèces sont souvent accompagnées par *Plantago coronopus*, *Elytrigia repens*, *Trifolium resupinatum*, *T. squamosum*.

-Le *Carici divisae* – *Lolietum perennis* (De Foucault, 1984) regroupant *Oenanthe silaifolia*, *Trifolium squamosum*, *Carex divisa*, *Alopecurus bulbosus*, *Hordeum secalinum*, *Ranunculus sardous*, *Bromus commutatus*, *Lolium perenne*.

▪ **Des groupements hygrophiles** : présents dans les baisses (anciens chenaux de marées) des marais « plats » ainsi que dans les jas des marais « gâts ». Ils subissent une submersion annuelle comprise entre 3 et 6 mois. Une association phytosociologique est la plus représentative de ces groupements.

-Le *Ranunculo ophioglossifolii* – *Oenanthetum fistulosae* (De Foucault, 1984) où l'on retrouve les espèces caractéristiques suivantes : *Oenanthe fistulosa*, *Ranunculus ophioglossifolius*, *Carex divisa*, *Ranunculus sardous*, *Trifolium michelianum*, *Galium debile*, *Alopecurus bulbosus*, *Juncus gerardi*.

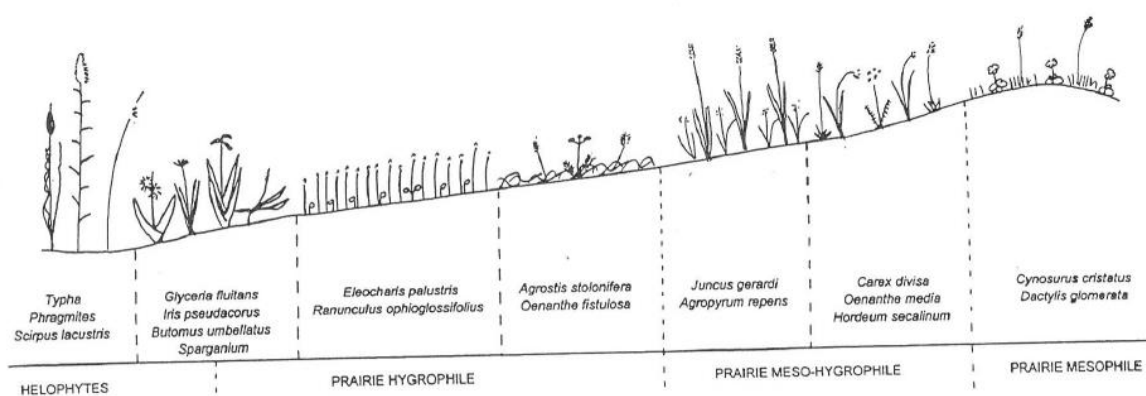


Figure 4. Représentation schématique de la répartition des principales espèces et des groupements selon un gradient topographique sur une parcelle de marais plat (Kernéis et al., 1994).

La flore des marais de Rochefort est donc principalement constituée de *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Juncaceae* et *Fabaceae* (Liste des espèces inventoriées en Annexe 7). Au total, 116 espèces ont été inventoriées dont certaines présentent un intérêt particulier, *Ranunculus ophioglossifolius* est protégée au niveau national, *Iris spuria ssp maritima* et *Orchis laxiflora ssp palustris* le sont au niveau de la région Poitou-Charentes.

1.7.Pratiques agricoles

Les différentes parcelles de l'Unité Expérimentale de l'INRA de Saint-Laurent-de-la-Prée ne présentent pas toutes le même profil et ont des itinéraires agricoles variables. Tout d'abord en niveau de fertilisation et aussi en termes d'utilisation.

-Fertilisations

En conformité avec les MAEC souscrites par l'Unité Expérimentale, une majorité des parcelles ne reçoit aucun fertilisant, sauf les parcelles F1, F3, F4, L3, L4 et L5 qui ont un autre contrat MAEC limitant les apports à 50 Unités d'Azote par an et par hectare.

A noter que les parcelles F2 et G2 n'ont jamais été fertilisées et que toutes celles qui ne le sont pas, l'étaient dans les années précédentes à 2008. (Annexe 8)

-Utilisations

Si la raison même de l'existence de l'INRA est de produire des études, il a pour objectif également de faire fonctionner ses exploitations agricoles de manière la plus autonome

possible et viable économiquement. Les prairies ont donc plusieurs utilités avec lesquelles il faut s'accorder afin d'atteindre au mieux tous les objectifs. Ainsi, les parcelles ont souvent une fonction précise dans le système de fonctionnement de l'exploitation agricole.

Les parcelles B2, B3 et B4 sont uniquement destinées à la fauche.

Les prairies F1, F3, F4, L4 et L5 sont principalement destinées à la fauche mais une partie du troupeau y rentre à la fin des périodes de fenaison pour se nourrir des derniers végétaux oubliés par la faucheuse, notamment en bordures de parcelles mais aussi lors d'éventuelles repousses d'herbes.

Toutes les autres parcelles n'ont qu'une seule fonction de pâturage, qui cependant diffère par le niveau de chargement à l'hectare.

-Chargements

Le chargement correspond au calcul de la charge animale par unité de surface en hectare. Il s'effectue grâce à une unité de comparaison des charges animales appelé UGB (Unité Gros Bétail) qui permet de comparer des effectifs d'animaux d'espèces ou de catégories différentes (Thill & Thevenoz, 2008). Une UGB correspond par définition à une vache adulte de 600 kg produisant 3000 litres de lait par an. Les valeurs retenues pour le calcul des chargements (admis par la PAC) sur le domaine de l'Unité Expérimentale sont les suivantes :

-Une vache ou un taureau de plus de 3 ans = 1 UGB

-Une vache suitée = 1 UGB, soit 0.8 UGB pour la vache et 0.2 UGB pour le veau (jusqu'au sevrage)

-Une génisse de 2 ans = 0.8 UGB

-Une génisse de 1 an = 0.6 UGB

-Un gros veau (entre le sevrage et 1 an) = 0.4 UGB

Le chargement peut se calculer en instantané, il s'exprime alors en UGB/ha et permet d'évaluer la charge animale par unité de surface à un instant donné.

Une autre méthode de calcul permet de mesurer un chargement cumulé, il s'exprime en UGB.jour.ha⁻¹. Il permet d'évaluer la charge animale par unité de surface entre deux dates (notamment sur la période de pâturage d'avril à octobre). C'est cette dernière méthode de calcul qui est utilisée dans cette étude.

Sa formule est la suivante :

$$\text{Chargement (UGB.j.ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Charge animale (UGB)} \times \text{Durée de pâturage (jours)}}{\text{Surface pâturée (ha)}}$$

Que ce soit pour des raisons de caractéristiques des prairies ou pour des exigences de protocoles d'études, les prairies pâturées ne reçoivent pas toutes le même niveau de chargement à l'hectare.

Certaines prairies faisant partie de cette étude font également parties d'autres protocoles de recherche.

1.8. Phénomène climatique exceptionnel et résilience

a) Xynthia

La tempête Xynthia a traversé la France le samedi 28 février 2010 entre 0 h 00 et 17 h 00, passant de la Charente-Maritime aux Ardennes. Son creusement a été considéré comme classique pour une dépression hivernale et moins rapide que, par exemple, pour la tempête

Martin de décembre 1999 (Anziani, 2010). Mais son caractère exceptionnel est dû à la concomitance de trois phénomènes naturels : un coefficient de marée élevé (102), l'influence d'un creusement dépressionnaire (soulevant l'océan) et des épisodes de vents forts (160 km/h sur le littoral). Les vagues les plus violentes sont passées au-dessus des digues, provoquant ainsi la submersion de l'eau de mer sur le continent et ouvrant des brèches dans les digues par infiltration.

Le 28 février 2010 le littoral atlantique est touché de la Vendée à la Gironde. Environ 35 000 ha de terres agricoles sont inondés par l'eau de mer (Agence France Presse, 02/03/2010).

Près de 90% des terres de marais de l'Unité Expérimentale sont submergées (1 m par endroit) et à 2 reprises. Une première fois pendant 15 jours suite à la tempête, puis un mois après, durant à nouveau 15 jours, lors d'une grande marée, l'eau s'est infiltrée par une brèche creusée dans la digue lors de la tempête (Annexes 9 et 10).

Les conséquences de cette tempête ont été amplifiées par 2 périodes de sécheresse durant les printemps 2010 et 2011.

Les conséquences pour les prairies ont été une réduction des 2/3 de la production en 2011 et de 1/3 en 2012 par rapport à une année moyenne. La proportion de sol nu en 2010 s'est élevée jusqu'à 35%, puis jusqu'à 25 % en 2011 et inférieure à 10 % à partir de 2012. Elle correspond à la disparition des espèces non tolérantes à la submersion et/ou la salinité.

Des opérations de gypsage ont été programmées dès l'été 2010 pour réduire les taux de salinité des sols des parcelles de culture.

Si la flore des prairies a été fortement perturbée les premières années (Le Chanony, 2012), elle s'est relativement stabilisée depuis 2013.

Cinq profils d'espèces ont été définis en termes de réaction à la tempête et aux sécheresses printanières qui ont suivies (Le Chanony, 2012) :

- Les espèces favorisées par les conditions générées par la tempête (*Carex divisa*, *Juncus gerardi*, *Atriplex hastata*), espèces méso-hygrophiles, supportant une courte submersion et très halophiles.

- Les espèces qui n'ont pas été affectées dans leur abondance (*Agropyrum repens*, *Hordeum maritimum*, *Juncus glaucus*, *Festuca arundinacea*), toutes méso-hygrophiles et halophiles. La Fétuque élevée, semée en prairie artificielle de longue durée, montre ici ses capacités d'adaptation remarquables aux conditions de ces marais.

- Les espèces qui n'ont pas été affectées dans leur abondance en 2010 et 2011 mais qui semblent favorisées lors du retour de conditions habituelles en 2012 (*Alopecurus bulbosus*, *Trifolium michelianum*, *Trifolium resupinatum*).

- Les espèces fortement impactées par l'événement et qui retrouvent leur abondance initiale en 2012 (*Lolium perenne*, *Bromus commutatus*, *Poa trivialis*). Plus que la submersion, c'est la salinité qui les a affectées.

- Les espèces fortement impactées par l'événement et qui ont encore du mal à retrouver leur abondance initiale même après 2012 (*Agrostis stolonifera*).

b) Le phénomène de résilience

Plus de six ans après cette tempête, et grâce aux données récoltées juste avant celle-ci, une comparaison peut être faite. Le but est d'observer soit un changement de la flore en terme spécifique et/ou en abondance, soit une situation proche de l'état initial. Cette dernière approche est conceptualisée par le terme de résilience. La résilience vient du latin « resilio » qui signifie sauter en arrière et construit à partir du verbe « salire » (sauter, bondir) et du

préfixe « re » qui indique la répétition (Quenault, 2013). Ce terme a tout d'abord été utilisé en physique des matériaux afin de définir la capacité d'un matériau à résister à des chocs ou à des pressions. Par la suite, ce concept a été utilisé dans de nombreuses disciplines. En écologie également, la résilience fait régulièrement son apparition. Deux définitions lui sont principalement associées.

-Dans la première définition, la résilience est le temps mis par le système pour retourner dans un voisinage de l'équilibre après avoir été éloigné de cet équilibre par une perturbation (Pimm, 1984). On la nomme "Engineering resilience" (Holling, 1996).

-Dans une seconde définition, l'accent est mis sur les conditions loin des équilibres où des instabilités peuvent faire passer le système dans un autre domaine de stabilité correspondant à un autre type de comportement. La résilience est alors mesurée par l'intensité maximale de la force que le système peut absorber sans changer de comportement, de fonctions, de processus de régulation (Holling, 1973). Elle est nommée "Ecological resilience" (Holling, 1996).

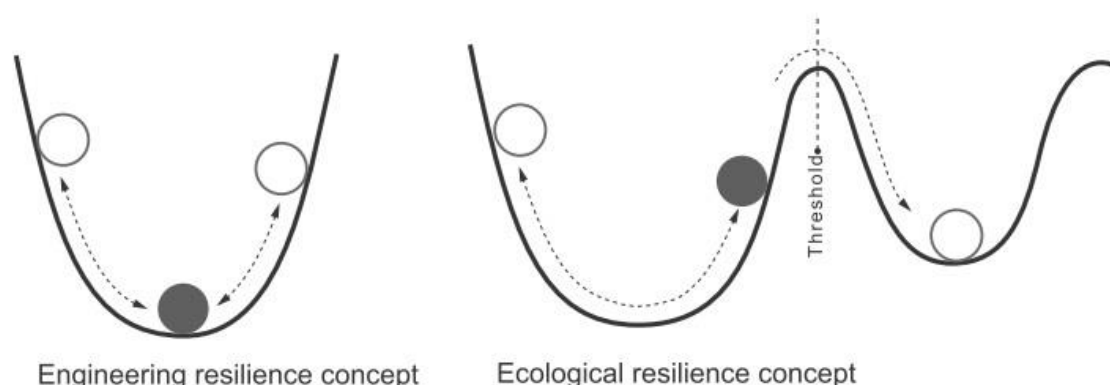


Figure 5. Schéma des concepts de résilience (Scheffer et al. 1993, Walker et al. 2004)

Il est important de considérer les deux définitions car on constate que d'un côté (Pimm, 1984) la résilience dépend de la force de la perturbation, de l'autre côté (Holling, 1973) de la taille du domaine attracteur / stabilité.

Il faut être prudent avec cette notion de résilience, car ce n'est pas toujours une bonne chose pour les écosystèmes. En effet, un site pollué peut être résilient, il lui est alors difficile de recouvrer un état écologique optimal.

2. Matériels et méthode

2.1. Parcelles étudiées

L'exploitation agricole de l'Unité Expérimentale de l'INRA de Saint Laurent-de-le-Prée est composée de 35 prairies permanentes pour un total d'environ 100 hectares. Chacune de ces parcelles n'a pas été suivie chaque année. Les inventaires floristiques ont débuté en 2009, avec 12 parcelles analysées dans le cadre d'un stage (Vincent, 2009). Avec la submersion d'une partie de l'exploitation par la tempête Xynthia en 2010, d'autres parcelles ont été ajoutées aux suivis floristiques cette année-là, portant le total à 25 parcelles dont 9 avaient déjà été inventoriées l'année précédente (Bruchon-Tkachenko, 2010). Depuis, presque toutes les parcelles de l'unité sont suivies annuellement sauf en 2013. Certaines parcelles sont écartées car elles servent de prairies tampons ou de transition pour les animaux, ce qui cause des types de gestion très variables d'une année sur l'autre et donc ne peut fournir de données pertinentes. Pour l'année 2016, 28 parcelles ont été suivies (Annexe 11).

Les dates d'inventaire sont dépendantes des pratiques agricoles. Ainsi elles s'adaptent aux dates de mise à l'herbe des Maraîchines ainsi qu'aux dates de fauche. Elles sont comprises

généralement entre début avril et début juin, avec quelques variances annuelles liées au climat qui, parfois, retarde le développement de la végétation.

(Tableau récapitulatif des années de suivi par parcelle en Annexe 12)

2.2. Protocole d'inventaire

Le protocole mis en place pour le suivi de la flore des prairies permanentes depuis 2009 est une adaptation de la méthode des poignées décrite par De Vries et De Boer en 1959. Chaque parcelle suivie est pourvue d'une ou deux (en fonction de la taille de la parcelle) diagonale virtuelle qui traverse la prairie en partant d'un angle et en se dirigeant vers un autre angle opposé. Le long de ces diagonales et tous les 10 pas sont effectuées les poignées d'un diamètre de 20 cm dans lesquelles toutes les espèces observées sont identifiées. Un coefficient d'abondance relative compris entre 0,5 et 10 est attribué à chaque espèce. Cette notation correspond à la « part » que représente l'espèce sur le volume total de la poignée. Sont inclus dans ces inventaires la présence de sol nu, d'eau, de bouses, de mousses qui ne sont pas estimées en termes de volume mais de recouvrement. Le total des abondances par poignée doit être égal à 10. C'est une méthode dite semi-quantitative car les espèces sont classées par rang d'abondance. Elle permet d'évaluer la diversité floristique et d'obtenir la proportion des espèces présentes afin d'obtenir une estimation de la qualité fourragère des prairies. Cela ne serait pas possible si on utilisait la méthode phytosociologique qui donne cependant plus de précision au niveau de la richesse spécifique. (Carte de la localisation des diagonales en Annexe 13)

Afin de mieux caractériser la biodiversité des prairies, la « méthode des poignées » est complétée par un autre inventaire. En effet, la liste des espèces inventoriées sur chaque point le long d'une diagonale, ne donne pas l'exhaustivité de la diversité spécifique de la parcelle. Afin d'avoir un complément d'information, les espèces qui ne sont pas identifiées dans les poignées, mais observées de part et d'autre de la diagonale (2 mètres de chaque côté) sont notées. Aucune note d'abondance ne leur est fixée car si elles ne sont pas présentes dans les poignées, cela signifie que leur abondance est négligeable, donc seule leur présence est prise en compte. Cela apporte une information supplémentaire pour la comparaison des parcelles entre elles et d'une année à l'autre.

En raison des dates précoces d'inventaire, liées aux pratiques agricoles, la détermination de la flore a lieu au stade végétatif pour la majorité des espèces. Seule les plus précoces sont observées au stade de la floraison, comme *Poa annua*, *Alopecurus bulbosus*, *Anthoxanthum odoratum*... Des clés de détermination spécifiques, axées sur des critères de détermination de l'appareil végétatif, ont été créées par l'INRA (Kernéis) concernant les familles des *Fabaceae* et des *Poaceae*.

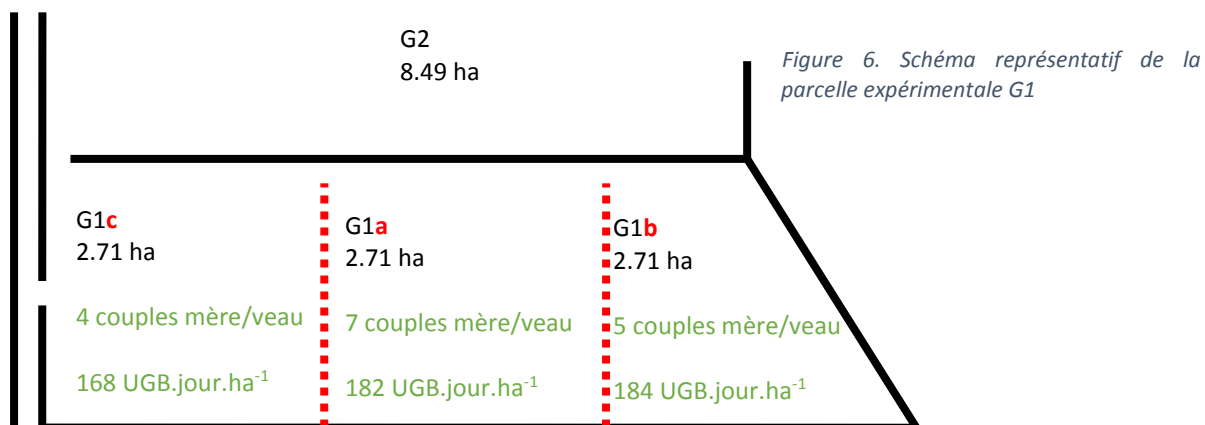
Afin de faciliter la saisie sur le terrain et pour plus de lisibilité lors du traitement des données (réalisation des graphiques), un code de trois lettres a été attribué aux diverses espèces végétales. (Liste des espèces inventoriées et codes en Annexe 7)

Dans le cadre de mon stage j'ai réalisé les relevés floristiques 2016 (26 parcelles, du 22 mars au 27 mai) avec Pascal Faure et Léa Fréhel.

a) Cas particulier de la parcelle G1

Certaines prairies faisant partie de cette étude font également parties d'autres protocoles de recherche.

C'est le cas de la **parcelle G1** qui sert à créer de la diversité de structure verticale de la végétation et de la flore à travers des pressions de pâturage différenciées. Ainsi cette parcelle est divisée en 3 sous-parcelles (G1a, G1b et G1c) de taille équivalente (2.71 ha). Cette expérimentation a pour objectifs d'observer de possibles conséquences sur la flore des différents niveaux de chargement ainsi que de créer une hétérogénéité des couverts favorable à une amélioration de la biodiversité et notamment à l'accueil de plusieurs espèces d'oiseaux : *Vanellus vanellus* (Vanneau huppé), *Tringa totanus* (Chevalier gambette)...



Ainsi, les 3 sous-parcelles reçoivent des chargements différents durant la période du printemps. A partir de début juillet, les clôtures sont ouvertes et la parcelle G1 est d'un seul tenant avec affouragement. La parcelle G1a possède un chargement cumulé sans affouragement proche des 2 autres sous-parcelles car elle bénéficie d'un affouragement beaucoup plus précoce.

A noter que la parcelle G1 a été inondée à deux reprises lors de la tempête Xynthia.

b) Cas particulier de la parcelle C3

La **parcelle C3** fait également partie d'un autre protocole d'étude depuis 2006. Elle aussi se retrouve divisée en 3 sous parcelles : C3a, C3b et C3c. Les deux premières seulement sont utilisées dans ce protocole. Elles ont une superficie identique et sont d'anciens marais salants constitués de 5 bosses (mésophiles) et de 4 jâs (hygrophiles). La parcelle C3a reçoit un chargement 2 fois supérieur à celui de C3b dans le but d'observer l'hétérogénéité de la structure (hauteur d'herbe) et l'évolution à long terme de la flore (composition botanique des communautés). Les animaux entrent dans chacune des parcelles à la même date.

C3a présente un chargement classique d'utilisation correcte des prairies, avec pas ou peu de refus. Le chargement deux fois moins important sur C3b permettra de laisser se développer des refus et de créer une hétérogénéité de structure contrastant nettement celle de C3a. Les vaches seront ressorties une fois que C3a sera bien pâturée (c'est-à-dire lorsqu'il n'y aura pas ou très peu de refus soit environ 5 à 7 cm de hauteur d'herbe).

A noter que ces sous-parcelles n'ont pas été submergées lors de la tempête Xynthia.

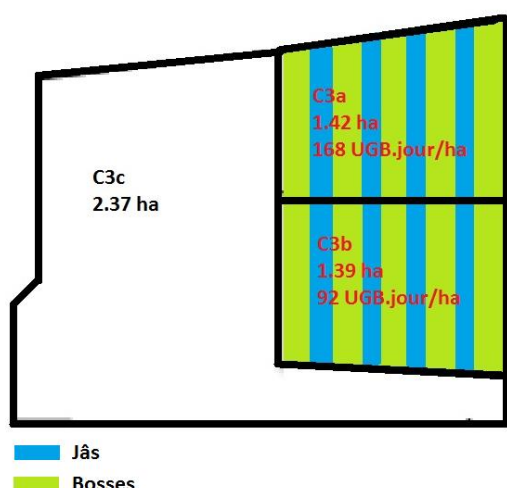


Figure 7. Schéma représentatif de la parcelle expérimentale C3

Le protocole d'inventaire de la flore de ces 2 sous-parcelles diffère de celui employé sur les autres bien qu'il conserve la méthode des poignées (De Vries et De Boer, 1959). Ce ne sont plus des diagonales qui traversent la parcelle, mais des lignes « permanentes ». Chaque sous parcelle possède 8 lignes réparties sur 4 bosses et sur 4 jâs. A chaque inventaire, un cordeau est fixé sur 2 piquets délimitant en permanence chaque ligne. Un repère visuel est fixé tous les mètres afin de matérialiser la zone à inventorier, ainsi chaque année le même point est suivi. Les repères débutent à 2,5 mètres de chaque piquet afin d'éviter les zones de piétinement plus importantes des vaches qui s'en servent de grattoir. La détermination de la flore a donc lieu tous les mètres sur 25 points selon la méthode des poignées, pour chaque ligne.

