

Mémoire de fin d'études, Master 2 Agroproduction et Environnement
Spécialité « Ecosystèmes Agrosystèmes et Développement Durable »

Etude de l'efficacité des mesures agro-environnementales territorialisées en Moyenne Vallée de l'Oise



Anne-Charlotte TURPIN

Maître de stage : Aurélien JAMONEAU

Année 2011-2012
1^{er} février 2012 – 31 août 2012

Résumé

Depuis 2007 et l'apparition de nouvelles mesures agro-environnementales territorialisées (MAEt), les agriculteurs ont accès à des mesures incitant à la mise en œuvre de pratiques permettant de préserver les paysages ruraux, ainsi que la faune et la flore inféodées à ces milieux. Dans un contexte actuel d'évaluation des politiques publiques environnementales, l'objectif de cette étude est de mesurer l'impact des MAEt sur le site Natura 2000 de la Moyenne Vallée de l'Oise. L'influence des MAEt a été mesurée sur la diversité floristique des prairies humides et sur les populations du *Lycaena dispar*.

Nous avons inventorié 56 parcelles (avec 1400 quadrats de 1m²) : parcelles avec des mesures Cuivré 1 (CU1 : limitation de la fertilisation), Cuivré 2 (CU2 : absence de fertilisation), et des parcelles témoins sur lesquelles aucune MAEt n'était contractualisée. Les parcelles MAE ont toutes été contractualisées en 2007.

Les résultats montrent que la diversité végétale (richesse spécifique, indices de Shannon et Simpson et l'indice d'équitabilité de Pielou) est identique entre les parcelles MAEt et les témoins. Néanmoins, la diversité végétale est significativement supérieure dans les parcelles avec des mesures CU2 par rapport à celles avec des mesures CU1. L'itinéraire technique (parcelle fauchée, pâturée ou fauchée puis pâturée) n'a pas d'effet significatif sur la diversité végétale mais explique davantage la composition floristique. Cependant, l'interaction entre les pratiques et les mesures est significativement plus élevée dans les parcelles CU2 fauchées que dans les autres interactions. Concernant le Cuivré des marais et en raison des conditions climatiques particulièrement défavorables cette année, aucune ponte n'a été relevée.

Pour conclure, ces résultats soulignent l'importance de l'absence totale de fertilisation et de l'itinéraire technique sur la diversité floristique et sur la composition floristique. Ils permettent de juger l'efficacité des mesures mise en place et apportent de nouvelles recommandations pour améliorer la gestion de la biodiversité.

Mots clés : Mesure agro-environnementale, évaluation des politiques, Natura 2000, diversité floristique, pratiques agricoles, *Lycaena dispar*.

Summary

Since 2007, new agri-environmental schemes (AES) appeared to motivate farmers to implement practices preserving the rural landscape as well as the flora and fauna bound to these environments.

In the current context the public environmental policies assessment, the objective of this study was to measure the impact of AES on the "Moyenne Vallée de l'Oise" Natura 2000 site. The influence of AES was tested with floristic diversity of wet meadows and with populations of *Lycaena dispar*.

We surveyed 56 plots (with 1400 quadrats of 1m²): plots with "Cuivré 1" measures (CU1: limitation of fertilization), "Cuivré 2" measures (CU2: no fertilization), and plots where no AES agreements were applied. Every AES plots were contracted in 2007. The results show that plant diversity (species richness, Shannon, Simpson indices and equitability index of Pielou) is similar between AES and control plots. However, plant diversity is significantly higher in plots with CU2 measures compared to those with CU1 measures. The cultural practices (mowed, grazed or mown and then grazed) do not significantly influence plant diversity, but further explain the floristic composition. However, the interaction between practices and measures is significantly higher in plots mowed CU2 in other interactions. Concerning *Lycaena dispar* and because of particularly unfavourable weather conditions this year, no eggs have been seen.

To conclude, these results highlight the importance of the absence of fertilization and crop management on floristic diversity and floristic composition. They allow to judge the efficiency of AES measures and provide new recommendations for improving management of biodiversity.