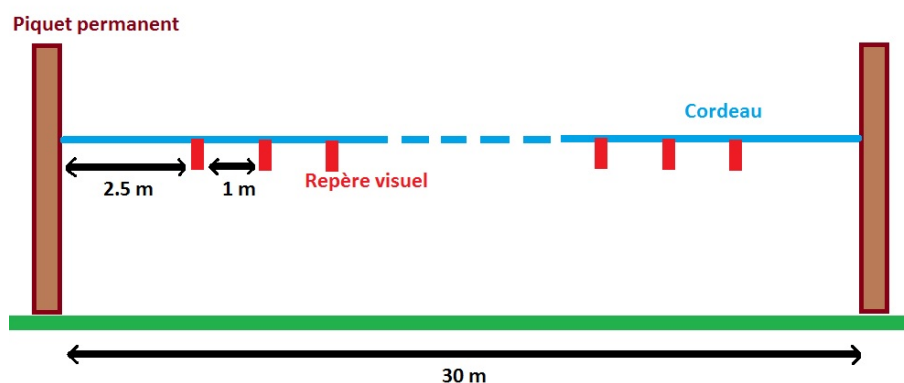


Figure 8. Schéma d'une ligne permanente

2.3.Saisie des données

L'Unité Expérimentale de Saint Laurent-de-la-Prée est dotée d'une base de données (SIGMA) qui permet la centralisation des données de tous les travaux de l'expérimentation-système : cultures, chargements, hauteurs d'herbe, inventaires entomologiques, ornithologiques, flore...

La saisie terminée, les données sont exportable vers un logiciel de tableur qui permet de les traiter.

Les données brutes sont composées des noms des parcelles, des dates des inventaires, des numéros de diagonale et de poignées, des abondances relatives de chaque espèce (ramené sur une base de 10). Ces relevés, respectant le protocole engagé depuis 2009, permettent une comparaison entre parcelles suivant les années. C'est sur ces données que se sont basés les traitements qui vont suivre. A noter, que les abréviations qui ne sont pas considérés comme

des « espèces », ont été ôtées des données (et ce pour tous les traitements réalisés ci-après, hormis le calcul de l'abondance) : BOU (Bouse), EAU (Eau), FAU (Fauché), Grillé, IND (Indéterminé), MOU (Mousse), PLT (Plantule), SN (Sol nu) et XXX (Champignon).

2.4. Traitement des données

Les objectifs de la présente étude étant doubles, tout d'abord évaluer les conséquences sur la flore des prairies permanentes, de la tempête Xynthia et ensuite des pratiques agricoles, les parcelles étudiées pour chacune de ces problématiques ne sont pas identiques.

Concernant les effets de la tempête Xynthia sur la flore des prairies, seules les prairies qui avaient été inventoriées en 2009 (année zéro), et donc juste avant la tempête, seront comparées d'une année sur l'autre jusqu'en 2016. Ceci concerne les parcelles suivantes : B2-B3-B4-C2-F2-G2-L3-L4-L6b.

Pour la question des effets des pratiques agricoles sur la flore, toutes les parcelles inventoriées en 2016 sont conservées pour l'analyse. A savoir les parcelles suivantes : B2-B3-B4-C2-C3a-C3b-C5-C6-F1-F2-F3-F4-G1a-G1b-G1c-G2-L2-L3-L4-L5-L6b-S2a-S2b-S3b-S4a-S4c.

a) Analyse Factorielle des Correspondances

Dans le but d'évaluer la position des parcelles les unes par rapport aux autres et/ou de suivre l'évolution de leur flore selon les années, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) est réalisée. Cette dernière est préférée à l'analyse en composantes principales (ACP). En effet, l'ACP est davantage adaptée aux traitements des variables continues (taille, poids, pH etc...) tandis que l'AFC permet d'analyser soit des tableaux d'effectifs ou d'abondance (tableaux de contingence) soit des tableaux dont les colonnes représentent des variables qualitatives (Roux & De Namur, 2000). C'est un outil privilégié pour le traitement des données floristiques (Meddour, 2011).

L'Analyse Factorielle des Correspondances est une méthode factorielle de Statistique Descriptive Multidimensionnelle. Son objectif est d'analyser la liaison existant entre deux variables qualitatives. L'AFC est, en fait, une Analyse en Composantes Principales (ACP) particulière, réalisée sur les profils associés à la table de contingence croisant les deux variables considérées. Plus précisément, l'AFC consiste à réaliser une ACP sur les profils lignes et une autre sur les profils colonnes. Les résultats graphiques de ces deux analyses sont ensuite superposés pour produire un graphique (éventuellement plusieurs) de type nuage de points, dans lequel sont réunies les modalités des deux variables considérées, ce qui permet d'étudier les correspondances entre ces modalités, autrement dit la liaison entre les deux variables (Baccini, 2010).

Les AFC ont été réalisées avec le logiciel R (version 3.2.4) associé aux packages FactoMineR et Rcmdr. Afin d'améliorer la lisibilité des résultats, les coordonnées de chaque point ont été relevées des sorties du logiciel R et traitées sous Microsoft® Excel® 2013 (15.0.4420.1017).

b) Tests statistiques appliqués

Effets de la tempête Xynthia :

Dans l'objectif d'évaluer si les résultats obtenus sont significatifs, le test de comparaison de moyenne de Wilcoxon a été appliqué. C'est un test statistique non paramétrique qui permet de tester l'hypothèse selon laquelle la distribution des données est la même dans les deux groupes. Il est utilisé pour des données appariées (Jongman, R.H.G et

al., 1995). Les tests seront réalisés sous le logiciel R (version 3.2.4) associé aux packages FactoMineR et Rcmdr.

Effets des pratiques agricoles :

Avec le même objectif que pour l'étude des effets de la tempête Xynthia, il est nécessaire d'évaluer si les résultats obtenus sont significatifs, le test de comparaison de moyenne de Mann-Whitney a été appliqué à ces données. C'est un test statistique non paramétrique qui permet de tester l'hypothèse selon laquelle la distribution des données est la même dans les deux groupes. Il est utilisé pour des données non-appariées (Jongman, R.H.G *et al.*, 1995). Les tests seront réalisés sous le logiciel R (version 3.2.4).

c) Richesse spécifique

La richesse spécifique est une mesure de la biodiversité de tout ou partie d'un écosystème, elle désigne le nombre d'espèces présentes par unité de surface (Grall & Coic, 2005). Elle permet de rapides comparaisons entre parcelles, entre années et entre groupements végétaux.

La richesse spécifique peut s'exprimer en richesse totale ou en richesse moyenne :

- La richesse totale correspond au nombre total d'espèces présentes sur un site.
- La richesse moyenne correspond au nombre moyen d'espèces présentes sur un site.

Les deux grands gradients de variation de la richesse spécifique sont :

- le nombre d'espèces
- la surface sur laquelle sont étudiées ces espèces.

Il est pris en compte les relations entre la richesse spécifique d'un territoire, et sa surface, car plus un territoire est vaste, plus il est susceptible d'accueillir un nombre important d'espèces. Elle est représentée par la lettre S.

d) Indices de Shannon et de Piélou

- **L'indice de Shannon** est un indice de diversité alpha (diversité α), il correspond au nombre d'espèces coexistant dans un milieu donné. Il est noté H' et permet de mesurer la diversité spécifique.

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \log_{10}(p_i))$$

Où :

p_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : $p_i = n_i/N$;

S=nombre total d'espèces

n_i =nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon

N=nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominantes. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à $\log S$ (lorsque toutes les espèces ont la même abondance).

- **L'indice d'équitabilité de Piélou** accompagne l'indice de Shannon :

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Où :

H' = indice de Shannon

H'_{max} = \log_{10}(S)

S = richesse spécifique totale

L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces) (Grall & Coic, 2005).

e) Indice de Jaccard

L'indice de Jaccard est un indice de diversité bêta (diversité β) qui est également calculé pour mesurer la biodiversité. Il consiste à comparer la diversité des espèces entre prairies ou entre année. Cela suppose de comparer le nombre de taxons qui sont uniques à chacun des écosystèmes.

C'est le taux de variation en composition d'espèces dans l'ensemble des habitats ou parmi des communautés. Cela donne une mesure quantitative de la diversité des communautés des environnements changeants.

Sa formule de calcul est la suivante :

$$Cj = \frac{j}{(a + b - j)}$$

Où :

j = le nombre d'espèces partagées entre deux site

a = le nombre d'espèces du site 1

b = le nombre d'espèces du site 2

Cet indice varie entre 0 à 1 et ne tient compte que des associations positives (présences simultanées). Lorsqu'il est proche de 1 cela traduit qu'un nombre important d'espèces se rencontre dans les deux sites. Dans le cas contraire, si l'indice diminue, on ne rencontrera qu'un faible nombre d'espèces présentes sur les deux sites (Diallo, 2014).

3. Résultats et Discussion

3.1. Résilience Xynthia

Dans l'objectif d'évaluer les conséquences de la tempête Xynthia sur la flore des prairies permanentes de l'Unité expérimentale de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée et d'observer une possible résilience, seules les parcelles ayant été inventoriées dès 2009, l'année précédent Xynthia, vont être étudiées dans cette partie (9 parcelles). Certaines parcelles ont subi une double submersion par l'eau de mer (B2, B3, B4, G2 et F2), certaines une seule submersion (L3, L4 et L6b) et enfin une parcelle (C2) n'a pas été touchée. L'année 2013 ne présente aucune donnée d'inventaire. Pour 2014, toutes les parcelles n'ont pas été inventoriées (F2, L3, L4 et L6b).

a) AFC

Afin d'avoir un maximum de pourcentage de représentativité et pour éviter un étirement trop important des axes, les espèces végétales dont la fréquence est inférieure ou égale à 5%

de tout le jeu de données brutes ont été retirées de l'analyse, soit 41 espèces supprimées sur 116.

De plus, cette analyse est basée sur la répartition des espèces. Certains éléments des données brutes ne sont pas des espèces et ont donc été supprimés pour l'analyse. Ainsi les colonnes Eau, Sol nu, Bouse, Grillé, Fauché, Plantule, Indéterminé, Mousse et XXX ont été supprimées. Les données brutes qui ont servi à la réalisation des AFC pour la problématique Xynthia ont subi une transformation. Les notes d'abondance des espèces ont été transformées en nombre de fréquence, c'est-à-dire en nombre de fois où l'espèce a été détectée sur la parcelle. Ceci afin d'atténuer un possible biais dû à des dates d'inventaires variables selon les années et qui modifient la proportion prise par certaines espèces selon leur précocité.

Les résultats de cette AFC sont présentés en Annexe 14. Leur représentation n'est pas essentielle car comme indiqué par Nicou (2015), l'axe 1 met en évidence une forte opposition entre toutes les parcelles et B3 qui présente une composition floristique bien différenciée. Ainsi, toutes les autres parcelles présentent un écart faible entre la situation observée et la situation d'indépendance d'où leur proximité à l'origine du repère. Ainsi, pour extraire davantage d'informations les concernant, il est nécessaire d'extraire les données de la parcelle B3 afin d'éclater le nuage de points pour en simplifier l'interprétation.

Une deuxième AFC est donc présentée ci-dessous en ôtant les données de la parcelle B3 pour rendre les résultats plus lisibles.

b) AFC sans la parcelle B3

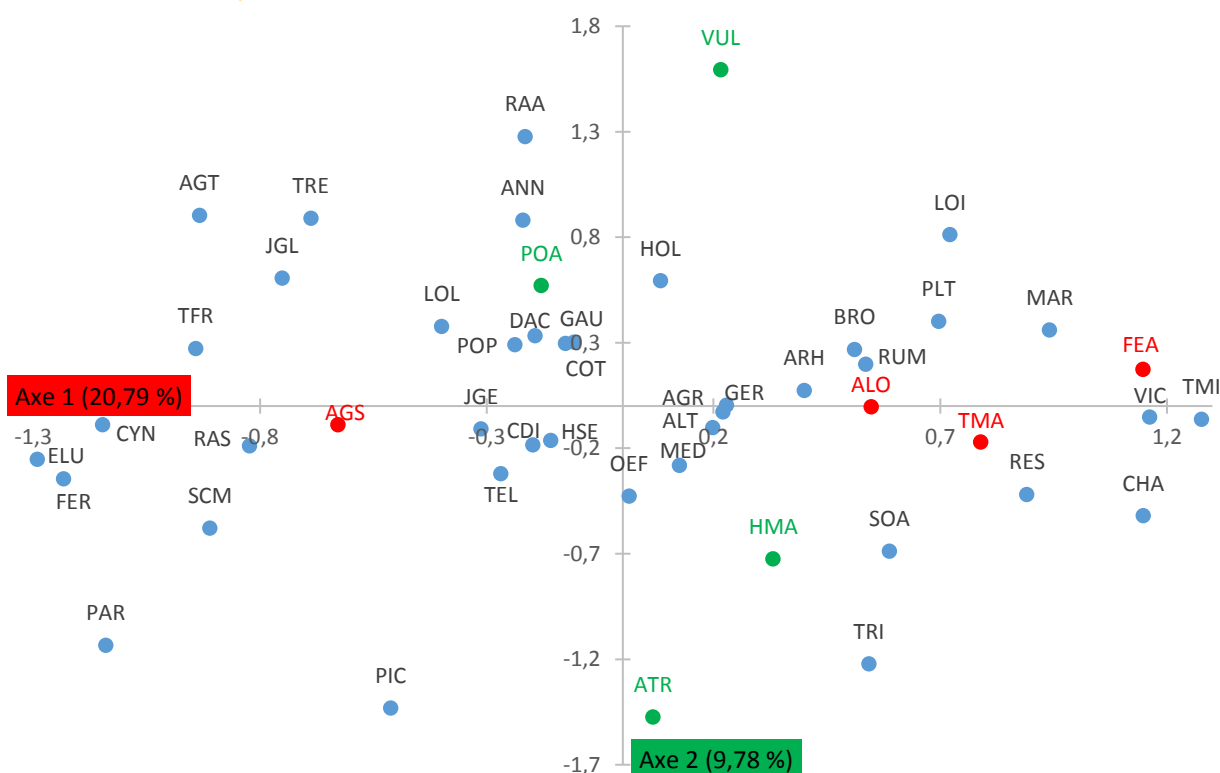


Figure 9. AFC réalisée sur la composition floristique des parcelles B2, B4, C2, G2, F2, L3, L4 et L6b de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée entre 2009 et 2016 (sauf 2013) ; projection des espèces sur le plan factoriel (en rouge : variables expliquant l'axe 1 ; en vert : variables expliquant l'axe2)

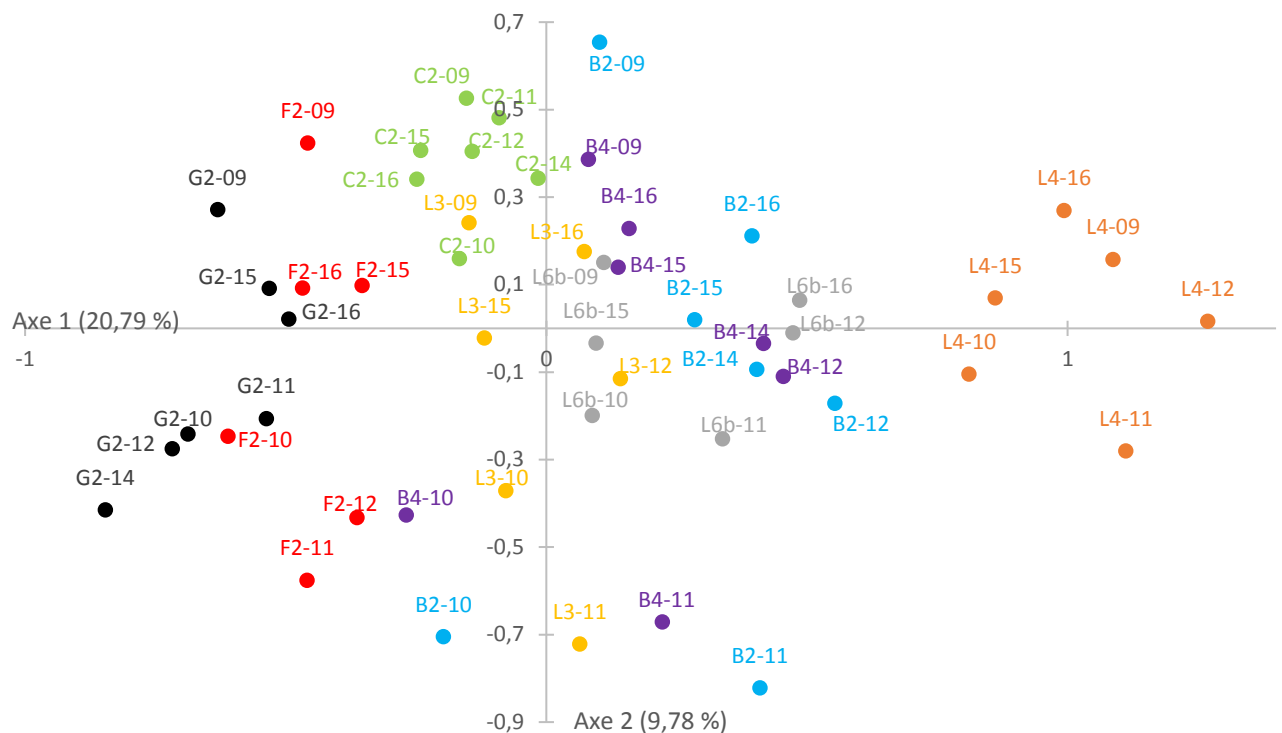


Figure 10. AFC réalisée sur la composition floristique des parcelles B2, B4, C2, G2, F2, L3, L4 et L6b de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée entre 2009 et 2016 (sauf 2013) ; projection des parcelles sur le plan factoriel

L'axe 1 de cette AFC est expliqué principalement par les espèces AGS, TMA, ALO et FEA. Le positionnement des espèces dans le graphique conditionne celui des parcelles. Ainsi, les espèces qui seront dominantes et/ou exclusives à une parcelle vont se retrouver très proches de cette parcelle sur l'AFC. Par exemple, une parcelle comme B2 en 2009 est la seule où a été observé VUL (*Vulpia bromoides*). Ou bien encore, la parcelle L4 comporte plus de FEA (*Festuca arundinacea*) et TMA (*Trifolium maritimum*) que la parcelle G2 qui elle présente plus de RAS (*Ranunculus sardous*) ou CYN (*Cynosurus cristatus*).

Ainsi, le long de l'axe 1 sont réparties les parcelles en fonction de leur composition floristique et donc de leurs différentes caractéristiques écologiques. Dans l'ensemble chaque parcelle occupe la même position sur l'axe 1, quelles que soient les années.

En mettant en relation les espèces qui contribuent le plus fortement à l'axe 1 et leurs exigences écologiques, on peut dégager une tendance des principaux groupements floristiques qui composent les parcelles. AGS (*Agrostis stolonifera*) est une espèce hygrophile, TMA (*Trifolium maritimum*) et ALO (*Alopecurus bulbosus*) sont des espèces méso-hygrophiles et FEA (*Festuca arundinacea*) est une espèce mésophile. Ainsi, la parcelle G2 est composée de plus d'espèces hygrophiles que la parcelle L4 qui elle est dominée par des espèces mésophiles.

Concernant l'axe 2, POA, HMA, VUL et ATR y contribuent le plus fortement. On observe une forte différence entre les années sur cet axe. Avant Xynthia et les 2 années de sécheresse (2011 et 2012), les parcelles sont dans la partie supérieure de l'axe, alors qu'après la tempête, les parcelles migrent dans la partie inférieure. Avec le temps, on observe un retour progressif des parcelles vers leur position pré-Xynthia. Toutes ne présentent pas les mêmes écarts entre années ni la même rapidité à rejoindre une position sur l'axe d'avant tempête mais c'est en lien avec les caractéristiques propres à chacune des parcelles et à leur nombre de submersion. La seule parcelle qui ne présente pas ce schéma est la C2, car c'est la seule à ne pas avoir subi

de submersion, toutes ses années se trouvent représentées en partie supérieure de l'axe, qui se traduit par l'absence d'une forte perturbation.

Dans la partie inférieure de l'axe 2 on retrouve logiquement des espèces plus tolérantes au sel comme ATR (*Atriplex prostrata*), PAR (*Parapholis strigosa*), TRI (*Trifolium ornithopodioides*), HMA (*Hordeum marinum*), SCM (*Bolboschoenus maritimus*) ou à la sécheresse comme PIC (*Picris echioides*). Ceci correspond au positionnement des parcelles sur l'axe 2 après la tempête Xynthia, c'est-à-dire en 2010, 2011 et 2012 en majorité.

c) Test statistique

Afin d'évaluer la significativité des résultats présentés précédemment, le test de Wilcoxon pour données appariées a été appliqué aux données. Il a été mis en place pour chaque parcelle et entre chacune des années. Dans chaque cas de figure la p-value est supérieure à 0,05. Ainsi aucune différence significative n'est mise en avant entre les années pour chaque parcelle, même entre les années 2009 et 2010.

Ces résultats ne vont pas dans le sens de ce qu'a permis de décrire l'AFC, qui semble parlante. L'étude d'autres paramètres, présentés ci-dessous, vise à apporter d'autres éléments à cette étude.

d) Richesse spécifique

Afin de mettre en avant des différences selon le nombre de submersions par la tempête Xynthia, les parcelles ont été regroupées par catégories. L'étude de la richesse spécifique permet d'observer le comportement de la flore et des espèces selon ces catégories.

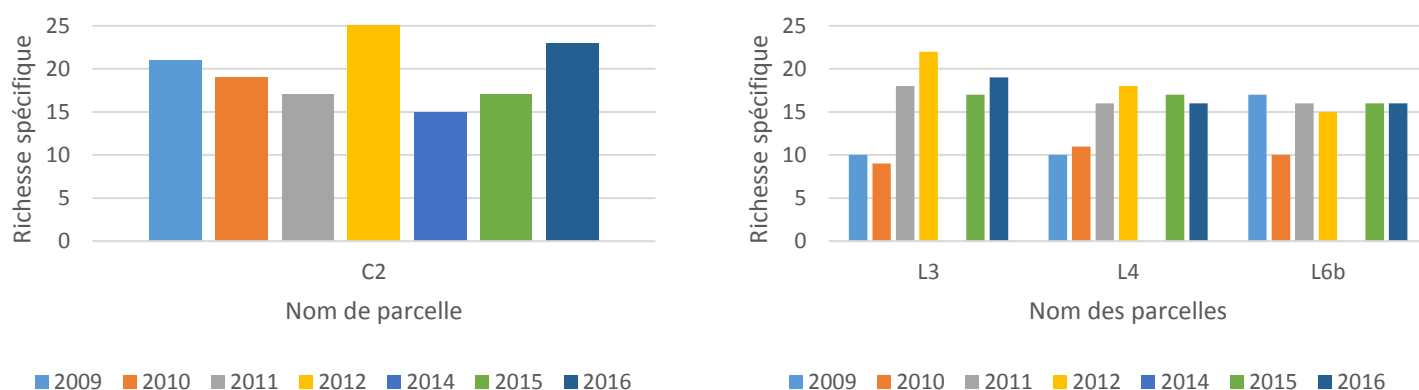


Figure 11. A gauche: richesse spécifique en fonction des années de la parcelle C2 qui n'a pas subi de submersion. A droite: richesse spécifique en fonction des années des parcelles ayant subi une submersion

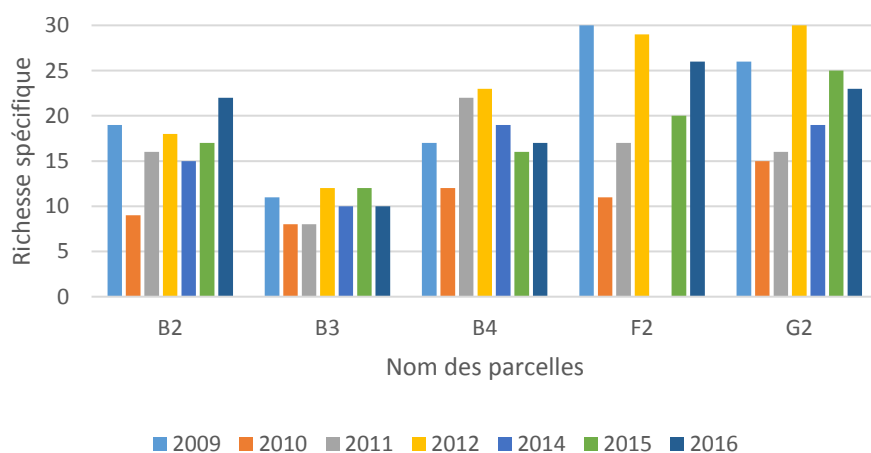


Figure 12. Richesse spécifique en fonction des années des parcelles ayant subi deux submersions

Toutes les parcelles de l'étude sauf L4 sont concernées par une baisse du nombre d'espèce entre 2009 et 2010, mais à différentes échelles.

Sur la parcelle C2 qui n'a pas subi de submersion, le nombre d'espèces passe de 21 en 2009 à 19 en 2010. Alors que la parcelle F2 qui a subi 2 submersions passe de 30 espèces inventoriées en 2009 à 11 en 2010. A l'intérieur d'une même catégorie de submersion les parcelles ont également des réactions diverses. C'est le cas pour les 3 parcelles de l'étude concernées par une seule submersion. La parcelle L3 voit sa richesse spécifique baissée d'une seule espèce entre 2009 et 2010 alors que pour L6b c'est 7. Et comme cité précédemment, la parcelle L4 voit sa richesse spécifique augmenter de 1 espèce.

En 2009, L4 est majoritairement dominée par ALO (*Alopecurus bulbosus*), TMA (*Trifolium maritimum*), FEA (*Festuca arundinaceae*) et AGR (*Elytrigia repens*). Ces 4 espèces ont une tolérance à la salinité supérieure à beaucoup d'autres. Elles ont donc continué d'être très présentes sur la parcelle et avec la libération d'espaces, laissés vacant par des espèces n'ayant pas supporté ces conditions extrêmes, d'autres espèces également tolérantes à la salinité sont venues s'implanter, comme HMA (*Hordeum marinum*) ou CDI (*Carex divisa*). Ceci a entraîné une augmentation de la richesse spécifique.

Les parcelles ayant subi 2 submersions sont le plus touchées par une perte de richesse spécifique avec en moyenne plus de 10 espèces. Seule B3 est moins concernée, 3 espèces en moins sont comptabilisées. Sa composition floristique de 2009 présente les mêmes caractéristiques que celle de la parcelle L4, avec des espèces halophiles. Mais la double submersion a tout de même entraînée une perte de diversité.

L'année 2011 voit la diversité spécifique nettement augmenter pour la majorité des parcelles. Les submersions avaient provoqué une importante apparition de surface de sol nu avec l'intolérance au sel et à la submersion de beaucoup d'espèces. Après un an et un certain taux de désalinisation, de nombreuses espèces trouvent à nouveau des conditions favorables à leur développement et s'implantent.

C2 est seule concernée par une baisse, mais les espèces qui ne sont pas contactées à nouveau avaient des abondances en 2010 très faibles. De ce fait, elles n'étaient peut-être pas présentes dans les poignées de 2011 qui n'ont pas un emplacement strictement identique d'une année sur l'autre.

L'année 2012 présente le nombre moyen d'espèces par parcelle le plus élevé sur l'ensemble de la durée de l'étude. C'est une année charnière entre les effets de Xynthia qui commencent à s'atténuer mais dont certaines espèces profitent encore et le rapprochement avec des conditions écologiques pré-Xynthia qui profite au retour de nombreuses espèces. Ainsi, les parcelles présentent des écotones pédologiques favorables à la diversité.

En 2014, la richesse spécifique chute à nouveau globalement sur l'ensemble des parcelles inventoriées. Les conséquences de Xynthia (salinisation du support pédologique) ont quasiment disparues et les espèces qui ont bénéficiées de ces conditions également.

Les années suivantes, la richesse spécifique des parcelles tend à recouvrer son niveau de 2009.

e) Indice de Jaccard

Le calcul de cet indice est un complément à l'analyse de la richesse spécifique qui a pour objectif de comparer les espèces présentes sur une parcelle d'une année sur l'autre ainsi qu'entre 2009 et 2016. Ainsi, des pertes d'espèces ou la stabilité peuvent être soulignées.

	B2	B3	B4	G2	F2	L3	L4	L6b	C2
2009-2010	0,37	0,45	0,42	0,32	0,29	0,64	0,54	0,44	0,54
2010-2011	0,50	0,67	0,43	0,32	0,38	0,40	0,40	0,53	0,70
2011-2012	0,55	0,43	0,65	0,41	0,41	0,58	0,52	0,55	0,46
2012-2014	0,83	0,62	0,83	0,61					0,56
2014-2015	0,68	0,62	0,46	0,43					0,41
2015-2016	0,61	0,50	0,60	0,45	0,54	0,48	0,45	0,58	0,54
2009-2016	0,58	0,50	0,60	0,44	0,44	0,53	0,50	0,58	0,52

Tableau 1. Indice de Jaccard des parcelles avec comparaison entre années

Nous pouvons constater pour 2009-2010, qu'en moyenne, les parcelles ayant subies 2 submersions ont un indice de Jaccard plus faible que celui des autres catégories. Les conditions écologiques exceptionnelles engendrées par la salinité de l'eau de mer et l'asphyxie du sol et des plantes par une submersion prolongée ont eu raison de nombreuses espèces. Dans ce groupe, seules les parcelles B3 et B4 ont un indice de Jaccard légèrement supérieur aux autres. La présence d'espèces halophiles dès 2009 a permis une baisse limitée du nombre de taxa laissant la place à peu de nouvelles espèces pour s'implanter. De plus, leur richesse spécifique est parmi les plus faibles dans cette catégorie en 2009, associé à la spécificité précédente, les conséquences se sont moins fait ressentir sur ces parcelles. La parcelle F2 obtient la valeur la plus faible, ce qui correspond, comme observé grâce à l'analyse de la richesse spécifique, à la plus forte perte d'espèces du lot de parcelles étudiées, avec 21 espèces qui ne sont plus détectées entre ces 2 années.

En ce qui concerne les autres catégories de submersion, la parcelle C2, qui n'a pas été perturbée par Xynthia, présente un indice de Jaccard plus faible ou proche des parcelles L3 et L4 qui ont subies une submersion. Comme constaté lors de l'analyse de la richesse spécifique, les espèces de C2 qui ne sont pas contactées à nouveau en 2010 avaient des abondances en 2009 très faibles. De ce fait, elles n'étaient peut-être pas présentes dans les poignées de 2010 qui n'ont pas un emplacement strictement identique d'une année sur l'autre.

Quant aux parcelles L3 et L4, la présence d'espèces halophiles dans leur composition, associé à une seule submersion, leur a permis d'être moins impactées par la tempête. Leur indice de Jaccard s'en retrouve par conséquent supérieur à la moyenne. Par la suite, la sécheresse de 2011 et la désalinisation progressive du sol a engendré la disparition et/ou l'apparition de nouvelles espèces adaptées à ces conditions écologiques, l'indice de Jaccard s'en retrouve affaiblit pour 2010-2011.

En continuant d'analyser la comparaison 2010-2011, on peut remarquer 2 autres types de comportement selon les parcelles. Celles qui conservent un indice de Jaccard proche de la valeur 2009-2010 (B4, G2) et celles qui obtiennent un indice de Jaccard supérieur (B2, B3, F2, L6b, C2). Les parcelles de la première catégorie connaissent dès l'année 2011 un retour de certaines espèces présentes en 2009 et qui disparaissent suite à Xynthia. L'indice de Jaccard s'en retrouve affaiblit logiquement puisque la composition spécifique change à nouveau. Dans l'autre catégorie de parcelles, les taxa qui ont profité des nouvelles conditions pour s'installer, suite à la submersion, se maintiennent. Il y a donc une stabilité entre 2010 et 2011 concernant la composition spécifique de ces parcelles.

En poursuivant l'analyse sur ce principe, on peut observer les parcelles qui mettent plus de temps à recouvrer leur état de 2009 et celles qui ont une capacité de réponse plus rapide. Les parcelles G2 et F2 ont une composition taxonomique qui évolue chaque année en relation avec les changements abiotiques. Cependant, ce sont également ces parcelles qui ont la moins bonne similitude entre 2009 et 2016 avec un indice de Jaccard plus faible que les autres parcelles. Leur capacité de résilience semble moins bonne.

En comparant l'indice de Jaccard entre les années 2009 et 2016, les parcelles B semblent avoir le mieux répondu à l'effet Xynthia. Leur indice est supérieur à la moyenne. Suivi par les parcelles L. Un effet milieu semble se dégager, en effet, les parcelles B sont côte à côte, c'est également le cas des parcelles L, mais aussi des parcelles G2 et F2. Les facteurs écologiques étant différents géographiquement, la réponse des parcelles qui se situent dans la même zone est identique. L'effet du nombre de submersions s'atténue avec le temps.

Il ne faut pas s'attendre à obtenir un indice de Jaccard très élevé entre les années 2009 et 2016, mais également entre 2009 et les années futures à 2016, qui indiquerait que la composition taxonomique est vraiment identique à celle pré-Xynthia. Les facteurs abiotiques évoluent sans cesse et la flore des prairies y répond en conséquence. De plus, en tant que parcelles agricoles, l'influence des pratiques est à prendre en compte, elles impactent directement certains facteurs. C'est par exemple le cas pour la parcelle C2 qui n'a pas subi de submersion et pour laquelle on pourrait s'attendre à une forte similitude entre 2009 et 2016, mais d'autres variables sont à prendre en compte.

En effet, l'indice de Jaccard de la parcelle C2 ne présente pas une valeur mettant en avant une stabilité des espèces présentes au cours des années. Ceci pourrait s'expliquer par un arrêt de la fertilisation azotée de 30 U/ha depuis 2008. Les nouvelles conditions qui se sont mises en place progressivement au fil des années ont engendré une évolution taxonomique, avec de nouvelles espèces qui se sont implantées et d'autres qui ont disparu. Cependant, les espèces dominantes restent les mêmes au fil des années. On notera également que la richesse spécifique garde la même importance entre 2009 et 2016 pour cette parcelle.

Cet indice nous informe donc que les parcelles d'aujourd'hui se rapprochent de leur état pré-Xynthia mais qu'elles ont également évolué en parallèle à d'autres effets tels que les pratiques agricoles, la météorologie...

f) Indices de Shannon et de Piélou

Afin d'étayer les observations faites grâce à l'étude de la richesse spécifique et l'indice de Jaccard, les indices de Shannon et d'équitabilité de Piélou ont été calculés. Ils sont présentés par année et catégorie de submersion ainsi que par moyenne sur chaque parcelle.

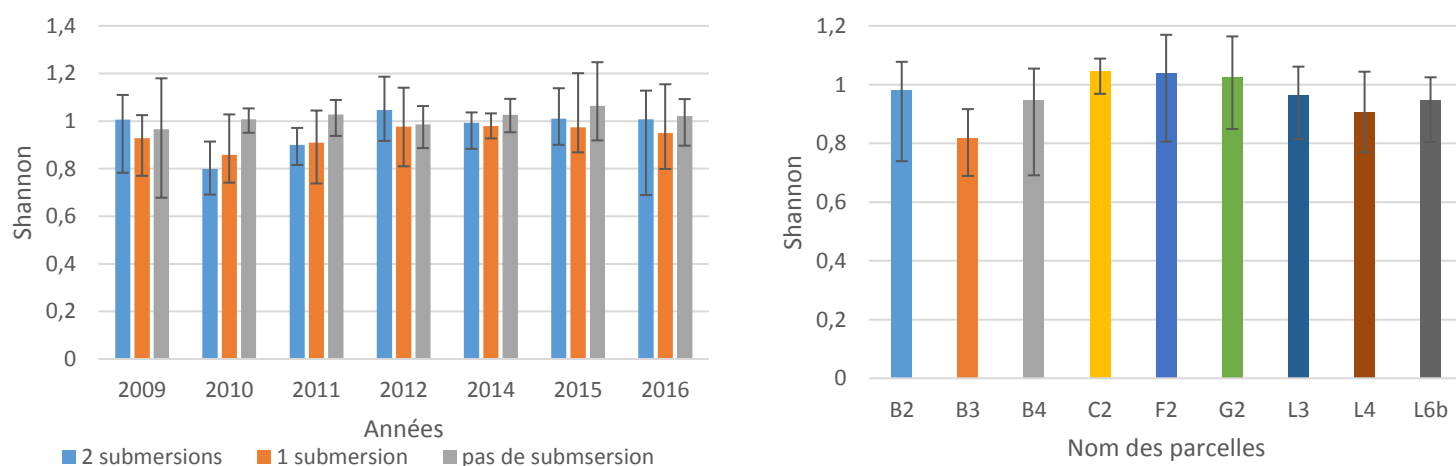


Figure 13. A gauche: Valeurs moyennes de l'indice de Shannon par type de submersion et par année. A droite: valeurs moyennes (2009-2016) de l'indice de Shannon par parcelles

- L'indice de Shannon met nettement en évidence une perte de diversité spécifique entre 2009 et 2010 pour les parcelles ayant subi 2 submersions. Alors que cette catégorie de parcelle

possède l'indice de Shannon le plus élevé en 2009, l'année suivante elle se retrouve avec le plus faible. Les parcelles touchées par une seule submersion ont également un indice en baisse mais de manière moins nette. Seule la catégorie de parcelle non submergée voit son indice augmenter. En 2011, l'indice de Shannon augmente légèrement pour chaque catégorie de parcelle. Les années suivantes, l'indice revient approximativement à son niveau de 2009.

Ainsi les observations faites sur la richesse spécifique se confirment avec l'indice de Shannon.

La comparaison des différentes parcelles entre-elles met en avant des caractéristiques propres à chaque parcelle, comme observé dans l'AFC et avec la richesse spécifique. La parcelle B3 présente la richesse spécifique la plus faible parmi les parcelles étudiées. Son indice de Shannon est donc logiquement le plus faible aussi. La parcelle C2 qui est la seule à ne pas avoir à subir la submersion présente l'indice de Shannon moyen le plus élevé. Il ne s'est pas retrouvé impacté par la baisse de diversité qu'ont connue les autres parcelles.

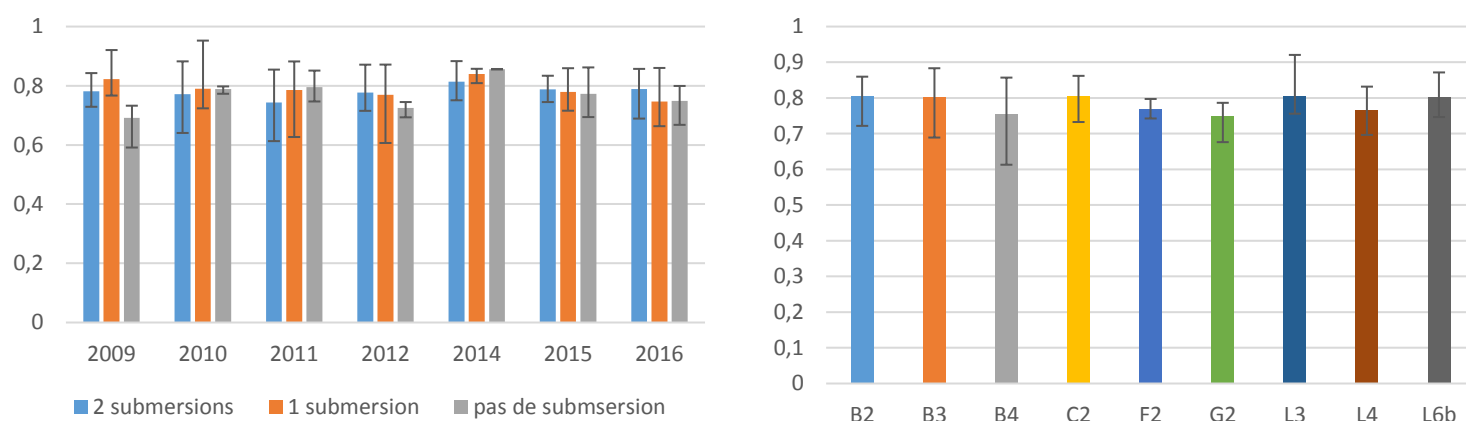


Figure 14. A gauche: Valeurs moyennes de l'indice de Piérou par type de submersion et par année. A droite: valeurs moyennes (2009-2016) de l'indice de Piérou par parcelles

- L'indice d'équitabilité de Piérou ne suit pas tout à fait la même tendance que Shannon. Peu de grands changements sont à noter ni de forts écarts entre catégories de submersions, seulement de faibles variations. Les années durant lesquelles l'indice est le plus faible restent tout de même 2010, 2011 et 2012. Ces années hors normes, par la submersion de l'eau de mer et la sécheresse, ont engendré la disparition et l'apparition d'espèces, favorables à des déséquilibres de répartition des individus pour chacune des espèces.

La comparaison des parcelles entre-elles met en avant de faibles écarts, contrairement à l'indice de Shannon où ils semblaient plus significatifs. Quelques détails sont toutefois à noter. La parcelle B3 qui possède l'indice de Shannon le plus faible est en contrepartie parmi les parcelles ayant le meilleur indice d'équitabilité de Piérou. Globalement, les parcelles qui possèdent une forte richesse spécifique et un indice de Shannon conséquent, souffrent d'un indice d'équitabilité plus faible que les autres. Ceci paraît logique, la multiplication du nombre d'espèce rend leur équirépartition plus complexe.

Les prairies naturelles de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée ont un bon indice d'équitabilité de Piérou, la répartition des espèces sur les parcelles est relativement homogène.

g) Pourcentage de sol nu

Le suivi du recouvrement du sol nu sur les parcelles est un très bon indicateur des conséquences de Xynthia. La comparaison entre les années et entre les parcelles marque de fortes différences.

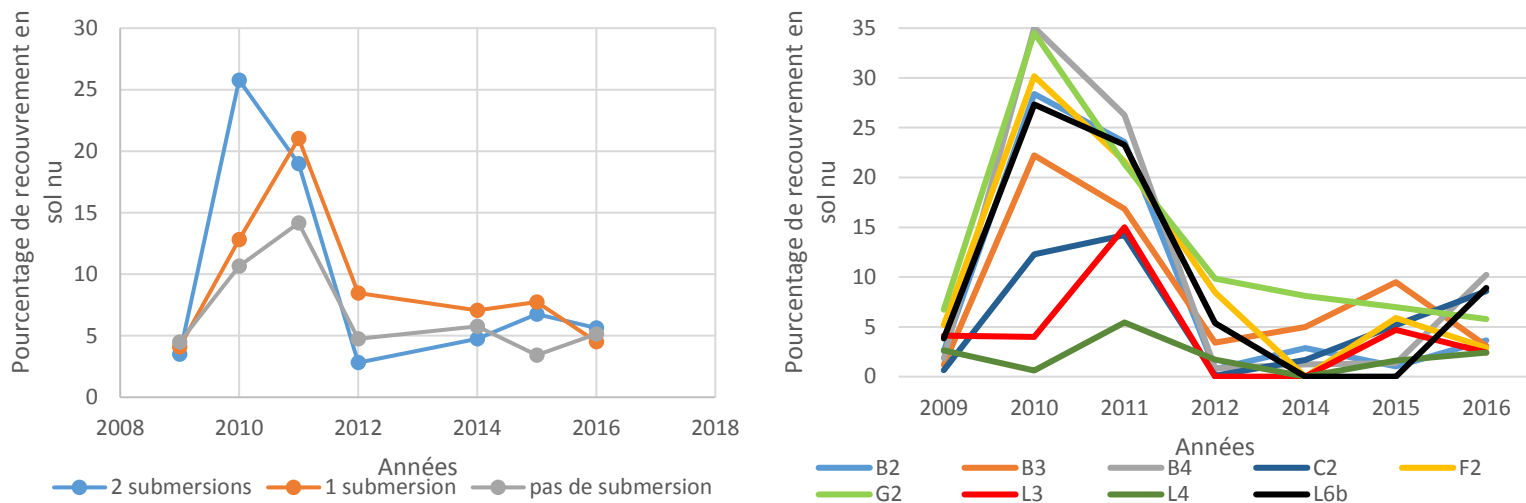


Figure 15. A gauche : Evolution du pourcentage moyen de sol nu pas catégorie de submersion et par année. A droite : Evolution du pourcentage de sol nu par parcelle et par année

En 2009, les 3 catégories de submersion présentent un pourcentage de recouvrement en sol nu quasi identique.

L'année de Xynthia, les parcelles ayant subies 2 submersions se retrouvent nettement plus concernées par l'importance du sol nu. Viennent ensuite, logiquement, les parcelles touchées par une submersion, puis celle ne l'ayant pas connue. C2 est la seule parcelle de l'étude n'ayant pas subi de submersion suite à Xynthia, cependant, elle présente tout de même une augmentation de son recouvrement en sol nu. Ce pourrait être un effet indirect de Xynthia. En effet, la majorité des parcelles de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée sont devenues, pendant un temps, inutilisables suite à Xynthia. La pression de pâturage s'est donc retrouvée inhabituellement plus importante sur C2 qui a dû compenser le fait que beaucoup d'autres parcelles ne pouvaient plus être exploitées. Un surpâturage peut faire augmenter le pourcentage en sol nu.

En 2011, seules les parcelles ayant subies 2 submersions connaissent une baisse du recouvrement en sol nu, pour les autres parcelles le pourcentage augmente encore, en conséquence de la sécheresse. Les parcelles à 2 submersions ont eu une telle surface en sol nu en 2010 que beaucoup de nouvelles espèces ont pu s'implanter, bénéficiant de la non-concurrence d'autres espèces. Elles ont mieux résisté à la sécheresse et se sont développées dans l'espace.

En 2012, malgré une autre année de sécheresse, le recouvrement en sol nu baisse pour toutes les catégories de parcelles et atteint le niveau pré-Xynthia pour les catégories à 2 submersions et aucune submersion. Les espèces qui se sont implantées dans les espaces laissés vides par les taxa n'ayant pas survécu aux conditions extrêmes de la tempête ont continué à se développer, diminuant ainsi les surfaces de sol nu, ou ont été remplacées par les espèces déjà présentes en 2009 et qui retrouvent à nouveau des conditions favorables à leur développement, ou encore de nouvelles espèces ont pu jouir d'une faible concurrence. Ces observations renforcent la connaissance populaire que la nature a "horreur du vide". Il

existe toujours des espèces dont la valence écologique est adaptée à des facteurs écologiques précis et qui en profitent pour se développer.

Les années suivantes, le recouvrement en sol nu tend à se stabiliser, jusqu'en 2016 où plus aucune différence n'est présente entre catégories de parcelles et les valeurs sont proches de celles de 2009.

En s'attardant sur l'évolution du recouvrement en sol nu, par parcelle, la tendance générale suit la courbe moyenne par catégorie de submersion.