Key words : Agri-environmental scheme, policies evaluation, Natura 2000, floristic diversity, cultural practices, *Lycaena dispar*.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Frédéric Bince pour m'avoir accueilli en stage au sein de l'Unité Politique Nature Sites et Paysages et Aurélien Jamoneau pour m'avoir encadré, conseillé et pour le temps qu'il a pu me consacrer tout au long de mon stage.

Mes remerciements vont également à Mathieu Willmes et Réjane Le Bris, chargés de mission Natura 2000 à la DREAL, qui ont su me guider et me conseiller au mieux dans ce projet.

Un grand merci aux exploitants agricoles pour m'avoir permis de réaliser les inventaires sur leurs parcelles et pour les données qu'ils ont mis à ma disposition.

Merci à toutes les personnes que j'ai eu l'occasion de côtoyer durant ce stage et particulièrement à Guillaume Decocq et Olivier Chabrierie sans qui la détermination de certaines plantes auraient été insurmontable.

Merci à tout le personnel du Service Nature Eau et Paysages pour leur accueil fort sympathique et pour l'aide qu'ils ont pu m'apporter au cours de mon stage.

Enfin, je tiens à remercier Romain Leconte en stage de trois mois pour son aide lors des relevés botaniques.

Ce stage fut d'autant plus agréable que d'excellentes relations de travail furent instaurées.

Sommaire

| | |
|---|----|
| Remerciements..... | |
| Sommaire | |
| Introduction..... | 1 |
| I La structure d'accueil | 3 |
| 1-1 Présentation générale..... | 3 |
| 1-2 La DREAL Picardie..... | 3 |
| II Evaluation des mesures agro-environnementales sur le territoire de la Moyenne Vallée de l'Oise..... | 5 |
| 2-1 Relation entre agriculture et biodiversité..... | 5 |
| 2-2 La biodiversité en Moyenne Vallée de l'Oise | 9 |
| 2-3 Politique de conservation de la biodiversité | 12 |
| 2-4 Quelle est l'efficacité des mesures agro-environnementales ?..... | 20 |
| 2-5 Objectifs de l'étude | 23 |
| III Matériel et méthodes..... | 24 |
| 3-1 Le territoire de la Moyenne Vallée de l'Oise | 24 |
| 3-2 Présentation des parcelles | 25 |
| 3-3 Récolte des données..... | 26 |
| 3-4 Analyses des données | 29 |
| IV Résultats..... | 33 |
| 4-1 Influence des pratiques agricoles et des variables locales et paysagères sur la diversité taxonomique et fonctionnelle..... | 33 |
| 4-2 Courbe rang fréquence..... | 39 |
| 4-3 Analyse de la composition floristique | 41 |
| 4-4 Analyse des populations du Cuivré des marais | 44 |
| Discussion | 45 |
| Bilan personnel | 49 |
| Conclusion | 51 |
| Bibliographie..... | 53 |
| Table des matières..... | 61 |
| Table des illustrations | 63 |
| Glossaire..... | 68 |
| Annexes..... | 70 |

Introduction

Dominante en Europe mais également en Picardie, l'agriculture conventionnelle est issue de la modernisation de l'agriculture depuis les années 1945. C'est un système de production agricole caractérisé par la recherche de l'accroissement des rendements basée sur l'intensification des facteurs de productions (semences, matériels, intrants...) (Murua et Laajimi, 1995). Elle fragilise et met en péril l'environnement et plus particulièrement la biodiversité, notamment par un usage important des produits phytosanitaires et des fertilisants.