Toutefois, les parcelles L3 et L4, qui ont connu une submersion, ne présentent pas une augmentation du pourcentage de sol nu en 2010. Comme constaté avec l'étude de la richesse spécifique et de l'indice de Jaccard, ces parcelles ont bénéficié d'un recouvrement en espèces halophiles important, leur assurant une meilleure adaptation à de nouvelles conditions écologiques et encourageant en 2010 la progression de ces espèces déjà présentes. Alors que d'autres parcelles ont vu leur cortège floristique, peu adapté, disparaître en laissant du sol nu.

3.2. Pratiques agricoles

Dans l'objectif d'évaluer les conséquences des pratiques agricoles sur la flore des prairies permanentes de l'Unité Expérimentale de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée, 26 parcelles ont été comparées. Ce sont toutes celles inventoriées en 2016. Le chargement cumulé a été calculé pour chacune de ces parcelles avec les données de pâturage de l'année 2015. Il est exprimé en UGB.jour.ha⁻¹. Ce calcul prend en compte les données entre la date de mise à l'herbe des animaux dans la parcelle et la date d'affouragement. A partir des périodes d'affouragement, les parcelles sont généralement ouvertes pour laisser les animaux dans plus d'espaces mais aussi afin de limiter le nombre de sites à ravitailler en foin. En conséquence, les chargements s'en retrouvent lissés et ne sont donc pas pris en compte dans ces calculs. L'apport de foin sous-entend que les vaches n'effectuent plus de prélèvement d'herbe sur pied, elles ont tout de même une action de piétinement. L'affouragement a débuté en 2015 aux alentours de début juillet, variable selon les parcelles. Ces dernières ont été classées en 3 catégories selon leur taux de chargement: <50 UGB.j.ha⁻¹; 50-150 UGB.j.ha⁻¹; >150 UGB.j.ha⁻¹

Parcelles	B2	B3	B4	L6b	L4	L5	F3	F4	F1	C3b	S3b	C5	C2	L2	F2	S4a	S4c	G2	C3a	G1c	L3	G1a	C6	G1b	S2a	S2b
UGB.jour.ha ⁻¹ (2015)	0	0	0	0	3	3	14	14	17	92	108	124	132	139	150	163	163	166	168	168	170	182	183	184	190	190
Pratiques	F	F	F	F	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Tableau 2. Synthèse des parcelles étudiées avec le chargement cumulé correspondant à l'année 2015 et le type de pratiques agricoles exercées (F: fauche exclusive; P: Pâturage exclusif; F+P: Fauche puis pâturage)

a) AFC

Une AFC est réalisée avec les espèces de flore inventoriées en 2016 et leur abondance. Elle a pour but de représenter visuellement des convergences ou des divergences entre les parcelles selon leur composition taxonomique et ainsi de faire des liens entre elles.

Afin d'avoir un maximum de pourcentage de représentativité et pour éviter un étirement trop important des axes, les espèces végétales dont la fréquence est inférieure ou égale à 5% de tout le jeu de données brutes ont été retirées de l'analyse, soit 71 espèces supprimées sur 116.

De plus, cette analyse est basée sur la répartition des espèces. Certains éléments des données brutes ne sont pas des espèces et ont donc été supprimés pour l'analyse. Ainsi les colonnes Eau, Sol nu, Bouse, Grillé, Fauché, Plantule, Indéterminé, Mousse et XXX ont été supprimées. Les données brutes qui ont servies à la réalisation des AFC pour la problématique des pratiques agricoles ont subi une transformation. Les notes d'abondance des espèces dans les poignées ont été modifiées en abondance relative à la parcelle. Cette AFC a été réalisée sans les données de la parcelle B3, pour les mêmes raisons que la 1^{ère} AFC concernant la tempête Xynthia.

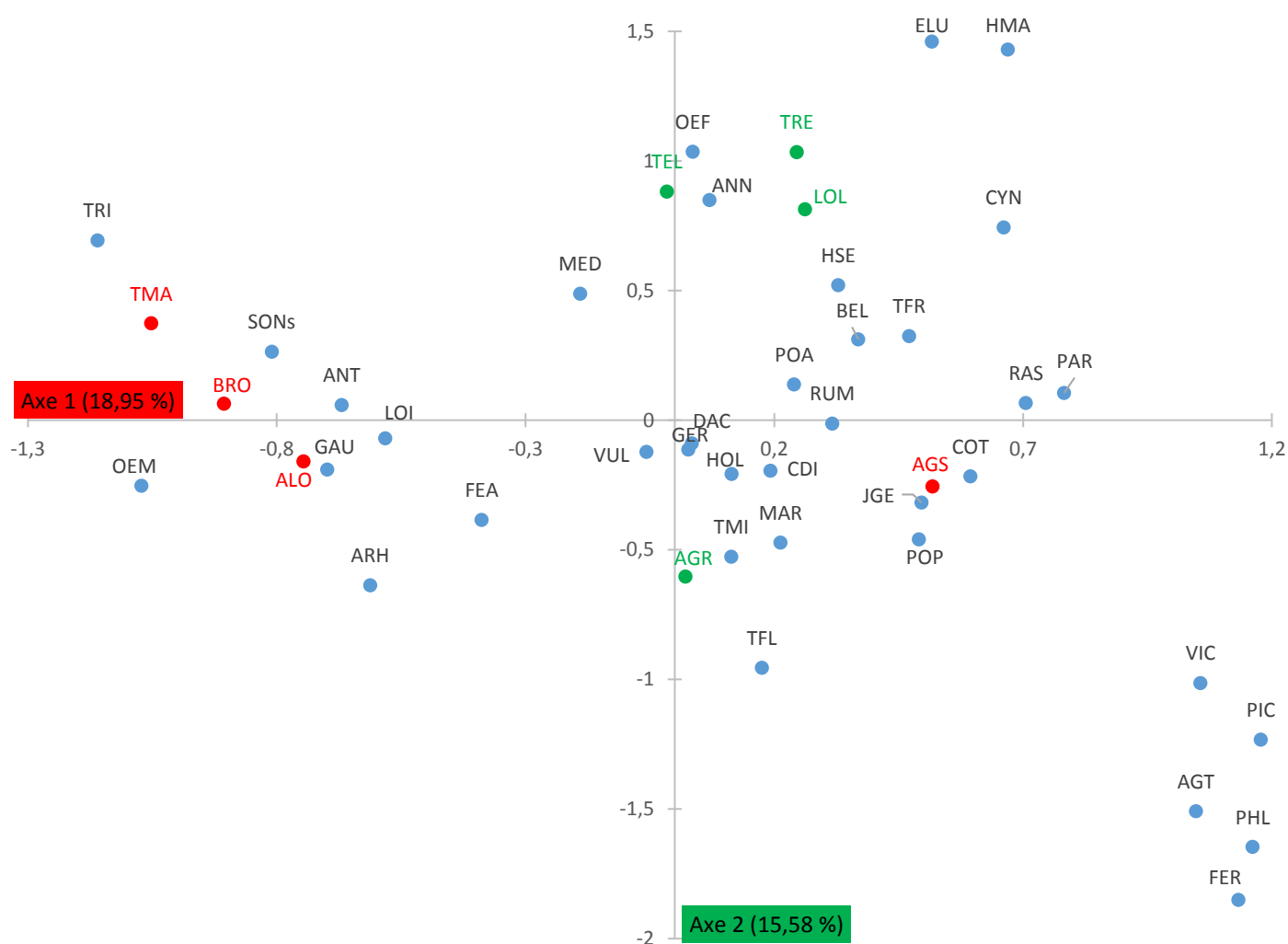


Figure 16. AFC réalisée sur les parcelles B2, B4, C2, C3a, C3b, C2, C5, C6, F1, F2, F3, F4, G1a, G1b, G1c, G2, L2, L3, L4, L5, L6b, S2a, S2b, S3b, S3c, S4a, S4c de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée en 2016 ; projection des espèces sur le plan factoriel (en rouge : variables expliquant l'axe 1 ; en vert : variables expliquant l'axe 2)

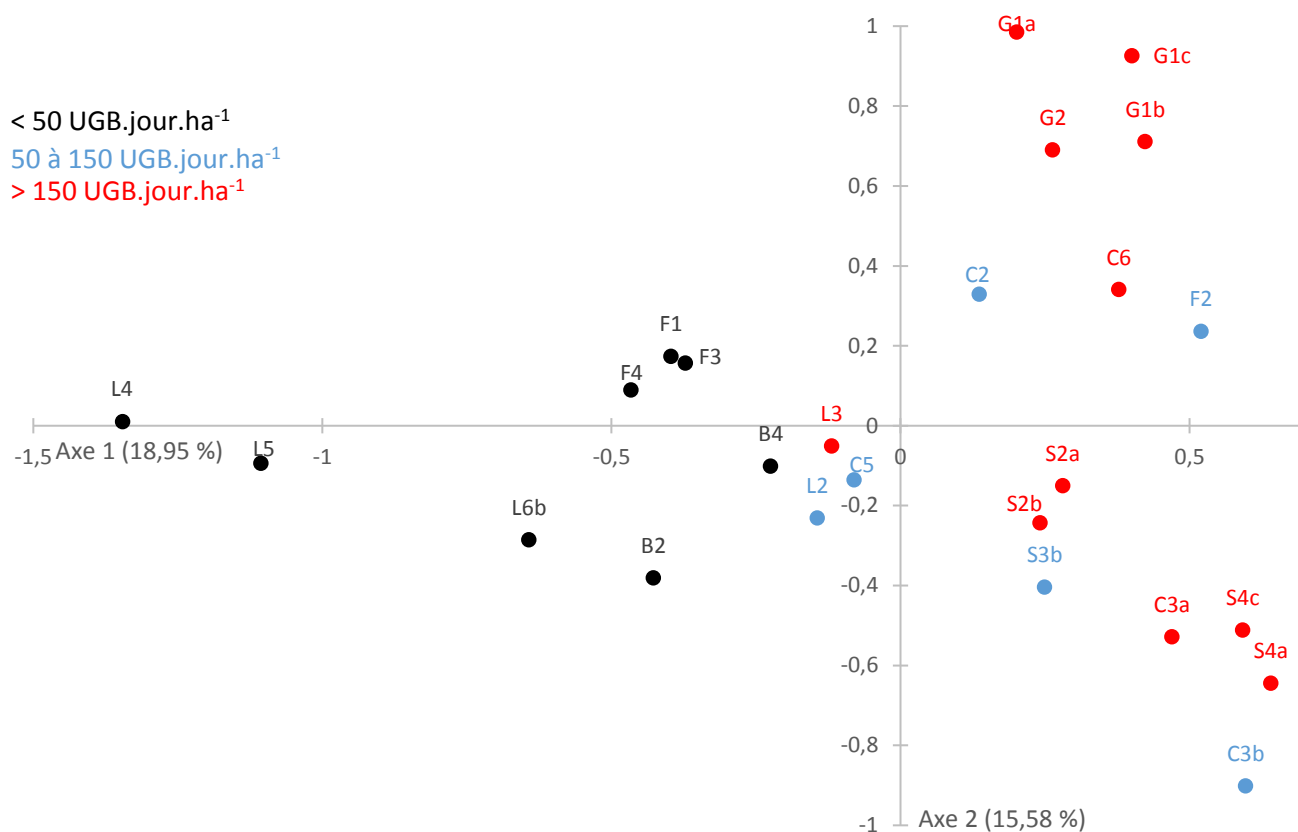


Figure 17. AFC réalisée sur les parcelles B2, B4, C2, C3a, C3b, C2, C5, C6, F1, F2, F3, F4, G1a, G1b, G1c, G2, L2, L3, L4, L5, L6b, S2a, S2b, S3b, S3c, S4a, S4c de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée en 2016 ; projection des parcelles sur le plan factoriel

Les espèces qui contribuent le plus fortement à l'axe 1 de cette AFC sont AGS, BRO, ALO et TMA.

En ce qui concerne l'axe 2, ce sont les espèces AGR, TEL, TRE et LOL qui l'expliquent le plus.

L'axe 1 oppose les prairies fauchées aux prairies pâturées. A gauche de l'Axe 1 se regroupent en majorité les parcelles qui ne sont pas ou très peu pâturées (< 50 UGB.jour.ha⁻¹). A droite de ce même axe sont rassemblées les parcelles ayant un chargement cumulé supérieur à 50 UGB.jour.ha⁻¹. Cette AFC illustre une différence de composition floristique entre des parcelles pâturées et des parcelles non-pâturées. Cependant aucune différence n'est observée entre les parcelles pâturées, quel que soit leur niveau de chargement. Ainsi des parcelles ayant un chargement compris entre 50 et 150 UGB.jour.ha⁻¹ et des parcelles ayant un chargement cumulé supérieur à 150 UGB.jour.ha⁻¹ sont réparties de manière non rationnelle sur l'AFC.

De plus, on peut observer que les parcelles sont regroupées par localisation géographique sur cette AFC. La déduction la plus probable en relation avec ces observations est que les facteurs écologiques du milieu ont plus d'influence sur la flore que les pratiques agricoles.

Il faut également noter que les chargements sur les prairies de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée sont considérés comme extensifs car inférieurs à 2 UGB/ha (Vidal et Marquer, 2002). Une différence de chargements plus marquée entre 2 parcelles présenterait sûrement d'autres résultats.

b) Test statistique

Dans le but de consolider les observations faites sur l'AFC présenté ci-dessus, le test de Mann-Whitney pour données non-appariées a été appliqué. Toutes les p-value obtenues sont supérieures à 0,05. Aucune différence significative ne peut être observée entre les parcelles. Il semble cependant nécessaire de poursuivre l'étude afin d'étayer ces résultats. D'autres paramètres sont ainsi analysés en suivant.

c) Richesse spécifique

Afin d'offrir un autre angle de vu à cette étude, la relation entre richesse spécifique et taux de chargement est présentée ci-dessous par l'intermédiaire d'un graphique. Ceci pourrait permettre de créer un lien entre le nombre d'espèces présentes sur une parcelle et la pression de pâturage.

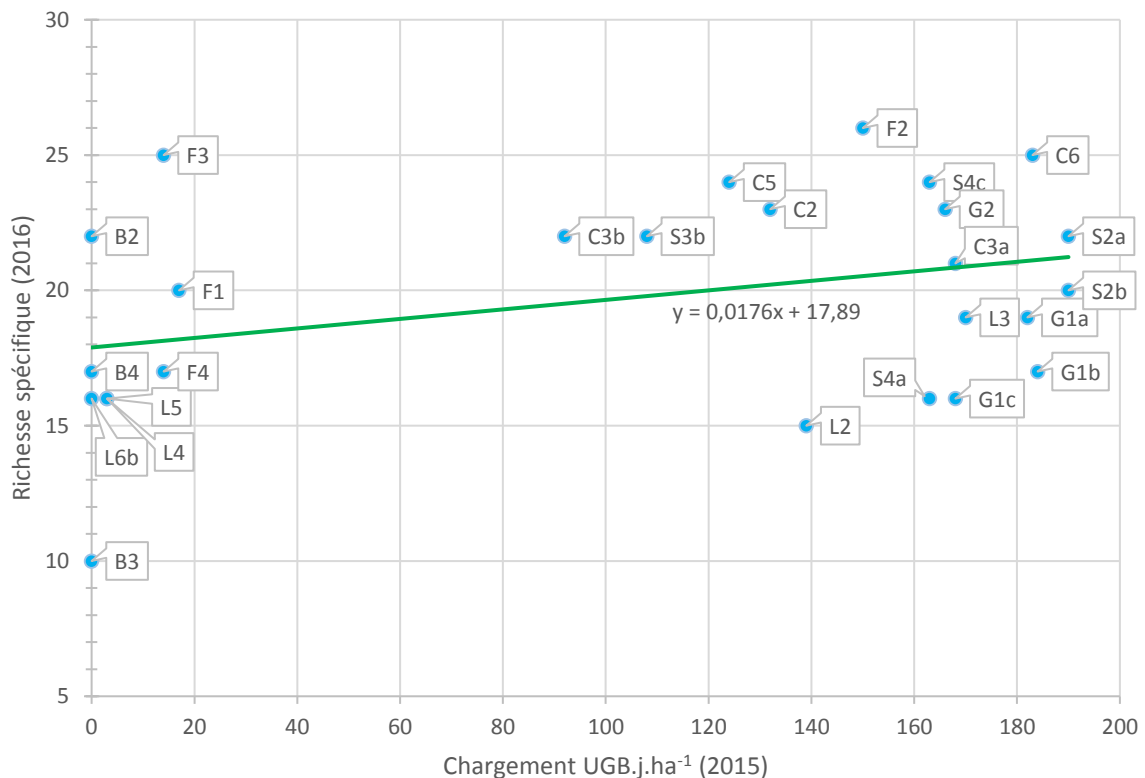


Figure 18. Richesse spécifique de 2016 en fonction du taux de chargement de 2015

On peut constater que la courbe de tendance de ce graphique indique une légère augmentation de la richesse spécifique à mesure que le chargement augmente. Cependant, la différence n'est pas nette. Si l'on compare le groupe de parcelles dont le chargement est inférieur à 20 UGB.j.ha⁻¹, avec le groupe de parcelles dont le chargement est supérieur à 90 UGB.j.ha⁻¹, on constate que le minimum et le maximum de richesse spécifique pour chaque groupe est quasi-équivalent. Seule la parcelle B3 possède une richesse spécifique très différente des autres parcelles, elle fait d'ailleurs chuter la moyenne de richesse spécifique du 1^{er} groupe. Mais il a déjà été mis en avant qu'elle ne ressemble en rien aux autres parcelles de l'UE, notamment par l'intermédiaire d'une AFC. De plus, le groupe de parcelles dont le chargement est inférieur à 20 UGB.j.ha⁻¹, compte 9 entités, contre 17 pour l'autre groupe. Ceci influence fortement la courbe de tendance. Afin de réduire ce biais, un autre graphique est réalisé (Annexe 15) sans la parcelle B3 et en gardant seulement les 8 parcelles qui ont les chargements les plus élevés pour le 2^{ème} groupe.

La courbe de tendance obtenue maintient son allure précédente mais s'en trouve nettement nuancée avec une différence moyenne de 1,5 espèces entre les deux groupes contre une différence moyenne de 3 espèces dans le 1^{er} graphique.

Ainsi, sur l'UE de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée, un chargement élevé semble être légèrement bénéfique à la richesse spécifique. Comme cité précédemment, les chargements considérés comme élevés à l'UE font en fait partie des chargements extensifs. Une pression de pâturage de cet ordre paraît favorable à la diversité végétale. Associé à des dates de fauche qui ne sont pas considérées comme très précoces (juin), la richesse spécifique est favorisée. La pression de pâturage est dans la phase ascendante de la courbe (Annexe 16). Cependant il faut garder en tête que ces différences ne sont pas significatives, comme indiqué précédemment par les tests statistiques.

L'écart entre les pressions de pâturage exercées à l'UE paraît insuffisant pour observer un impact sur la diversité floristique. Ceci pourrait être accentué par des taux de chargements pouvant être du simple au double en début de saison de pâturage, mais se retrouvant lissés en fin de saison, lors de l'affouragement et de l'ouverture des parcelles. Par exemple, la parcelle G1 est divisée en 3 sous parcelles qui ont des chargements très différents entre elles afin de créer de la diversité de structure verticale de la végétation et de la flore. Cependant cette différence de chargement est rapidement gommée par un affouragement plus précoce sur la parcelle G1a qui possède le plus fort chargement. De plus, ces 3 sous-parcelles sont regroupées au cours de l'été afin de ne former plus qu'une seule parcelle, atténuant ainsi les différences de chargement entre parcelles.

d) Indice de Jaccard

Pour aller un peu plus loin dans l'analyse de la richesse spécifique en fonction du taux de chargement, l'indice de Jaccard a été calculé entre chaque parcelle de l'étude. Il vise à mettre en avant des ressemblances ou des dissemblances entre les parcelles concernant leur composition en taxa de flore. Un lien pourrait éventuellement être établi avec les taux de chargement. Les résultats sont présentés en Annexe 17.

Il en ressort tout d'abord une observation qui a déjà été faite plusieurs fois tout au long de ce rapport, la parcelle B3 est composée d'une flore qui n'est observée nulle part ailleurs sur l'exploitation de l'UE, en résulte un indice de Jaccard très faible avec toutes les parcelles. Les parcelles S4a et S4c présentent le même profil et n'ont que peu de liens avec la composition floristique des autres parcelles. Même entre elles l'indice est faible, alors qu'elles sont côte à côte et ont un chargement égal.

En s'attardant sur les indices de Jaccard les plus élevés et donc sur les parcelles qui présentent le plus de ressemblance spécifique, un lien étroit est établi entre les parcelles les plus proches géographiquement et même si elles ont un chargement vraiment différent. C'est le cas des parcelles C3a et C3b, la première présente un chargement de 168 UGB.j.ha⁻¹ alors que pour la deuxième il est de 92 UGB.j.ha⁻¹. Hors leur indice de Jaccard est parmi les plus élevés de l'étude avec 0.77, ce qui correspond à un nombre important d'espèces présentes dans les 2 parcelles. Parmi les autres binômes de parcelles avec un indice de Jaccard élevé, on trouve les parcelles F1-F3, F1-F4, F3-F4, G1a-G1b-G1c, L3-L6b, L3-L4, L5-S2b, S2a-S2b, S2a-S3b, F1-L3, F1-L6b... toutes ces combinaisons sont liées par des espèces de flore communes et le lien s'établit sans tenir compte des taux de chargement. Ainsi les parcelles F1 et L3 présentent une forte similitude bien qu'elles soient dans les 2 catégories extrêmes de chargement. Alors que F1 et

L6b sont dans la même catégorie de chargement et sont aussi fortement semblable dans leur composition spécifique.

Un lien étroit n'est pas établi entre pression de pâturage et espèces de flore dans cette étude, la localisation géographique et l'effet milieu semblent plus influant comme cela a déjà été observé avec l'AFC.

e) Indices de Shannon et d'équitabilité de Piélou

Pour renforcer les observations faites lors des analyses précédentes, les indices de Shannon et d'équitabilité de Piélou ont été calculés en faisant une moyenne pour chaque catégorie de chargement.

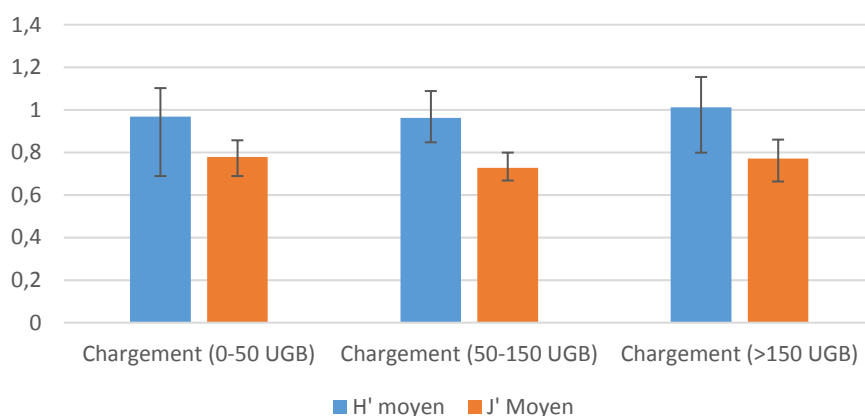


Figure 19. Indices de Shannon et de Piélou moyens (2016) par catégories de chargement (2015)

Aucune différence significative n'est observée entre les 3 catégories de chargement. Seule la catégorie des parcelles dont le chargement est supérieur à 150 UGB.j.ha⁻¹ propose un indice de Shannon légèrement supérieur aux autres catégories. Ceci correspond à l'observation faite lors de l'analyse de la richesse spécifique, ces valeurs de pression de pâturage pourraient être bénéfiques à la biodiversité végétale. Concernant l'indice d'équitabilité de Piélou, il est légèrement inférieur pour la catégorie de chargement intermédiaire, mais encore une fois la différence n'est pas significative.

f) Abondance des espèces

Suite à des observations faites sur l'évolution de l'abondance de quelques espèces au cours des années et sur certaines parcelles, il paraît nécessaire de présenter cet aspect dans cette partie de l'étude car un lien peut être établi avec les pratiques agricoles. En effet, un arrêt de la fertilisation azotée depuis 2008 (30 Unités avant 2008) sur certaines parcelles met en avant une réponse au cours du temps pour quelques taxa. Seules 3 parcelles (C2, C5 et C6) sont concernées par ces observations car ce sont les seules qui n'ont pas subies de submersions par Xynthia et qui sont inventoriées depuis un nombre d'années suffisant permettant d'observer des changements.