Depuis plusieurs années, le contexte sociétal a changé faisant apparaître de nouveaux enjeux. En Europe et en France en particulier, la pression environnementale exercée sur les exploitants ne cesse de grandir, et s'est traduit, ces dernières années, par une intensification de la réglementation. Ces évolutions réglementaires ont entraîné des modifications dans la gestion des interventions agricoles et du parcellaire, réduisant en partie la quantité de produits phytosanitaires utilisée afin de préserver la biodiversité. En effet, les mesures nationales issues du Grenelle de l'environnement (Plan Ecophyto 2018, certification Haute Valeur Environnementale (HVE), Trame Verte et Bleue (TVB)...) et les décisions européennes avec le « verdissement » de la PAC, vont obliger les agriculteurs à diminuer l'utilisation de produits phytosanitaires et à (ré)-introduire des éléments topographiques « naturels » sur leurs exploitations (Europa, 2011). En France depuis 1995, des politiques publiques destinées aux cultures et aux prairies, incitent les agriculteurs à mettre en œuvre des pratiques culturales favorables à l'environnement (réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires et de la fertilisation) : Opérations Locales Agro-Environnementales (OLAE) auxquelles ont succédé les Contrats Territoriaux d'Exploitation (CTE), puis les Contrats d'Agriculture Durable (CAD) et enfin les Mesures Agro-Environnementales (MAE).

C'est dans ce contexte, avec l'apparition en 2007 des nouvelles mesures agro-environnementales territorialisées (MAEt) du Plan de Développement Rural Hexagonal (PDRH), que les agriculteurs peuvent avoir accès, sur certains territoires, à des mesures incitant, par exemple, à la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires et de la fertilisation, à la plantation et à l'entretien de haies. Ces instruments de politique publique contractuels sont ainsi instaurés dans des territoires délimités tels que les sites Natura 2000, et ciblent des enjeux environnementaux locaux (eau et biodiversité).

Sur les sites Natura 2000 de la moyenne vallée de l'Oise, territoire situé entre les départements de l'Aisne et de l'Oise, plusieurs mesures ont été créées afin de préserver les prairies inondables qui constituent en partie des habitats naturels d'intérêt communautaire. Ces mesures ont pour objectifs de préserver les espèces inféodées aux prairies inondables et les services écosystémiques qu'elles remplissent.

On retrouve notamment des espèces protégées à l'échelle européenne et en voie de régression en raison de la perte de leurs habitats, telles que le Cuivré des marais (*Lycaena dispar*) et le Râle des genêts (*Crex crex*). La problématique environnementale de préservation des prairies inondables représente donc un enjeu fort sur ce territoire. Pour cela, les mesures sont axées sur la préservation des atteintes les plus courantes que sont le drainage, l'urbanisation, la plantation de peupliers, la mise en culture intensive et l'apport important de fertilisation (Biotope, 2007).

Afin d'évaluer les résultats obtenus par la mise en œuvre de telles mesures en moyenne vallée de l'Oise, il a été proposé aux agriculteurs ayant souscrit des MAEt depuis 2007, des suivis de la végétation prairiale et des populations de Cuivré des marais. Sensibles à la gestion et à la qualité de l'habitat, les lépidoptères représentent en effet, un bon indicateur pour évaluer l'efficacité des mesures (Aviron *et al*, 2007).

L'objectif de cette démarche est multiple. Il s'agit dans un premier temps d'évaluer la biodiversité floristique et la population de Cuivré des marais dans les prairies en fonction des mesures contractualisées et des itinéraires techniques agricoles, puis d'évaluer l'impact de la richesse floristique sur les populations de Cuivré des marais.

Après avoir précisé le contexte dans lequel s'inscrit cette étude, la seconde partie identifie les connaissances acquises au cours de la recherche bibliographique. Par la suite, le protocole et les méthodes adoptés pour cette étude seront présentés. Dans une quatrième partie, nous exposerons et discuterons l'ensemble des résultats obtenus.

I La structure d'accueil

1-1 Présentation générale

Les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) sont des services déconcentrés du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie et du Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement. Elles sont le résultat d'une fusion entre les Directions Régionales de l'Environnement (DIREN), les Directions Régionales de l'Équipement (DRE) et les Directions Régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE). Depuis cette fusion, les DREAL ont repris l'ensemble des compétences de ces dernières, hormis les missions de développement industriel et de métrologie. A l'exception de l'Île de France et de l'outre-mer, qui font l'objet de dispositions juridiques et organisationnelles spécifiques, les DREAL sont présentes dans chacune des régions françaises.

Les DREAL ont été créées entre mars 2009 et janvier 2011, suite au décret 2009-235 du 27 février 2009, définissant l'ensemble des compétences et l'organisation de ces directions régionales.

Elles pilotent les politiques de développement durable et notamment des engagements du Grenelle de l'Environnement mais aussi celles du logement et de la ville. Elles sont ainsi chargées, sous l'autorité du préfet de la région, d'élaborer et de mettre en œuvre les politiques de l'État dans les domaines de l'environnement, du développement, de l'aménagement durable et du logement. Ces missions prennent en compte l'énergie, la préservation et la gestion des ressources, du patrimoine naturel et de la biodiversité, la prévention des pollutions et des risques naturels et technologiques et enfin la lutte contre l'habitat indigne et la rénovation urbaine.

1-2 La DREAL Picardie

La DREAL Picardie est l'une des premières DREAL, créée lors de la première vague de restructuration en 2009. Elle s'articule autour de cinq pôles indissociables que sont les ressources territoires et habitat, l'énergie et le climat, le développement durable, la prévention des risques et les infrastructures de transports et la mer (Figure 1).



Figure 1 : Les cinq pôles de la DREAL Picardie (DREAL Picardie, 2012 a)

Cinq services indépendants découlent des cinq pôles. Le service « Energie, Climat, Logement et Aménagement du Territoire » (ECLAT) définit à l'échelle de la région les politiques de l'état en matière d'aménagement du territoire et d'énergie dans un objectif de développement durable. Les missions du service « Déplacements Infrastructures Transports » (SDIT), regroupent l'ensemble des domaines liés aux différents modes et infrastructures de transport (e.g contrôler des entreprises de transport, instruction des autorisations de transfert transfrontalier de déchets, maîtrise d'ouvrage des travaux sur le réseau routier national,...). Le service « Prévention des Risques Industriels » (SPRI) veille à l'application de la réglementation concernant les installations classées mais également aux respects des textes relatifs à la prévention des risques industriels. Le service « Gestion de la Connaissance et Garant Environnemental » (SGCGE) participe à la valorisation des données, et veille à l'intégration des objectifs du développement durable. Il est également responsable de l'instruction des procédures d'évaluation environnementale et de l'information et l'éducation à l'environnement (Annexe 1).

Enfin, le Service « Nature, Eau et Paysages » (SNEP), réunit des généralistes et des experts de différents domaines complémentaires tels que l'eau, la biodiversité, les paysages et les risques naturels. Les missions répondent principalement aux politiques liées au Grenelle de l'environnement comme la protection des milieux aquatiques et la gestion efficace des ressources (eau, espaces...) et des milieux naturels. C'est au sein de ce service que s'est déroulée cette étude.

Le SNEP se divise en quatre unités interdépendantes :

- ✓ Le Bureau administratif et financier assure le relais entre le secrétariat général et les agents du service (frais de déplacement, congés, temps de travail, fournitures...) et assure également les missions de secrétariat pour l'ensemble du service.
- ✓ L'unité « Politique de l'eau et des milieux aquatiques », en charge de la protection de l'eau et des milieux aquatiques (application de la directive cadre sur l'eau avec pour objectif le bon état écologique des eaux en 2015), mais également de la gestion des risques naturels et des ouvrages hydrauliques.
- ✓ L'unité « Politique de la nature, des sites et des paysages », en charge de la préservation du patrimoine naturel et de la biodiversité avec en particulier la mise en œuvre des politiques nationales et européennes : réseau Natura 2000 en Picardie prenant en compte la préservation des espaces et des espèces, la TVB, la Stratégie de Création d'Aires Protégées (SCAP), les Plans Nationaux d'Actions en faveur des espèces menacées (PNA)....
- ✓ Enfin, l'unité « Connaissance de l'eau et des milieux aquatiques » est en charge de la gestion du domaine public fluvial non navigable, la mesure de la qualité de l'eau et l'hydrométrie.