Seule huit espèces ont leur abondance notée ci-dessous, ce sont celles qui semblent avoir répondu le plus fortement à ces changements de pratique.

	C2		C5		C6	
	2009	2016	2010	2016	2010	2016
<i>Lolium perenne</i>	28,1	11,9	7,4	2,2	19,1	21,1
<i>Elytrigia repens</i>	10,8	3,8	10,3	4,4	14,2	2,5
<i>Carex divisa</i>	3,7	11,3	2,8	8,3	7,5	9,3
<i>Alopecurus bulbosus</i>	2	15,4	11,3	8,4	7,1	1,1
<i>Agrostis stolonifera</i>	3,2	8,2	8,1	9,9	2,1	13
<i>Festuca arundinaceae</i>	4,4	1,8	30,7	26,2	9,1	4,8
<i>Poa trivialis</i>	16,4	12,7	5,1	12	8,3	5,6
<i>Holcus lanatus</i>	0,4	0,9	1,4	2,6	2,1	9,8
Richesse spécifique	21	23	17	24	21	25
Somme de la hausse d'abondance	26,4		15,3		22,4	
Somme de la baisse d'abondance	-29,5		-18,5		-24,6	

Tableau 3. Evolution de l'abondance (%) de 8 espèces sur les parcelles C2, C5 et C6 entre 2009 ou 2010 et 2016.

Baisse de l'abondance / Hausse de l'abondance

Chaque parcelle semble apporter une réponse différente à cet arrêt de la fertilisation et les espèces aussi ne présentent pas toujours la même réaction. Par exemple, on peut observer que *Lolium perenne* voit son abondance chuter sur les parcelles C2 et C5 alors qu'elle augmente légèrement sur C6. *Alopecurus bulbosus* et *Poa trivialis* ont aussi des évolutions différentes selon les parcelles. Ces taxa se retrouvent ainsi soit dans une situation qui défavorise certaines espèces et ainsi leur laisse la place pour s'exprimer ou bien l'effet inverse peut se produire, certaines espèces se trouvent favorisées par l'arrêt de la fertilisation et viennent concurrencer d'autres déjà présentes qui voient leur recouvrement se réduire. Ainsi on observe à nouveau l'influence majeure des facteurs écologiques propres à chaque milieu, la réponse à certaines variables ne sera pas toujours la même selon le contexte. La somme de la hausse d'abondance et de la baisse d'abondance pour chaque parcelle vient appuyer cette observation, les abondances n'ont pas toutes variées dans les mêmes proportions, mais l'équilibre se crée à nouveau. On pourrait en déduire que la généralisation de certaines pratiques agricoles à grande échelle n'est pas adaptée à tous les cas de figure. La gestion agricole devrait être propre à chaque entité parcellaire et ainsi répondre au mieux aux facteurs du milieu.

Néanmoins, les cinq autres espèces suivent la même tendance quelle que soit la parcelle mais tout de même avec des variations d'abondance différentes. Ainsi certaines espèces semblent favorisées par un arrêt de la fertilisation, c'est le cas de *Carex divisa*, *Agrostis stolonifera* et *Holcus lanatus* alors que *Elytrigia repens* et *Festuca arundinaceae* paraissent pénalisées.

Il semble important de souligner que pour chacune des parcelles, l'arrêt de la fertilisation a été suivi d'une hausse de la richesse spécifique. Ceci confirme les études de Marini *et al* (2007) ou Toussaint (1993) qui avaient noté que fertiliser favorise les espèces rudérales, élimine les espèces moins compétitives pour la lumière se traduisant par une baisse de la richesse spécifique. Mais aussi Farre (2009) qui indiquait que plus l'utilisation d'intrants est faible, voire nulle, plus la diversité floristique va être forte, favorisant, de ce fait, une forte diversité faunistique.

L'influence des taux de chargement ne semble pas dominer dans ce contexte, ils sont assez proches entre les 3 parcelles pour 2015 :

C2 : 132 UGB.jour.ha⁻¹ cumulé

C5 : 124 UGB.jour.ha⁻¹ cumulé

C6 : 183 UGB.jour.ha⁻¹ cumulé

Conclusion

L'apparition de phénomènes climatiques extrêmes sur le territoire français reste à ce jour exceptionnelle, mais le futur semble propice à tout un bouleversement de la situation actuelle qui pourrait engendrer une recrudescence de ces situations. L'épisode Xynthia qui s'est abattu sur les côtes de Charente Maritime en février 2010 et suivi de deux années de sécheresse pourrait ainsi devenir banal dans quelques décennies, surtout si le niveau des océans augmente, comme cela est prédit par de nombreux scientifiques (CNRS, 2006). L'étude de la résilience des prairies permanentes après une, voire deux submersions de quinze jours par de l'eau salée, suite à Xynthia, donne l'opportunité d'observer le comportement de ces écosystèmes après une telle perturbation.

Ainsi, selon les parcelles, la réponse à ce phénomène n'a pas été identique. Chaque entité possède des facteurs écologiques qui lui sont propres et ils engendrent une distribution des taxa de flore spécifique à chaque contexte. Certaines parcelles présentaient déjà avant la tempête un cortège floristique composé d'espèces halophiles, globalement elles ont paru moins impactées. D'autres paraissent avoir plus souffert et leur composition spécifique a été fortement perturbée, notamment par l'apparition de sol nu qui a laissé la place au développement de nouvelles espèces dont l'autécologie était plus adaptée à ces conditions inhabituelles. En moyenne, deux années ont été nécessaires pour observer un début de résilience, et quel que soit le nombre de submersion, chaque parcelle suit la même trajectoire. Chaque année, un rapprochement vers l'état pré-Xynthia semble un peu plus s'opérer. Les parcelles ont retrouvé un équilibre fonctionnel mais ont tout de même évolué. Certaines d'entre elles possèdent une richesse spécifique plus importante, d'autres plus faible qu'avant Xynthia. Les écosystèmes sont en perpétuelle évolution, il paraît difficile de connaître la part d'implication de la tempête Xynthia dans ces changements, d'autres phénomènes sont à prendre en compte : météo, fertilisation, pâturage...

La seconde partie de cette étude concerne justement les effets des pratiques agricoles sur la flore des prairies permanentes. Selon les parcelles de l'Unité Expérimentale de Saint Laurent-de-la-Prée, les activités divergent et sont susceptibles d'avoir des conséquences. On observe des prairies qui sont justes fauchées, d'autres qui sont justes pâturées mais avec des taux de chargement différents et enfin certaines ont les deux utilités. Une corrélation a tenté d'être établie entre ces différentes pratiques et la flore observée dans les prairies. Il semblerait que les plus fortes pressions de pâturages mises en place à l'UE soient légèrement favorables à la richesse spécifique. Ceci est en contradiction avec les conclusions connues et décrivant une perte de diversité avec une augmentation du chargement. Cependant, ces taux, même les plus élevés, sont considérés comme extensifs et peuvent donc être favorables à la biodiversité.

Dans un autre aspect des pratiques agricoles, les conséquences sur la flore de l'arrêt de la fertilisation azotée ont été observées sur trois parcelles. Seule l'évolution de la richesse spécifique et de l'abondance des espèces ont été pointées. Les conclusions développées

rejoignent celles d'autres études sur le même thème, à savoir que l'utilisation d'intrants est défavorable à la richesse taxonomique.

Un lien peut ainsi être établi entre capacité de résilience des prairies permanentes suite à des phénomènes exceptionnels et pratiques agricoles. Une parcelle possédant une forte diversité floristique verra sa capacité de résistance et d'adaptation à l'apparition de nouveaux facteurs plus développée et répondra donc plus rapidement à des stress.

Bibliographie

Abdelly C., Lachaâl M., Grignon C., Soltani A., Hajji M., 1995 - Association épisodique d'Halophytes stricts et de Glycophytes dans un écosystème hydromorphe salé en zone semi-aride. *Agronomie*, 15, no. 9-10 : 557-68.

Anziani, A., 2010 - Xynthia : une culture du risque pour éviter de nouveaux drames - Sénat, rapport d'information fait au nom de la mission commune d'information sur les conséquences de la tempête Xynthia, n° 647 : 52 p.

Baccini A., 2010 - Statistique Descriptive Multidimensionnelle - Institut de mathématiques de Toulouse : 33 p

Benoît M., Laignel G., 2006 - Méthodologie d'élaboration de résultats technico-économiques en élevage ovin allaitant. Illustration en France, en zone de plaine et de montagne. Options Méditerranéennes, série A, n°70, 232 p.

Bibby C.J., Burgess N.D., Hill D.A., 2000 - Bird census techniques, second edition. Academic press, London, UK.

Bourguei B., Moreau L. et P., Gabet C., L'Homer A., Vouve J. - Carte géologique de la France, Notice explicative de Rochefort - Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

Bouzillé J.B., 1992 - Structure et dynamique des paysages, des communautés et des populations végétales des Marais de l'Ouest. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Rennes 1. 303p.

Bouzillé J-B., Kernéis E., Bonis A., Touzard B., 2001 - Vegetation and ecological gradients in abandoned salt pans in western France. *Journal of Vegetation Science*, 12: 269-278.

Bruchon-Tkachenko A., 2010 - Diversité des prairies des marais atlantiques : diagnostic floristique et propositions de gestion (l'exemple des prairies du Domaine INRA de Saint Laurent de la Prée). Rapport de stage, Master Sciences pour l'environnement, Université de La Rochelle, UE INRA Saint Laurent de la Prée : 52 p. + annexes.

Brunet N., Guichard L., Omon B., Pingault N., Pleyber E., Seiler A., 2008 - L'indicateur de fréquence de traitement (IFT) : un indicateur pour une utilisation durable des pesticides. *Le courrier de l'environnement de l'INRA* n°56, 131-141.

Carrère P., Dumont B., Cordonnier S., Orth D., Teyssonneyre F., Petit M., 2002 - L'exploitation des prairies de montagne peut-elle concilier biodiversité et production fourragère ? - Actes du colloque Moyenne montagne en devenir : développement agricole et agroalimentaire, INRA-ENITA, Lempdes, 39-44 pp.

Couprie G., 2009 - Production et biodiversité des prairies permanentes de marais au printemps : quelles relations entre pratiques, milieu et caractéristiques des prairies ? Master « approche intégrée des écosystèmes littoraux », Univ. La Rochelle, UE INRA-SAD Saint Laurent de la Prée : 38p. + annexes.

De Foucault B., 1984 - Systémique, structuralisme et systématique des prairies hygrophiles des plaines atlantiques françaises. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Rouen, 2 tomes: 675p + 248 tableaux

De Vries D.M., De Boer T.A., 1959 - Methods used in botanical grassland research in the Netherlands and their application. *Herbage Abstracts*, 29, 1.

Diallo, H., 2014 - Influence des gradients anthropique et géomorphologique sur la variation de la biodiversité végétale dans la réserve de biosphère de la boucle du Baoulé. Cas de la réserve de Fina (Mali) - Thèse université ULB en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique, 211 pp.

Dobremez L., Nettiér B., Fleury P., Pauthenet Y., Seres C., Talichet M., 2012 - Gestion des prairies permanentes : Associer objectifs de production fourragère et préservation de la biodiversité - Résultats du programme de Recherche-Développement 2007-2012 du GIS Alpes Jura, 4 pp.

Document d'Objectifs. Volume de synthèse, 2012 - Site Natura 2000 « Estuaire et basse Vallée de la Charente » (FR 5412025 et FR5400430)

Ducérf G., Thiry C., 2003 - Les plantes bio-indicatrices. *Promonature*, 352 p.

Dumont B., Farruggia A., Garel J.P., 2007 - Pâturage et biodiversité des prairies permanentes - *Renc. Rech. Ruminants*, n°14, 17-24 pp

Eleveurs de bovins sur les prairies des marais atlantiques. Chambre d'agriculture de Charente-Maritime, INRA, Forum des marais atlantiques. 2003.

Evaluation de l'Unité Expérimentale de Saint Laurent de la Prée. Département SAD. Rapport d'activité 2008-2014. Perspectives 2015-2020

FARRE (Forum de l'Agriculture Raisonnée Respectueuse de l'Environnement), 2009 – Les prairies fauchées et pâturées - Agriculture et biodiversité : fiche technique n°9, 6 pp.

Farruggia A., Dumont B., Jouven M. ; Baumont R., Loiseau P., 2006 - La diversité végétale à l'échelle de l'exploitation en fonction du chargement dans un système bovin allaitant du Massif central - *Fourrages*, n° 188, 477-493 pp.

Gouache D., 2010 – Effets physiologiques de l'engorgement et de la salinité sur les cultures. Arvalis Institut du végétal

Grall J. & Coic N., 2005 - Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier - IFREMER, REBENT, 80 pp.

Holling C., 1973 - Resilience and stability of ecological systems - *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 4, 1–24.

Holling C., 1996 - Engineering within Ecological Constraints, Schulze P., (dir.), chap. Engineering resilience vs. ecological, pages 31–43, National Academy Press- Washington (DC).

Hubert F., Pierre P., 2008 - Guide pour un diagnostic prairial. Un outil pour apprécier et comprendre la diversité floristique des prairies. *Les cahiers d'Orphée* : 15p.

INRA expertise scientifique collective, 2012, « Agriculture et biodiversité : Valoriser les synergies ». Edition Quae, 178 pp.

Jaccard, P., 1901 - Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura - In : *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 37, p. 547–579 (cf. p. 156).

Jongman, R.H.G., Ter Braak, C.J.F., Van Tongeren, O.F.R., 1995 - Data analysis in community and landscape ecology - Cambridge University Press, 274 pp.

Kernéis E., Havet A., Bar-Or D., 1994 - Prairies humides de marais et systèmes d'élevage extensifs : typologie de fonctionnement des exploitations, caractérisation floristique, écologique et fourragère des prairies naturelles humides, INRA Saint Laurent de la Prée, 195p

Kernéis E., Bouzillé J.-B. et Bonis A., 2001 – La végétation des prairies naturelles du marais de Brouage. Colloque de restitution final du Programme National de Recherche « Recréer la Nature : réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes », Grenoble, 11-13

septembre 2001. Supplément n°9, Revue d'Ecologie (La Terre et la vie) J.-L. Chapuis, H. Décamps, G. Barnaud, V. Barre, Paris, SNPN : 261 p.

Kernéis E., Debril J., Cruz P., Gastal F., 2005 – Plant functional types approach: a tool to analyze sward structure and flora dynamic in wet grasslands? EGF Congress 2005, 13th Symposium on "Integrating biodiversity and efficient grassland farming", August 29-31 2005, Tartu, Estonia. in Lillak R., Viiralt R., Linke A., Geherman V. (Eds), Grassland Science in Europe, 10 : 107-111.

Kernéis E., 2006 – Dynamique des couverts prairiaux en marais : significations fourragère et environnementale. In « élevages et prairies en zones humides », Collection « Paroles des Marais Atlantiques », *Æstuarina*, 8 : 211-222.

Koch W. und Kummer G., 1926 - Nachtrag zur Flora des Kantons Schaffhausen, Teill (Pteridoph., Gymnosp., Monocotyl.). Mitt. Naturf. Ges. Schaffhausen. 1—47

Laub C., Youngman R.R., Love K., Mize T., 2009 – Using pitfall traps to monitor insect activity. Virginia state university. Publication 444-416

Le Chanony C., 2012 – Résilience des prairies permanentes des marais atlantiques : effets de la tempête Xynthia, 3 ans après. Mémoire de stage de Master 2, Biologie fondamentale et appliquée, ECOCAEN « gestion et valorisation Agri-Environnement », Univ. de Caen – Basse Normandie, INRA Saint Laurent de la Prée : 72 p. + annexes.

Levigneron A., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., Casse-Delbart F., 1995 – Les plantes face au stress salin. Cahiers de l'agriculture, 4 : 263-73

Martin S., 2005 - La résilience dans les modèles de systèmes écologiques et sociaux. Mathematics. Ecole normale supérieure de Cachan - ENS Cachan, 2005.

Milsom T.P., Langton S.D., Parkin W.K., Peel S., Bisho J.D., Hart J.D., Moore N.P., 2000 – Habitat models of bird species distribution: an aid to the management of coastal grazing marshes. J. Appl. Ecol 37, 706-727.

Magnanon S., 1991 – Contribution à l'étude des prairies naturelles inondables des marais de Donges et de l'estuaire de la Loire : phyto-écologie, phytosociologie, valeur agronomique. Thèse : Faculté des Sciences et des Techniques, Nantes : 270 p.

Marini L., Scotton M., Klimek S., Isselstein J., Pecile A., 2007 - Effects of local factors on plant species richness and composition of Alpine meadows - Agriculture, Ecosystems and Environment, n°19, 281-288 pp.

Meddour R., 2011 - La Méthode Phytosociologique Sigmatiste Ou Braun-Blanquet-Tüxenienne - Institut d'Agronomie, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Facu Des Scie Biolo et Agro. Tizi Ouzou. Algérie.

Naël E., 2011 – Impact de la tempête Xynthia sur les prairies de marais : exemple des parcelles du Domaine INRA de Saint Laurent de la Prée. Rapport de stage, DUT Génie Biologique, option Agronomie, IUT de Brest, Univ. de Bretagne Occidentale, INRA Saint Laurent de la Prée : 20 p.+ annexes.

Nicou M., 2015 – La flore des prairies permanentes des marais littoraux atlantiques : effets de la tempête Xynthia et des pratiques agricoles. Mémoire de Master 2, Sciences pour l'Environnement, Spécialité « Gestion des écosystèmes anthropisés », Univ. La Rochelle, INRA Saint Laurent de la Prée : 60 p + annexes.

Passarge H., 1955 - Die Pflanzengesellschaften der Wiesenlandschaft des Lübbenauer Spreewaldes. Beiträge zur Vegetationkunde. Feddes Repert. 135: 194-231.

Pielou, E. C., 1969 - An introduction to Mathematical Ecology (Witley-Interscience ed.). New York: Witley-Interscience.

Pierre P., 2014 - Diagnostic prairies. Un outil pour apprécier et comprendre la diversité floristique des prairies. De l'amélioration par les pratiques à la rénovation totale. Institut de l'élevage : 7p.

Pierre P., Deleau D., Osson B., 2013 - Quel entretien pour les prairies permanentes? De l'amélioration par les pratiques à la rénovation totale. Fourrages, 213, 45-54.

Pimm S., 1984 - The complexity and stability of ecosystems - Nature, vol. 307, 321-326

Phytosociologie et pastoralisme, 1988 - Organisé à l'Institut National Agronomique par le Professeur R. Delpech, Paris

Pons Y. et Gerbaud A., 2005 - Classification agronomique des sols de marais à partir de la relation entre sodicité et stabilité structurale. Application au cas des marais de l'Ouest - Étude et Gestion des Sols, Volume 12, 3, - pages 229 à 244

Quenault, B., 2013 - Retour critique sur la mobilisation du concept de résilience en lien avec l'adaptation des systèmes urbains au changement climatique - EchoGéo, 24, 19 pp.

Quenault, B., 2014 - La rhétorique de la résilience dans la gestion des risques de catastrophe : vers un changement de paradigme face aux risques climatiques ? - Colloque international Pau. Pratiques et portée de l'adaptation : enjeux territoriaux ambivalents de la régulation environnementale, organisé par le laboratoire SET, Université de Pau, 5 pp.

Rogers M-E., Colmer T-D., Frost K., Henry D., 2009 – The influence of NaCl salinity and hypoxia on aspects of growth in *Trifolium* species. Crop and Pasture Science. 60: 71-82.

Rogers M-E. & West D-W., 1993 – The effects of rootzone, salinity and hypoxia on shoot and root growth in *Trifolium* species. Annals of Botany. 72: 503-509.

Roux M. & De Namur C., 2010 - Analyses factorielles des correspondances (AFC) sur la végétation dans quelques stations forestières (exemple du Mayombe congolais et des forêts littorales) ». UNESCO, 281 pp.

Shannon C. E. & Weaver W., 1963 - The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press (cf. p. 47, 57).

Scheffer M., Hosper S.H., Meijer M-L., Moss B. and Jeppesen E., 1993 – Alternative equilibria in Shallow Lakes - Trends Ecol. Evol. 8:275-79

Simon J.C., Le Corre L., 1992 – Le bilan apparent de l'azote à l'échelle de l'exploitation agricole : méthodologie, exemples de résultats. Fourrages 129, 79-94.

Terrisse J. (LPO), 2014 - 540014607, Estuaire et basse vallée de la Charente.- INPN, SPN-MNHN Paris, 18P. <http://inpn.mnhn.fr/zone/znieff/540014607.pdf>

Terrisse J. (LPO), 2014 - 540014610, Les quarante journaux. - INPN, SPN-MNHN Paris, 15P.<http://inpn.mnhn.fr/zone/znieff/540014610.pdf>

Terrisse J. & Déat E., 2010 - LPO. DocOb du site Natura 2000 « Estuaire et basse vallée de la Charente » - Inventaires flore et habitats.

Thill A. & Thevenoz L., 2008 - Marais des Bidonnes : Journal de pâturage, année 2007 - Réseau des conservatoires d'espaces naturels de Rhône-Alpes, 7 pp.

Tournade F., & Bouzille J-B., 1995 - Déterminisme pédologique de la diversité végétale d'écosystèmes prairiaux de Marais poitevin - Etude et gestion des sols, n°2, 1, 57-72 pp.

Toussaint B., 1993 - Etude de la flore et de la végétation dans le cadre de l'O.G.A.F, Agriculture du « Nord des îles » (Marais Poitevin) - Parc Naturel Régional du Marais Poitevin, Val de Sèvre et Vendée, 37 pp.

Van Langendonck H. J., 1931 - Inleiding tot de phytosociologische Studie der Schorren. Nat. Wet. Tijdschr. De vegetatie en oecologie der schorren van Saaftingen. Bot. Jaarb» 23.

Vidal C, Marquer P, 2002 - Vers Une Agriculture Européenne Durable: Outils et Méthodes. Références. Dijon: Educagri éditions.

Vincent B., 2009 - Inventaire et description floristique des prairies permanentes du domaine INRA de Saint Laurent de la Prée. Mémoire de stage de licence, Biologie Générale, Université La Rochelle, 15 pp.

Walker B., Folke C., Carpenter S., Scheffer M., Elmqvist T., Gunderson L., and Holling C.S., 2004 - Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management - Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 35, no. 1

Wiebe B-H., Eilers R-G., Eilers W-D., Brierley J-A., 2001 – L'agriculture écologiquement durable au Canada: risque de salinisation des sols. Agriculture et Agro-alimentaire au Canada: 6p.