II Evaluation des mesures agro-environnementales sur le territoire de la Moyenne Vallée de l'Oise

2-1 Relation entre agriculture et biodiversité

2-1-1 La biodiversité

Récemment apparu, le terme « biodiversité » a été introduit pour la première fois par le biologiste Walter G. Rosenen en 1985, puis popularisé par Edward O. Wilson lors du forum sur la diversité biologique de la « National Research Council (NRC) » en 1986. Le mot biodiversité désigne ainsi la diversité de toutes les formes du vivant. Ce terme englobe trois niveaux d'organisation du vivant : la diversité génétique, la diversité spécifique et la diversité écosystémique, permettant respectivement de caractériser la diversité des gènes au sein d'une espèce, la diversité des espèces et la diversité des biocénoses et biotopes (Amiaud *et al.*, 2010). En 1992, la biodiversité est devenue un objectif politique international lors du Sommet de la terre à Rio de Janeiro, permettant par la suite la mise en place de la Convention sur la diversité biologique (CDB), ratifiée par 182 pays dont la France. L'objectif de cette est de conserver et de protéger la diversité biologique et l'utilisation durable de ses éléments.

Pour l'activité agricole, il est important de distinguer la biodiversité domestique, correspondant à la diversité des organismes cultivés (plantes) ou élevés (animaux), de la biodiversité sauvage qui concerne les organismes présents spontanément dans l'espace agricole. Cette dernière peut être utile (auxiliaires) mais également destructive (ravageurs). Les fonctions que remplissent ces espèces permettent ainsi de définir la biodiversité fonctionnelle (Sarhou, 2006 ; Ronzon, 2006). Il s'agit en partie de la biodiversité susceptible d'être utile à l'agriculture, tant au niveau de la régulation des ravageurs, que de la pollinisation (Sarhou, 2006). Celle-ci est par ailleurs directement influencée par les pratiques agricoles et le paysage.

2-1-1-1 Etat actuel de la biodiversité

La biodiversité est menacée depuis que l'espèce humaine a largement profité des services que celle-ci pouvait lui apporter (Wilson, 1989). Même si la disparition des espèces est un phénomène naturel, les êtres humains ont multiplié ce facteur par 100, soit un rythme plus important que celui auquel les espèces apparaissent. En effet, la fragmentation des habitats est l'empreinte la plus évidente de l'homme sur le paysage. Celle-ci est d'ailleurs reconnue comme la principale menace de la perte de la biodiversité à l'échelle mondiale (Wilcox et Murphy, 1985 ; Saunders *et al.*, 2001 ; Honnay *et al.*, 2005 ; Albrecht *et al.*, 2007 ; Delattre *et al.*, 2011).

Bien que l'agriculture ait des conséquences notables sur la biodiversité détruisant des milieux naturels, celle-ci, parce qu'elle crée des biotopes semi-naturels, est également en mesure de générer de la biodiversité. Ainsi, dans nos régions tempérées, la biodiversité a atteint son apogée au milieu du XIX^{ème} siècle, époque caractérisée par l'augmentation des surfaces

pâturées, l'extension du bocage et des zones cultivées, qui constituaient une grande mosaïque de milieux diversifiés (Sarhou, 2006 ; Le Roux *et al*, 2008 b). Ensuite l'intensification des pratiques depuis les années 1950 a grandement contribué à diminuer la diversité taxonomique et fonctionnelle des agrosystèmes. Cette modernisation s'est caractérisée par l'intensification des différents facteurs de production : engrais, produits phytosanitaires, mécanisation, sélection génétique... Elle correspond à un choix politique de développer les capacités productives pour permettre à la France de sortir du contexte de pénurie et de dépendance alimentaire de l'après guerre.

Le recours massif aux pesticides à partir des années 1950, avec des molécules de plus en plus performantes, a fait croire que ceux-ci résoudraient à eux seuls les problèmes des adventices, ravageurs et maladies des cultures. Aujourd'hui, on peut faire le constat suivant : d'un côté, une accélération des phénomènes de résistances des insectes, des plantes et des champignons aux produits phytosanitaires, de l'autre, une pollution des écosystèmes qui affecte entre autre le réseau hydrographique et les eaux souterraines, l'air et la biodiversité.