Wilcoxon F., 1945 - Individual comparisons by ranking methods - Biometrics Bulletin, vol. 1, no 6, p. 80–83

ZPS, FR5412025 - Estuaire et basse vallée de la Charente. INPN, SPN-MNHN Paris: <https://inpn.mnhn.fr/docs/natura2000/fsdpdf/FR5412025.pdf>

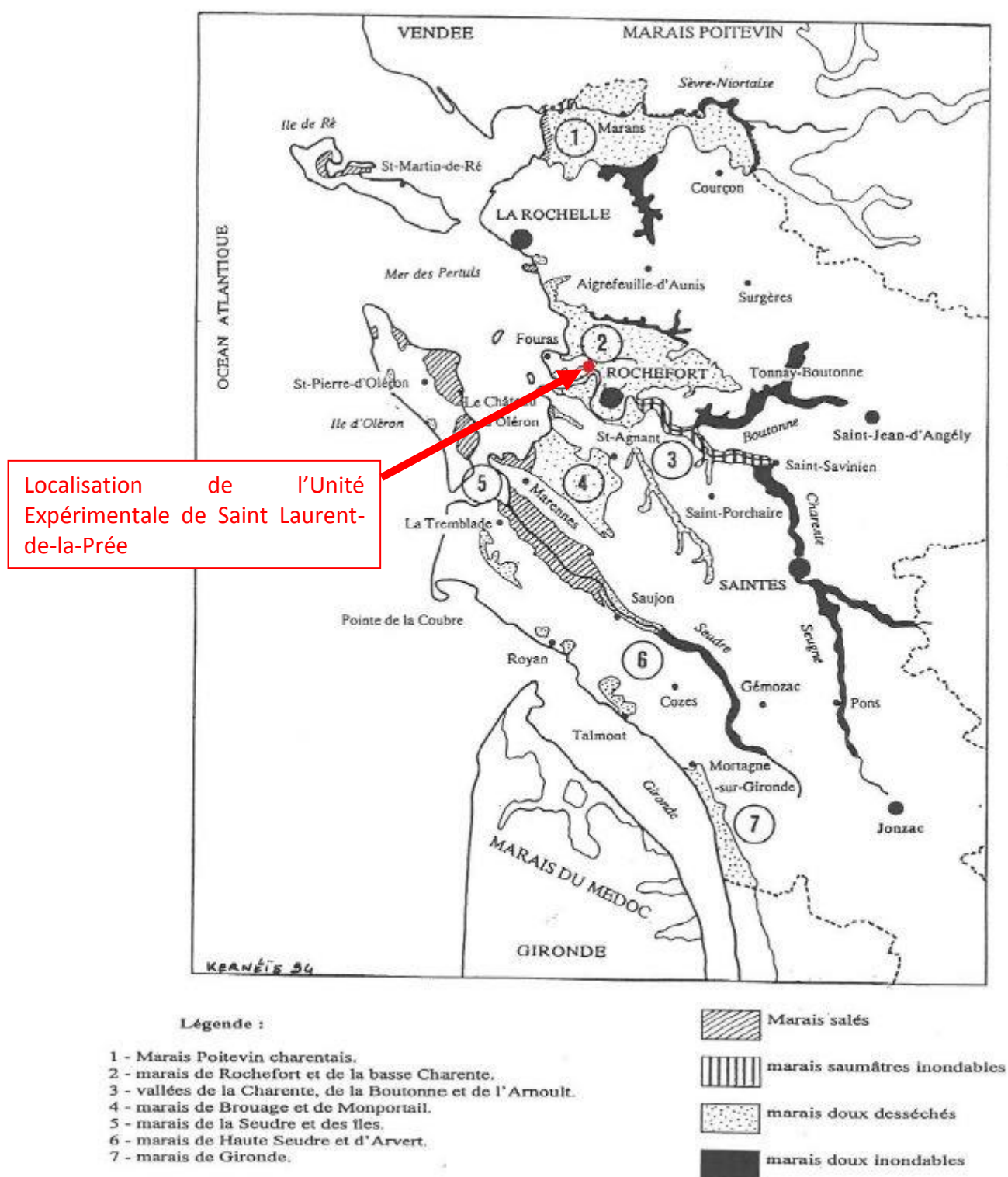
ZSC, FR5400430 - Vallée de la Charente (basse vallée). INPN, SPN-MNHN Paris: <https://inpn.mnhn.fr/docs/natura2000/fsdpdf/FR5400430.pdf>

ZPS, FR5410013 - Anse de Fouras, baie d'Yves, marais de Rochefort. INPN, SPN-MNHN Paris: <https://inpn.mnhn.fr/docs/natura2000/fsdpdf/FR5410013.pdf>

ZSC, FR5400429 - Marais de Rochefort. INPN, SPN-MNHN Paris: <https://inpn.mnhn.fr/docs/natura2000/fsdpdf/FR5400429.pdf>

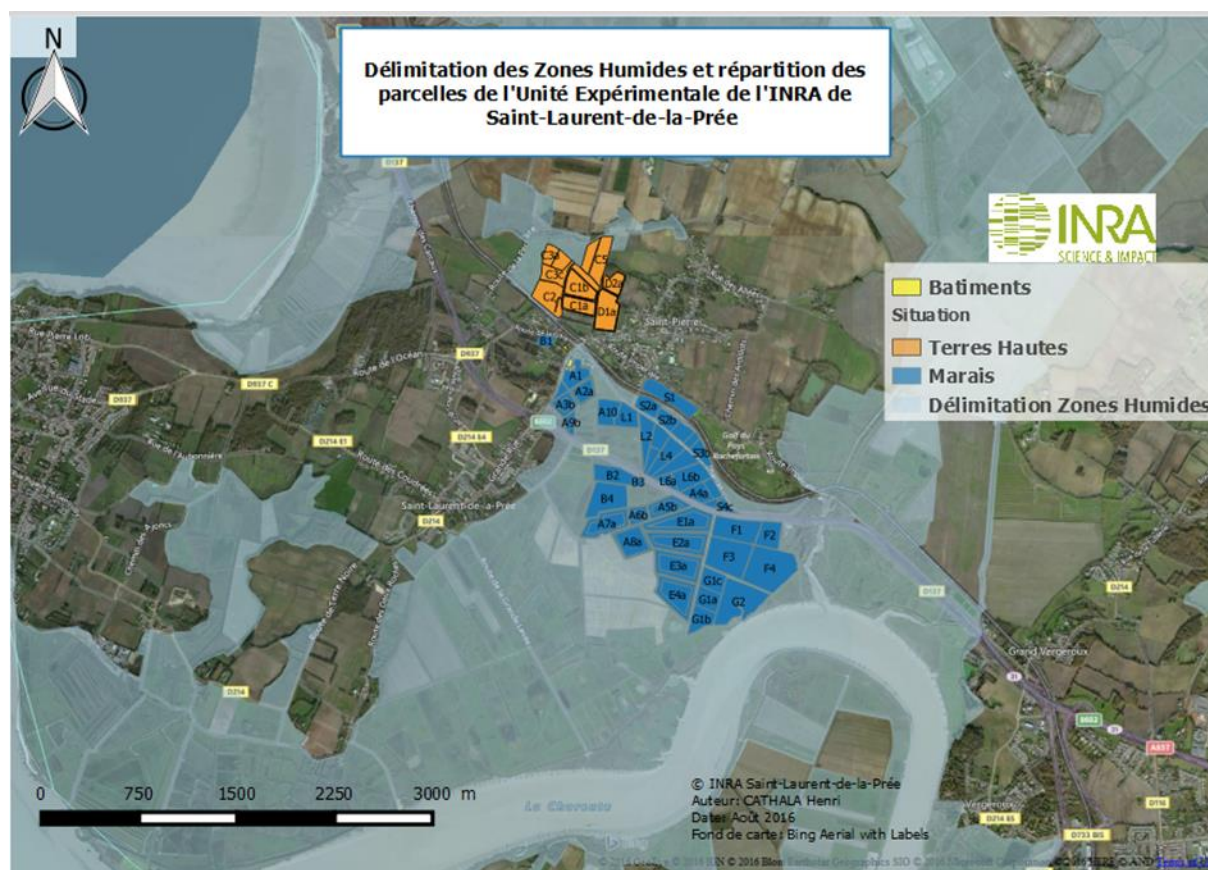
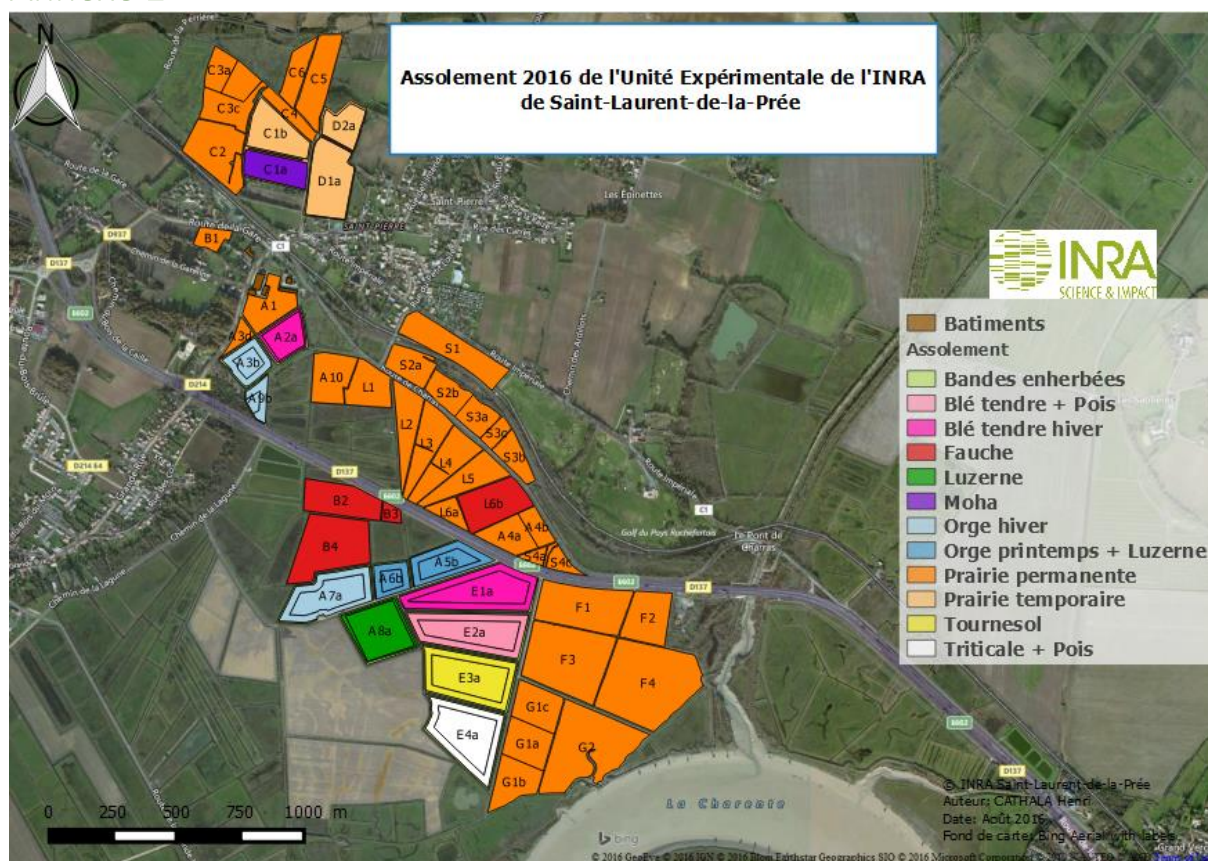
ANNEXES

Annexe 1

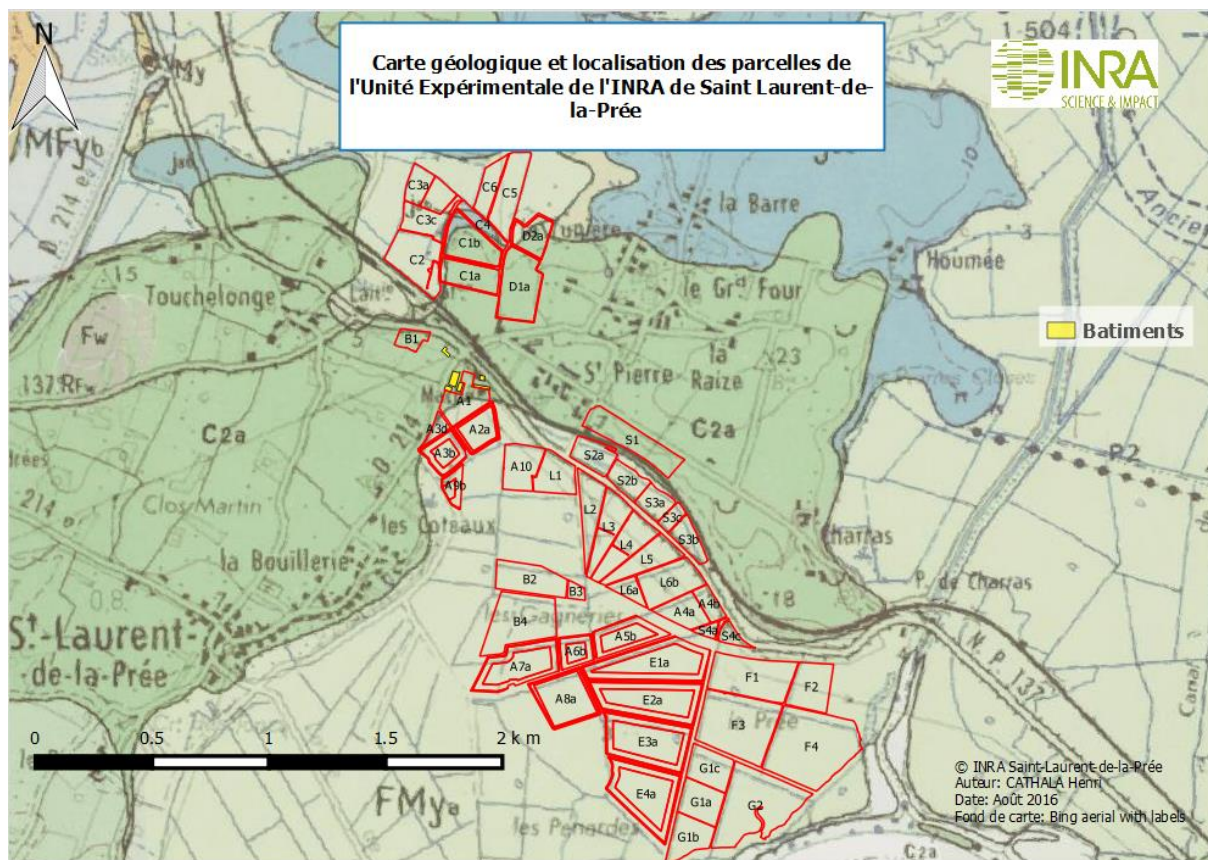


Source : Kernéis E. et Al., 1994

Annexe 2



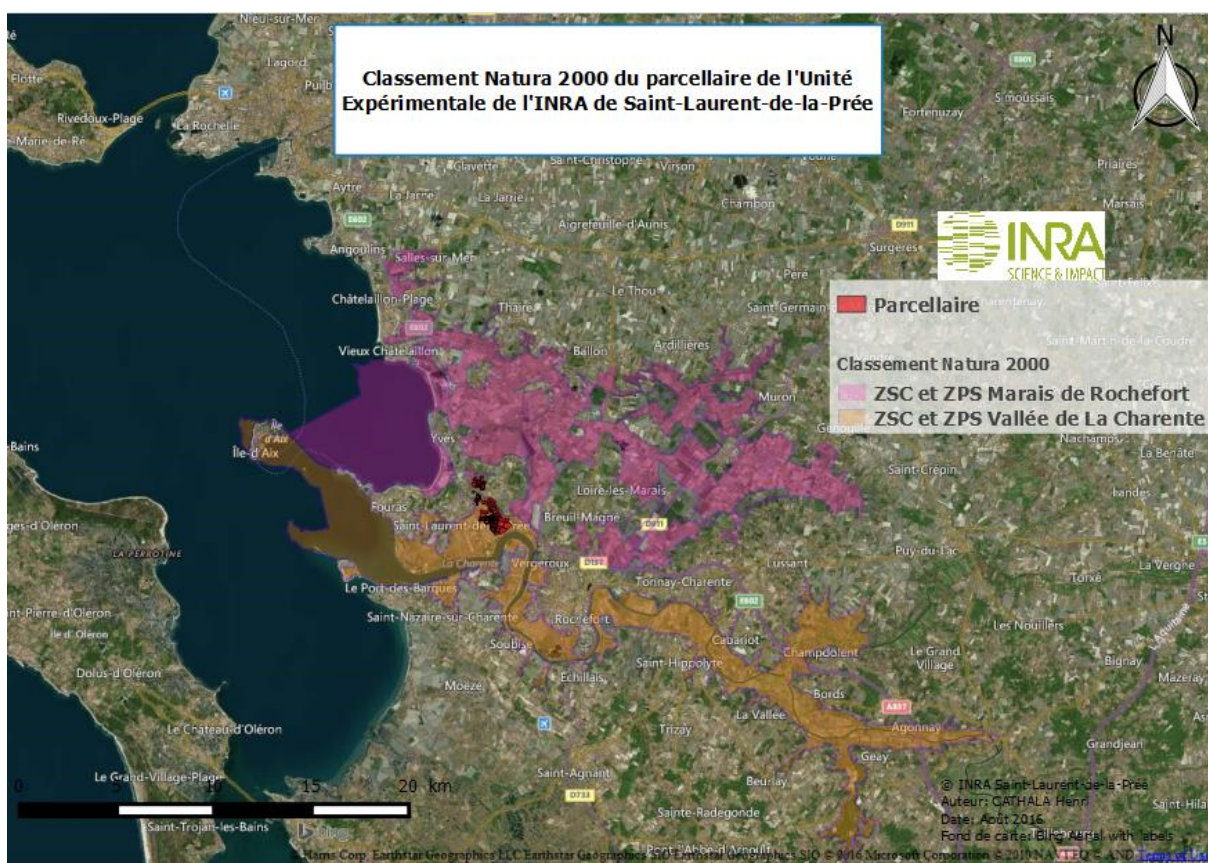
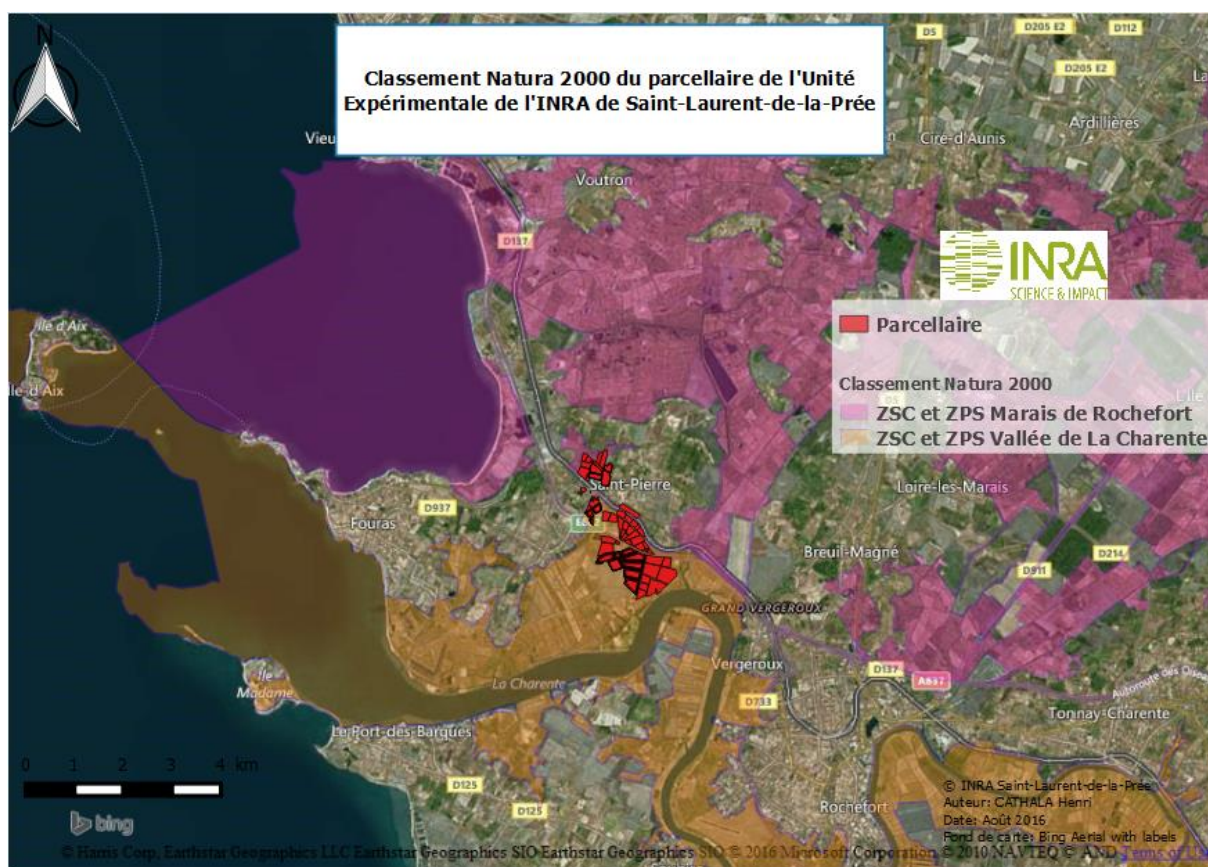
Annexe 3



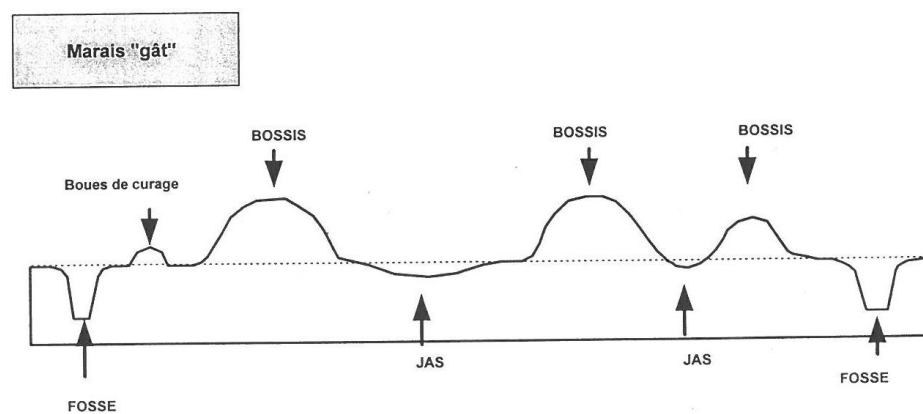
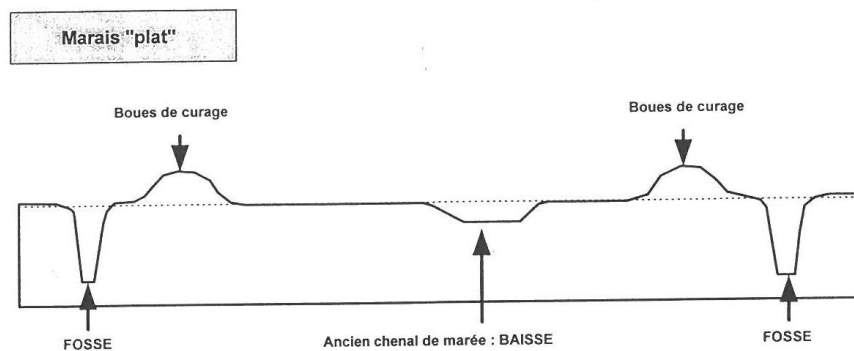
Légende :

- j8b Calcaires argileux et marnes à *Exogyra virgula* (Kimméridgien). Secondaire, Jurassique supérieur
- C2a Sables, grès et argiles (Cénomanién inférieur). Secondaire, Crétacé
- FMya Alluvions flamandaises "Bri bleu" d'origine laguno-marine. Quaternaire, Holocène

Annexe 4



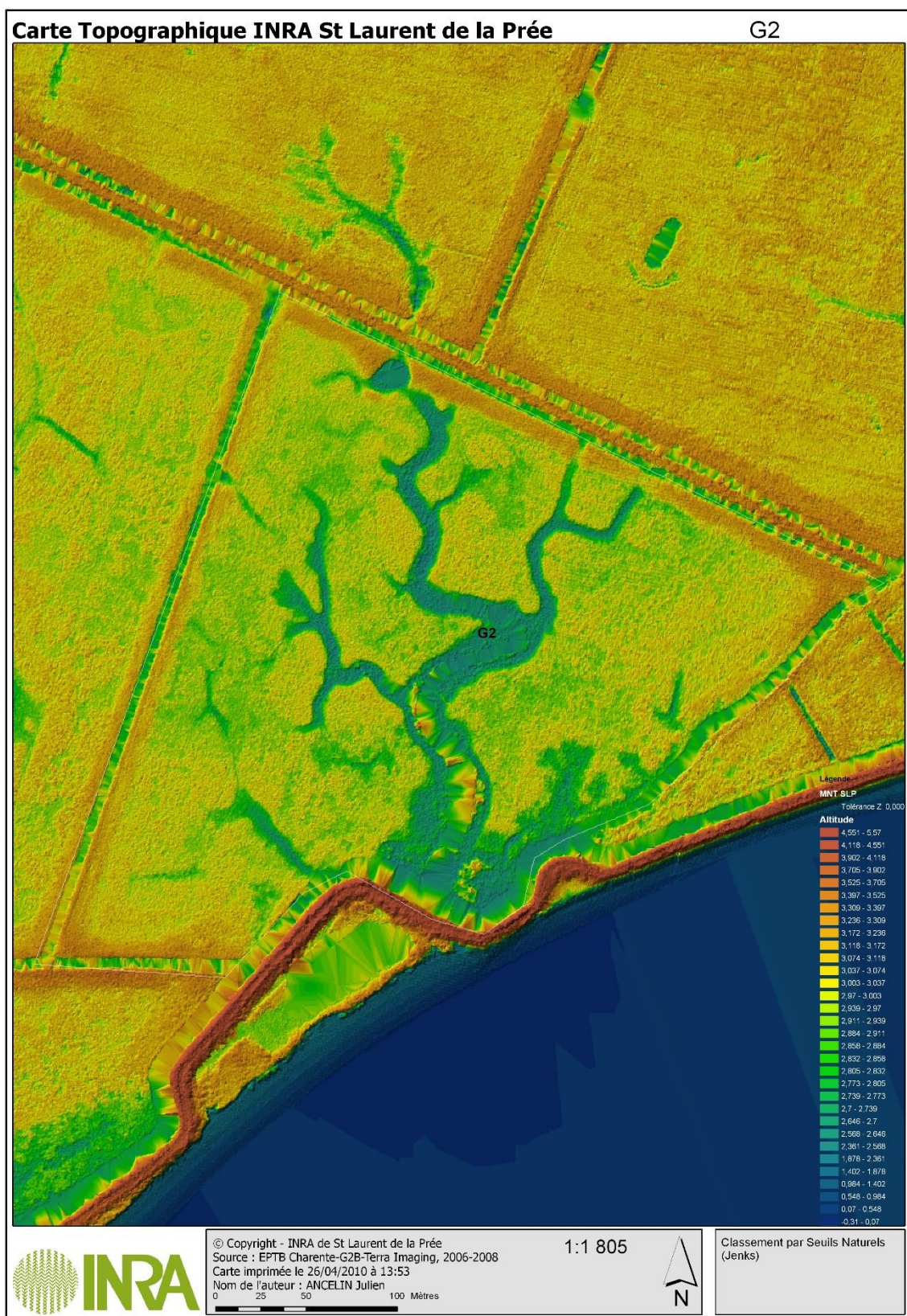
Annexe 5



Profils schématiques illustrant la topographie des parcelles de marais plats et de marais gâts (Kernéis E. et Al., 1994)

Annexe 6

Exemple de la parcelle G2. Source : Ancelin J., 2010



Annexe 7

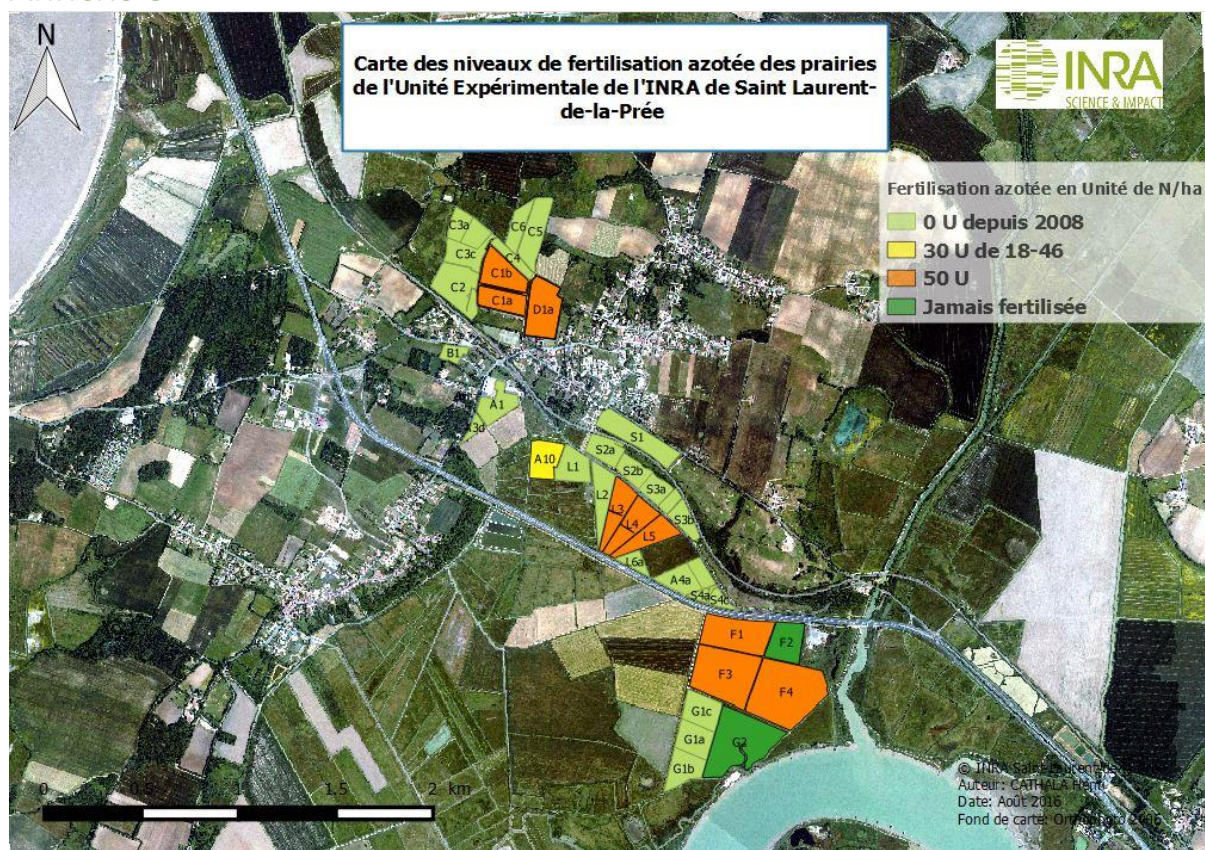
Liste des espèces inventoriées sur les parcelles de prairies permanentes de l'Unité Expérimentale de Saint Laurent-de-la-Prée entre 2009 et 2016. Source : Nicou M., 2015

Nom latin	Nom vernaculaire	Code	Famille
<i>Agrostis capillaris</i>	Agrostide vulgaire	AGT	Poaceae
<i>Agrostis gigantea</i>	Agrostide géante	AGG	
<i>Agrostis stolonifera</i>	Agrostide stolonifère	AGS	
<i>Alopecurus bulbosus</i>	Vulpin bulbeux	ALO	
<i>Alopecurus pratensis</i>	Vulpin des prés	ALP	
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Flouve odorante	ANT	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Fromental	ARH	
<i>Avena fatua</i>	Folle avoine	Aven fatu	
<i>Bromus commutatus</i>	Brome confondu	BRO	
<i>Bromus hordeaceus</i>	Brome mou	BRM	
<i>Bromus sterilis</i>	Brome stérile	Brom ster	
<i>Cynosurus cristatus</i>	Crételle des prés	CYN	
<i>Dactylis glomerata</i>	Dactyle aggloméré	DAC	
<i>Elytrigia repens</i>	Chiendent rampant	AGR	
<i>Festuca arundinacea</i>	Fétuque faux roseau	FEA	
<i>Festuca pratensis</i>	Fétuque des prés	FEP	
<i>Festuca rubra</i>	Fétuque rouge	FER	
<i>Gaudinia fragilis</i>	Gaudinie fragile	GAU	
<i>Glyceria fluitans</i>	Glycérie flottante	GLY	
<i>Holcus lanatus</i>	Houlque laineuse	HOL	
<i>Hordeum marinum</i>	Orge maritime	HMA	
<i>Hordeum murinum</i>	Orge des rats	HMU	
<i>Hordeum secalinum</i>	Orge faux seigle	HSE	
<i>Lolium multiflorum</i>	Ray-grass italien	LOI	
<i>Lolium perenne</i>	Ray-grass anglais	LOL	
<i>Parapholis strigosa</i>	Lepture droit	PAR	
<i>Phalaris arundinacea</i>	Alpiste roseau	PHA	
<i>Phleum pratense</i>	Fléole des prés	PHL	
<i>Phragmites australis</i>	Roseau commun	PHR	
<i>Poa annua</i>	Pâturin annuel	ANN	
<i>Poa pratensis</i>	Pâturin des prés	POP	
<i>Poa trivialis</i>	Pâturin commun	POA	
<i>Polypogon maritimus</i>	Polypogon maritime	PMA	
<i>Puccinellia maritima</i>	Glycérie maritime	PUC	
<i>Trisetum flavescens</i>	Avoine dorée	TFL	
<i>Vulpia bromoides</i>	Vulpie faux-brome	VUL	
<i>Lathyrus latifolius</i>	Gesse à larges feuilles	LAT	Fabaceae
<i>Lathyrus nissolia</i>	Gesse de Nissole	LAH	

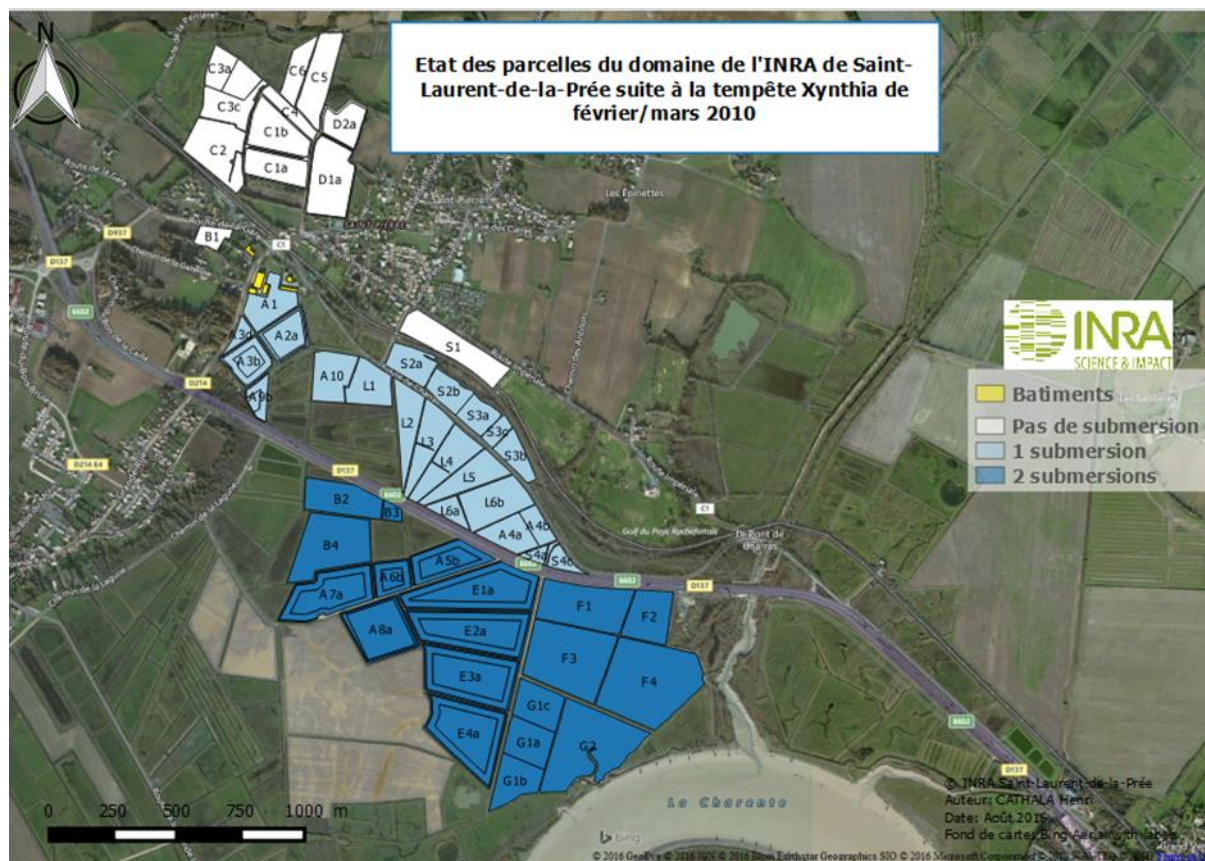
<i>Lotus corniculatus</i>	Lotier commun	LOT	
<i>Medicago arabica</i>	Luzerne tachée	MAR	
<i>Medicago polymorpha</i>	Luzerne hérissée	MED	
<i>Trifolium fragiferum</i>	Trèfle porte-fraise	TFR	
<i>Trifolium hybridum</i>	Trèfle élégant	TEL	
<i>Trifolium maritimum</i>	Trèfle maritime	TMA	
<i>Trifolium michelianum</i>	Trèfle de Micheli	TMI	
<i>Trifolium ornithopodioides</i>	Trèfle faux pied-d'oiseau	TRI	
<i>Trifolium pratense</i>	Trèfle commun	TPR	
<i>Trifolium repens</i>	Trèfle blanc	TRE	
<i>Trifolium resupinatum</i>	Trèfle de perse	RES	
Trifolium sp	Trèfle sp.	TREf	
<i>Vicia sativa</i>	Vesce commune	VIC	Asteraceae
<i>Arctium lappa</i>	Bardane officinale	Arct sp.	
<i>Bellis perennis</i>	Pâquerette vivace	BEL	
<i>Cirsium palustre</i>	Cirse des marais (chardon)	CHA	
<i>Picris echioides</i>	Picride épervière	PIC	
<i>Sonchus arvensis</i>	Laiteron des champs	SOA	
Sonchus sp.	Laiteron sp.	SONs	
<i>Taraxacum campylodes</i>	Dent de lion	TAR	
<i>Thrincia hirta</i>	Liondent des rochers	THR	
<i>Ranunculus acris</i>	Renoncule âcre	RAA	Ranunculaceae
<i>Ranunculus bulbosus</i>	Renoncule bulbeuse	RAB	
<i>Ranunculus ophioglossifolius</i>	Renoncule à feuilles d'ophioglosse	RAO	
<i>Ranunculus repens</i>	Renoncule rampante	RAR	
<i>Ranunculus sardous</i>	Renoncule sarde	RAS	
<i>Ranunculus sceleratus</i>	Renoncule à feuilles de cèleri	RAC	
Ranunculus sp	Renoncule sp.	REN	
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	Scirpe maritime	SCM	Cyperaceae
<i>Carex cuprina</i>	Laîche cuivrée	COT	
<i>Carex divisa</i>	Laîche divisée	CDI	
<i>Eleocharis palustris</i>	Scirpe des marais	ELP	
<i>Eleocharis uniglumis</i>	Scirpe à une écaille	ELU	
<i>Juncus articulatus</i>	Jonc articulé	JAR	Juncaceae
<i>Juncus gerardi</i>	Jonc de Gérard	JGE	
<i>Juncus inflexus</i>	Jonc glauque	JGL	
<i>Luzula campestris</i>	Luzule des champs	Luzu camp	
<i>Luzula pilosa</i>	Luzule de printemps	Luzu pilo	
<i>Atriplex prostrata</i>	Arroche couchée	ATR	Amaranthaceae
<i>Beta maritima</i>	Betterave maritime	BET	
Salicornia sp.	Salicorne sp.	SAL	
<i>Salsola soda</i>	Soude commune	SOU	
<i>Plantago lanceolata</i>	Plantain lancéolé	LAN	Plantaginaceae

<i>Plantago coronopus</i>	Plantain corne-de-cerf	PLA	
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	Véronique mouron d'eau	VER	
<i>Potentilla anserina</i>	Potentille des oies	POT	Rosaceae
<i>Potentilla reptans</i>	Potentille rampante	REP	
<i>Rubus fruticosus</i>	Ronce commune	RUB	
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Capselle bourse-à-pasteur	Cps burs	Brassicaceae
<i>Coronopus squamatus</i>	Corne-de-cerf commune	COS	
<i>Iris pseudacorus</i>	Iris des marais	IRS	Iridaceae
<i>Iris spuria ssp maritima</i>	Iris maritime	SPU	
<i>Cerastium sp.</i>	Céraiste sp.	CER	Caryophyllaceae
<i>Spergularia marina</i>	Spargulaire du sel	SSA	
<i>Convolvulus sp</i>	Liseron sp.	CON	Convolvulaceae
<i>Convolvulus arvensis</i>	Liseron des champs	LIS	
<i>Polygonum aviculare</i>	Renouée des oiseaux	POL	Polygonaceae
<i>Rumex sp.</i>	Oseille sp.	RUM	
<i>Allium vineale</i>	Ail des vignes	ALL	Amaryllidaceae
<i>Oenanthe fistulosa</i>	Oenanthe fistuleuse	OEF	Apiaceae
<i>Arum italicum</i>	Arum d'Italie	Arum sp.	Araceae
<i>Myosotis discolor</i>	Myosotis bicolore	MYD	Boraginaceae
<i>Geranium dissectum</i>	Géranium découpé	GER	Geraniaceae
<i>Althaea officinalis</i>	Guimauve officinale	ALT	Malvaceae
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	Orchis pyramidal	ANA	Orchidaceae
<i>Orchis laxiflora ssp palustris</i>	Orchis des marais	ORL	
<i>Anagallis arvensis</i>	Mouron des champs	ANV	Primulaceae
<i>Typha latifolia</i>	Massette à larges feuilles	Typh lati	Typhaceae
<i>Epilobium sp.</i>	Epilobe sp.	EPI	Onagraceae
<i>Lamiaceae sp.</i>	Lamiacées sp.	Lam	Lamiaceae

Annexe 8



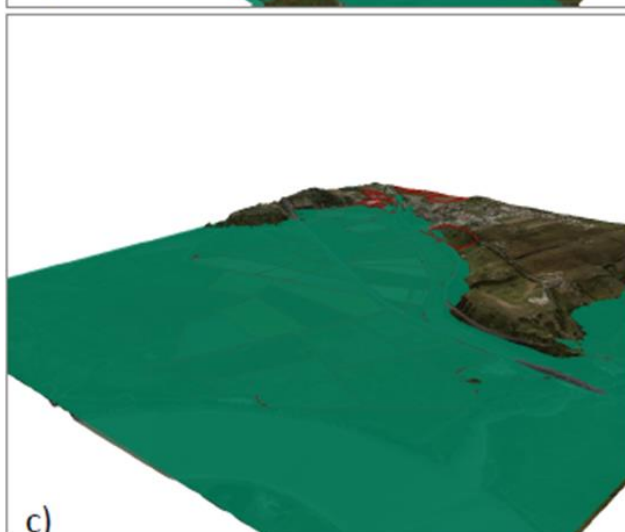
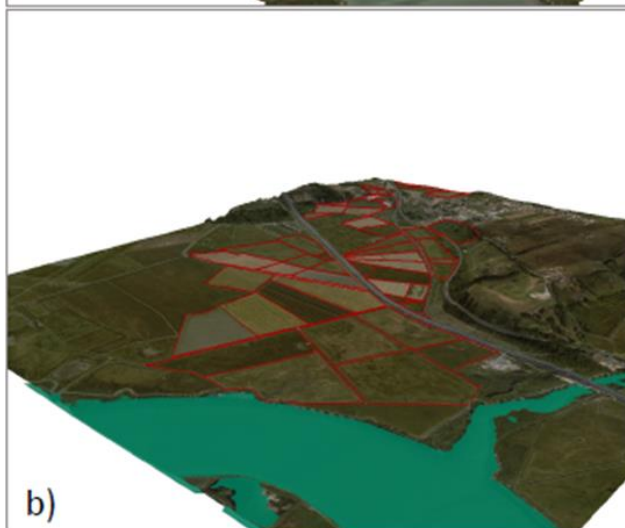
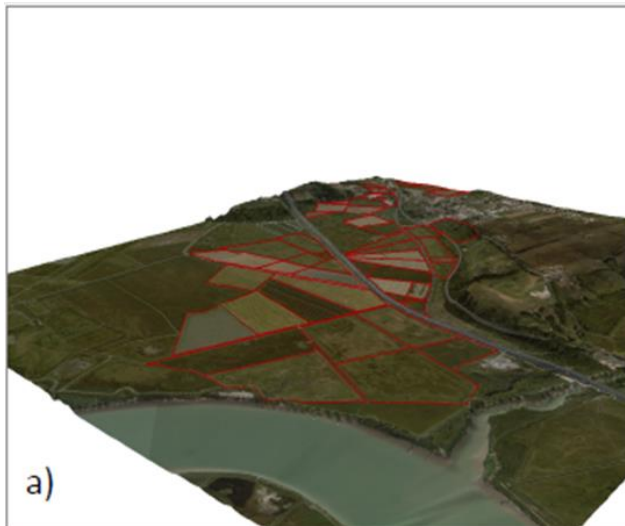
Annexe 9