2-1-1-2 Etat des lieux de la biodiversité en Picardie

Considérée comme l'une des régions la plus pauvre en infrastructures agroécologiques (haies, bosquets, arbre épars...) et où l'agriculture y est des plus intensives (Pointerau et Coulon, 2007), la Picardie n'échappe pas au déclin de la biodiversité. Sous l'impact des activités humaines, la situation est critique : une espèce végétale disparaît chaque année, en 20 ans (Conservatoire botanique de Bailleul, 2010).

La Picardie est caractérisée par de vastes paysages ouverts avec quelques fragments forestiers, formant de véritables îlots et par quelques parcelles dédiées à l'élevage (prairies permanentes) et à la polyculture. Les paysages évoluent sensiblement par l'agrandissement des structures agraires, l'intensification de la production et par la monotonie grandissante des systèmes de culture (homogénéité). Néanmoins, occupant une faible surface à l'échelle de la région, certains territoires sont encore dominés par des systèmes prairiaux. Ces paysages se concentrent généralement dans les zones où le relief est le plus accidenté (fonds de vallées, collines), et où les sols sont moins fertiles. Les prairies se trouvent là où les conditions écologiques sont défavorables pour une culture intensive (Jamoneau *et al*, 2011).

2-1-2 Influence de l'agriculture

La modernisation de l'agriculture après la Seconde Guerre Mondiale a permis à la France de sortir d'une pénurie et d'une dépendance alimentaire (Morgantini et Joliet, 2005). L'objectif était alors de développer et d'améliorer rapidement les techniques et pratiques culturales afin d'augmenter les rendements et de diminuer leurs variabilités (Gardner, 1996). Cette évolution signe une transition entre une agriculture extensive, locale et une agriculture intensive et productiviste. Aujourd'hui, on parle généralement d'une agriculture conventionnelle, utilisatrice d'intrants chimiques, qui cherche à maximiser les rendements par rapport aux facteurs de production (semences, matériels, intrants...). Cette agriculture est également

intensive en terme de consommation d'énergie, en raison de la grande quantité de gazole (entre autre) utilisée par unité de produit obtenu (Thomas, 2009), et se matérialise par une augmentation de la taille des parcelles, une diminution des éléments fixes du paysage et une diminution des milieux semi-naturels tels que les prairies.

L'évolution de l'agriculture occupe ainsi une part importante dans les changements d'utilisation des terres, et ce plus fortement encore depuis les deux derniers siècles. Ceci conduit à un bouleversement des paysages mettant en péril notre environnement et la biodiversité qui s'y rattache.

Bien que le développement et l'intensification de l'agriculture aient permis de réduire la pauvreté et l'insécurité alimentaire, ces facteurs sont reconnus comme les éléments majeurs de la diminution de la biodiversité et de la dégradation des écosystèmes (Norris, 2008). Par ailleurs, l'évolution démographique est telle que son « empreinte écologique » est maintenant probablement irréversible (Barnosky *et al*, 2012).

D'après des données de la World Conservation Union (Union Internationale pour la Conservation de la Nature, UICN), ONG consacrée à la conservation de la nature, l'agriculture productiviste est une menace notable au niveau mondial, pour la biodiversité et notamment pour les espèces des listes rouges (Figure 2). Norris (2008) montre, en effet, que l'agriculture affecte plusieurs groupes d'espèces et particulièrement les oiseaux et les amphibiens. Ces derniers souffrant en particulier de la disparition des mares dans les paysages agricoles (Figure 2). L'intensification de l'agriculture a ainsi contribué, via l'agrandissement des parcelles et la perte d'éléments paysagers, comme les haies ou les bosquets, à la fragmentation et la disparition d'habitats naturels, souvent considéré comme l'une des principales causes de diminution de la biodiversité (Honnay *et al*, 2005 ; Le Roux *et al*, 2008 a). Ces facteurs accroissent le risque d'extinction des populations en réduisant la capacité des espèces à se déplacer et à se reproduire.

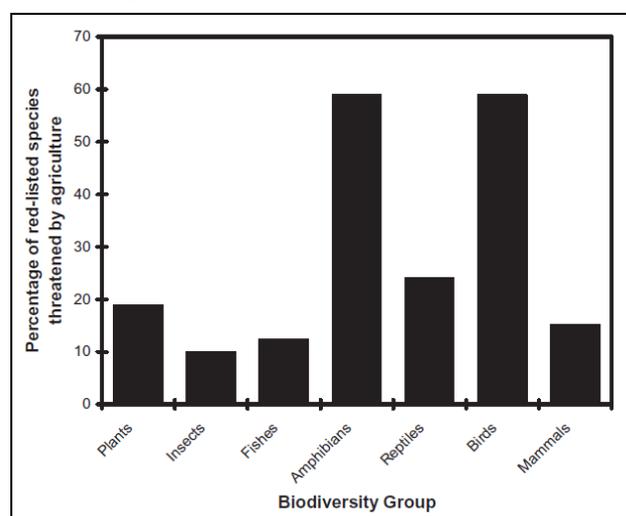


Figure 2 : Pourcentage d'espèces de la liste rouge et menacées par l'agriculture selon différents groupes de biodiversité. Les groupes représentés sont: Plants: plantes, Insects: insectes, Fishes: poissons, Amphibians: amphibiens, Reptiles: reptiles, Birds: oiseaux, Mammals : mammifères (d'après Norris, 2008).

La modernisation et l'intensification de l'agriculture ont en effet contribuées, par différents procédés, à une homogénéisation de la structure du paysage (Amiaud et al, 2010). L'arrachage des haies, pour agrandir la taille des parcelles, le comblement des mares, la mise en cultures de la plupart des parcelles sont autant de facteurs modifiant la structure du paysage mais également la biodiversité. En effet, la richesse spécifique dans un paysage complexe sera toujours plus importante, quel que soit le système de production que dans un paysage homogène. Ainsi, l'intensification du mode de production conventionnel, en modifiant la structure du paysage, induit un effet globalement négatif sur la diversité γ (au niveau du paysage).

Parallèlement à la simplification de la structure des paysages, la modernisation de l'agriculture par l'utilisation massive de l'azote comme fertilisant influence également la diversité de vivant. Ainsi, la richesse spécifique diminue avec l'augmentation de la fertilisation quelles que soit les pratiques culturales (prairie ou culture) (Figure 3) (Kleijn *et al*, 2009). Etant les plus vulnérables, les espèces rares sont les plus touchées par le mode d'utilisation des terres et l'intensité de la fertilisation. Contrairement à l'agriculture conventionnelle, les pratiques agricoles biologiques, qui limitent l'apport des fertilisants, ont tendance à augmenter la richesse des plantes, des oiseaux et de certains insectes (carabes et araignées). Plusieurs études ont notamment constaté un accroissement de 30 % de la diversité par rapport à l'agriculture conventionnelle (Bengtsson *et al*, 2005).