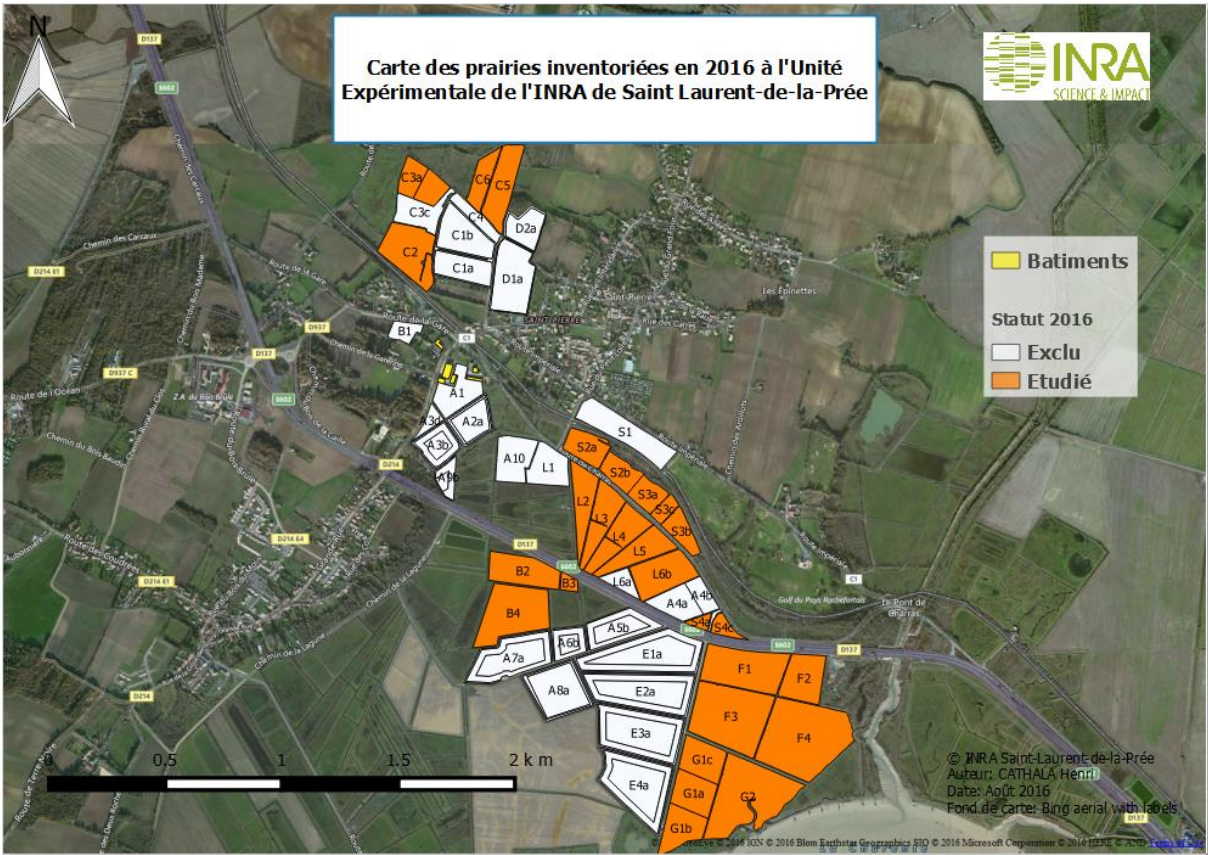
Annexe 10

Cartes 3D de la modélisation de l'inondation des parcelles du domaine de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée causé par la tempête Xynthia (réalisé sous ArcGis par Julien Ancelin)

a) niveau d'eau de la Charente en temps normal b) niveau d'eau atteint par la Charente lors de la tempête Xynthia c) niveau d'eau atteint après débordement et submersion



Annexe 11

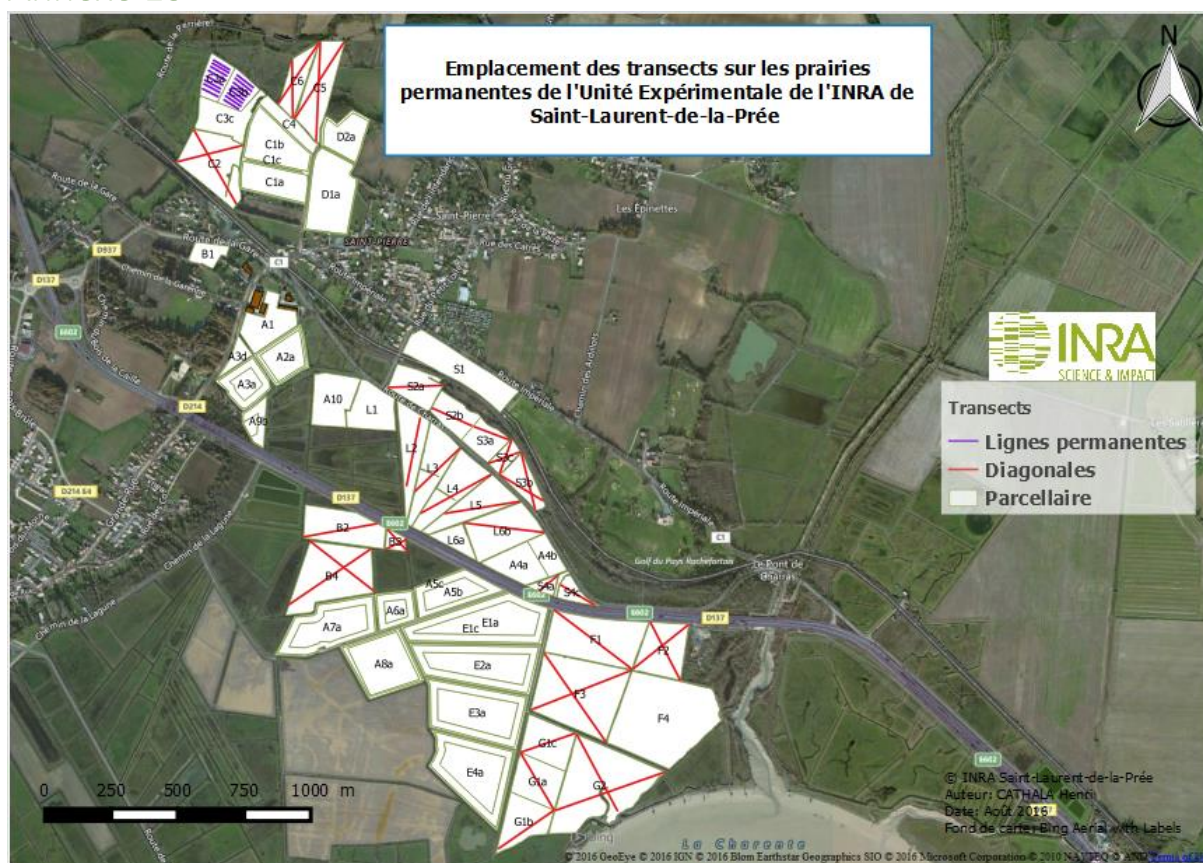


Annexe 12

Tableau récapitulatif des années d'inventaire par parcelle

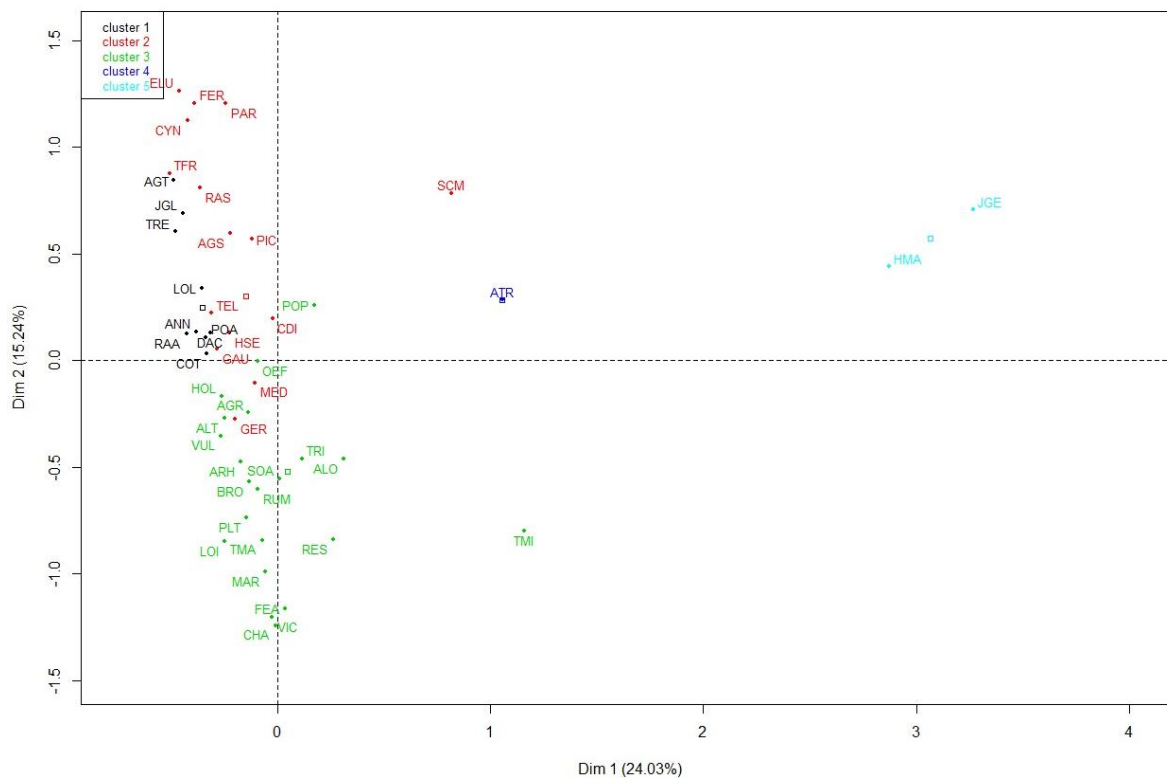
	B2	B3	B4	B5	B6	C1b	C2	C3a	C3b	C3c	C5	C6	D2	F1	F2	F3	F4	G1a	G1b	G1c	G2	L1	L2	L3	L4	L5	L6a	L6b	S1	S2a	S2b	S3a	S3b	S3c	S4a	S4b	S4c
2009	X	X	X			X	X						X		X					X				X	X		X	X									
2010	X	X	X	X	X		X				X	X		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X
2011	X	X	X	X	X		X				X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X		X	X	X	X
2012	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X		X	X	X		X	X	X	X			X	X	X		X		X	X	X		X	X	X	X
2013																																					
2014	X	X	X				X				X	X		X		X		X		X						X				X	X						
2015	X	X	X				X	X	X		X	X		X	X	X		X	X	X	X			X	X	X		X		X	X			X	X	X	X
2016	X	X	X				X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X		X		X	X			X	X	X	X

Annexe 13

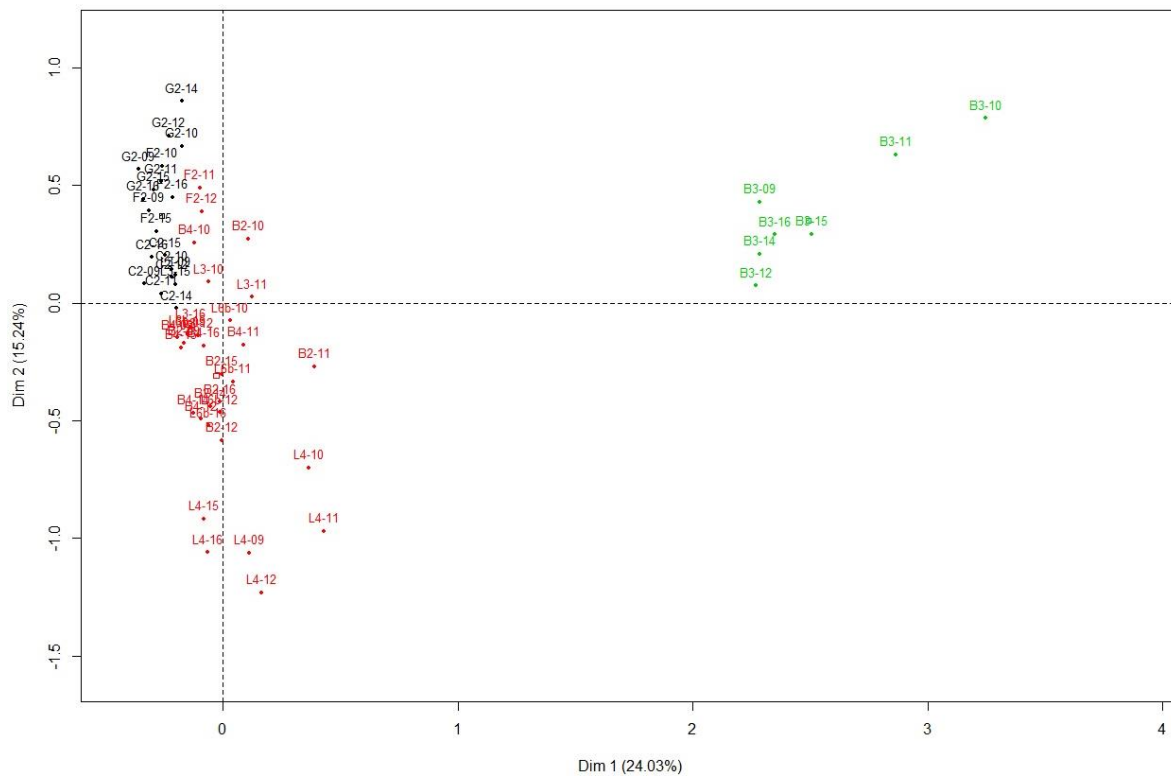


Annexe 14

AFC avec la parcelle B3. Projection des espèces sur le plan factoriel :

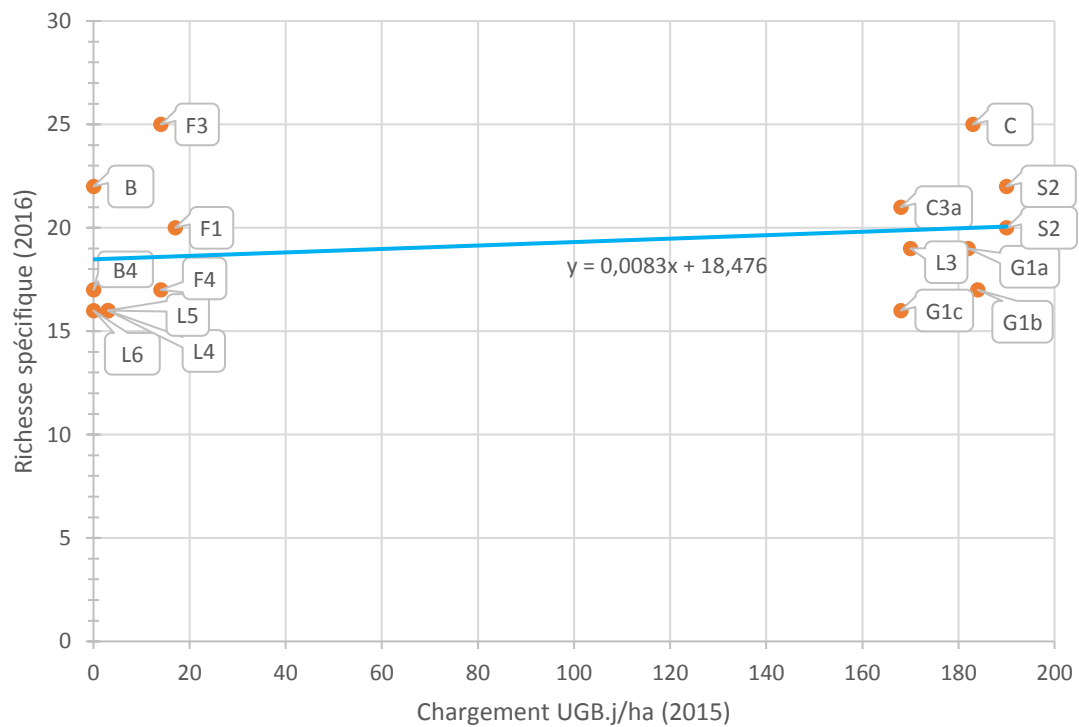


Projection des parcelles sur le plan factoriel :



Annexe 15

Richesse spécifique en fonction du Taux de chargement



Annexe 16

Courbe en cloche théorique de l'intensité de pâturage en fonction de la richesse spécifique (INRA, Expertise scientifique collective, 2012)

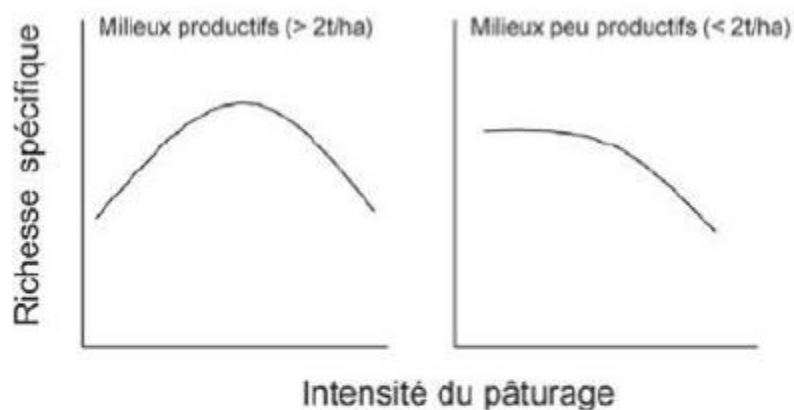


Schéma synthétisant les résultats d'une compilation bibliographique portant sur 39 études analysant les effets de l'intensité du pâturage sur la richesse spécifique végétale dans des prairies productives et peu productives ; adapté de Cingolani et al. (2005).

NB : Les parcelles du domaine de l'INRA sont considérées comme productives car il est extrait en moyenne 4,5 T/ha de foin par an.

Annexe 17

Indice de Jaccard 2016.

>150 UGB.j.ha⁻¹

50-150 UGB.j.ha⁻¹

< 50 UGB.j.ha⁻¹

	B2	B3	B4	C2	C3a	C3b	C5	C6	F1	F2	F3	F4	G1a	G1b	G1c	G2	L2	L3	L4	L5	L6b	S2a	S2b	S3b	S4a	S4c
B2																										
B3	0,26086957																									
B4	0,63636364	0,38888889																								
C2	0,46428571	0,2	0,48																							
C3a	0,39285714	0,2173913	0,45833333	0,53846154																						
C3b	0,37931034	0,20833333	0,44	0,46428571	0,77272727																					
C5	0,38709677	0,18518519	0,44444444	0,57142857	0,44827586	0,43333333																				
C6	0,51724138	0,17857143	0,37931034	0,5	0,59259259	0,57142857	0,56666667																			
F1	0,65217391	0,22727273	0,61904762	0,5	0,42307692	0,40740741	0,51851852	0,5																		
F2	0,53571429	0,28	0,625	0,51724138	0,4	0,38709677	0,4375	0,38235294	0,51851852																	
F3	0,59259259	0,18518519	0,5	0,51724138	0,5	0,48275862	0,48387097	0,51612903	0,64	0,48387097																
F4	0,54166667	0,23809524	0,57142857	0,46153846	0,5	0,48	0,48148148	0,46428571	0,66666667	0,42857143	0,73913043															
G1a	0,33333333	0,31578947	0,52380952	0,54166667	0,4	0,38461538	0,5	0,33333333	0,36	0,44444444	0,34482759	0,375														
G1b	0,4	0,33333333	0,63157895	0,56521739	0,41666667	0,45833333	0,52	0,34482759	0,43478261	0,52	0,40740741	0,45454545	0,82352941													
G1c	0,34615385	0,33333333	0,47619048	0,5	0,36	0,34615385	0,46153846	0,34482759	0,43478261	0,46153846	0,35714286	0,45454545	0,72222222	0,66666667	0,56521739											
G2	0,46428571	0,25	0,54166667	0,5	0,37931034	0,36666667	0,46666667	0,40625	0,44444444	0,62962963	0,46666667	0,35714286	0,54166667	0,56521739	0,44											
L2	0,47826087	0,27777778	0,5	0,4	0,375	0,36	0,42307692	0,40740741	0,45454545	0,32142857	0,37037037	0,47619048	0,36363636	0,45	0,38095238	0,2962963										
L3	0,60869565	0,3	0,65	0,58333333	0,44	0,48	0,53846154	0,51851852	0,75	0,53846154	0,53846154	0,61904762	0,5	0,52380952	0,45454545	0,52	0,55									
L4	0,59090909	0,26315789	0,55	0,56521739	0,41666667	0,4	0,52	0,44444444	0,65	0,46153846	0,52	0,52380952	0,40909091	0,42857143	0,42857143	0,5	0,45	0,68421053								
L5	0,45833333	0,26315789	0,55	0,56521739	0,54545455	0,4	0,46153846	0,44444444	0,57142857	0,40740741	0,46153846	0,6	0,63157895	0,57894737	0,5	0,44	0,45	0,6	0,5							
L6b	0,54545455	0,21052632	0,57894737	0,52173913	0,43478261	0,41666667	0,48	0,46153846	0,77777778	0,42307692	0,54166667	0,63157895	0,36363636	0,45	0,38095238	0,4	0,55555556	0,72222222	0,61111111	0,61111111						
S2a	0,44444444	0,27272727	0,59090909	0,53846154	0,40740741	0,39285714	0,5	0,38709677	0,42307692	0,55555556	0,4	0,44	0,52173913	0,61904762	0,41666667	0,53846154	0,375	0,5	0,36	0,54545455	0,43478261					
S2b	0,48	0,3	0,57142857	0,46153846	0,5	0,37037037	0,42857143	0,4137931	0,45833333	0,42857143	0,37931034	0,47826087	0,5	0,52380952	0,45454545	0,40740741	0,40909091	0,47826087	0,39130435	0,68421053	0,47619048	0,63636364				
S3b	0,48148148	0,31818182	0,71428571	0,51851852	0,44444444	0,37931034	0,48275862	0,375	0,46153846	0,59259259	0,38709677	0,42307692	0,63636364	0,66666667	0,52173913	0,57692308	0,36	0,54166667	0,4	0,59090909	0,41666667	0,625	0,60869565			
S4a	0,2962963	0,14285714	0,29166667	0,28571429	0,41666667	0,34615385	0,26666667	0,34482759	0,32	0,26666667	0,31034483	0,28	0,19230769	0,25	0,2	0,24137931	0,26086957	0,33333333	0,25	0,30434783	0,31818182	0,25925926	0,33333333	0,25		
S4c	0,51851852	0,2	0,37037037	0,4	0,33333333	0,32258065	0,33333333	0,40625	0,39285714	0,375	0,375	0,35714286	0,27586207	0,33333333	0,28571429	0,35483871	0,4	0,52	0,33333333	0,33333333	0,34615385	0,37931034	0,35714286	0,36666667	0,38461538	

Résumé

Dans un mode de vie durable, l'agriculture du futur se doit autant d'être une source d'alimentation que créatrice de biodiversité. Ce sont ces objectifs qui sont étudiés au sein de l'Unité Expérimentale de l'INRA de Saint Laurent-de-la-Prée. Dans ce cadre et parmi d'autres protocoles, le suivi de la flore des prairies permanentes est effectué sur les parcelles de l'UE depuis 2009. Cette date de début présente une source d'informations cruciales lorsque la tempête Xynthia vient s'abattre sur les côtes de Charente Maritime le 28 février 2010. Un suivi de la flore des prairies permanentes sur plusieurs années permet d'évaluer leur capacité de résilience suite à cet événement climatique extrême. Toutes les parcelles de l'étude n'ont pas été impactées avec la même intensité par la tempête, certaines ont subi deux submersions, d'autres une seule et une parcelle n'a pas été touchée. Ceci permet de faire d'intéressantes comparaisons.

Les données récoltées en 2016 viennent étayer les observations faites les années précédentes, plus les années passent et plus les parcelles se rapprochent de leur état pré-Xynthia. Le nombre de submersions joue un rôle essentiel dans la rapidité de cette résilience, tout comme les facteurs écologiques propres à chaque parcelle.

Des phénomènes comme Xynthia ne sont, pour l'instant, pas courants sous nos latitudes mais leur étude apporte des informations qui pourraient s'avérer importantes dans un futur où le climat paraît incertain.

Toujours avec pour objectifs de répondre à un contexte actuel et de préparer un futur proche, l'étude des conséquences des pratiques agricoles sur les prairies permanentes de l'UE fait partie des priorités. Ainsi, un lien tente d'être établi entre biodiversité floristique et pression de pâturage par des bovins. Cependant, les taux de chargements pratiqués sur l'UE ne semblent pas assez intensifs pour mettre en avant un impact négatif sur la flore. L'effet "milieu" est dominant et conditionne la composition et la richesse taxonomiques des parcelles.

Un lien est noté et vient confirmer d'autres études sur l'impact de la fertilisation pour la richesse spécifique des parcelles. Plus l'utilisation d'intrants est faible voire nulle, plus la biodiversité est favorisée.

Mots clés : flore ; suivi ; prairies permanentes ; marais desséchés ; tempête ; résilience ; pratiques agricoles ; conséquences