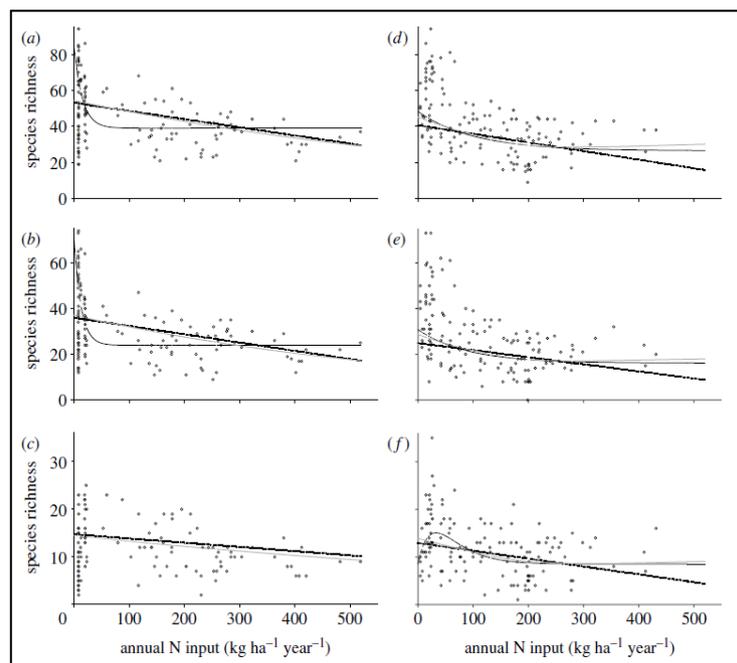


Figure 3 : Relation entre la richesse spécifique et la quantité d'azote annuelle. Les graphiques a, b et c correspondent aux prairies et d, e et f aux cultures sachant que a-d représentent l'ensemble des espèces, b-e les espèces rares et c-f les espèces sous-dominantes. Les courbes en pointillées noires sont les relations obtenues avec une fonction linéaire entre la richesse végétale et l'azote, les courbes noires indiquent les relations obtenues avec le meilleur modèle paramétrique et les courbes grises indiquent les relations obtenues avec un modèle additif. Les points correspondent aux données d'origines des espèces (d'après Kleijn *et al*, 2009).

Sur les prairies pâturées, les principaux facteurs qui influencent la diversité végétale prairiale sont l'historique du pâturage sur la parcelle et l'intensité du pâturage (Cingolani *et al*, 2005, Figure 4). Sur les sols fertiles (Figure 4 a), l'augmentation modérée de l'intensité du pâturage peut augmenter la diversité floristique. Passé ce seuil, la diversité végétale dans la parcelle diminue. Pour les sols peu fertiles (Figure 4 b), l'accroissement de l'intensité du pâturage va immédiatement entraîner un déclin de la diversité végétale. Le pâturage aura un impact sur la richesse spécifique de différents organismes tels que les végétaux, les arthropodes, les petits mammifères et la faune du sol (Kleijn *et al*, 2009). C'est pourquoi, la conservation de la biodiversité doit passer dans un premier temps par une réduction de la fertilisation dans les prairies. L'intensité du pâturage doit également être maîtrisée afin de ne pas créer de perturbation sur la parcelle (Klimek *et al*, 2006).

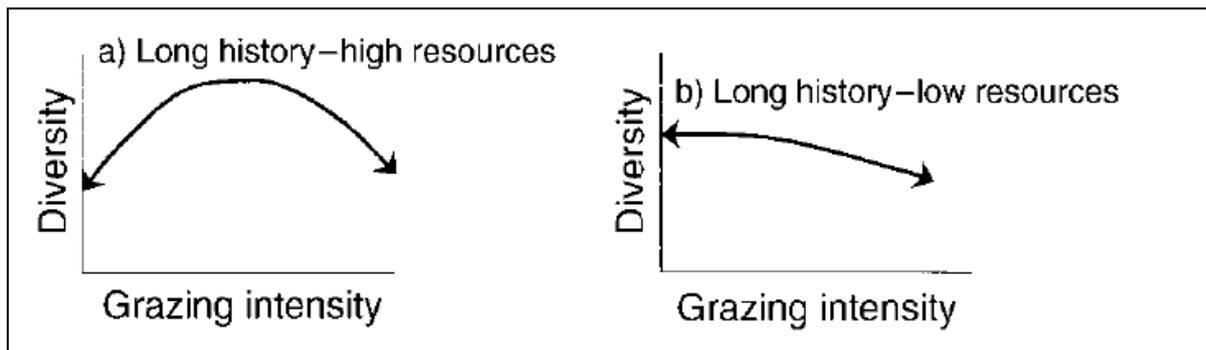


Figure 4 : Influence de l'intensité du pâturage sur la diversité, sur a) les sites fertiles, et b) les sites peu fertiles, sachant que a et b ont un long historique de pâturage (Cingolani *et al*, 2005).

La biodiversité est donc particulièrement en déclin dans nos espaces agricoles actuels, et nécessite d'être protégée et conservée par des mesures adaptées. C'est dans ce cadre que plusieurs mesures de conservation et en particulier les mesures agro-environnementales ont été mises en place en Europe et en France.

2-2 La biodiversité en Moyenne Vallée de l'Oise

La Moyenne Vallée de l'Oise est reconnue pour son intérêt patrimonial. En effet, offrant une mosaïque d'habitats liée à la dynamique fluviale, le territoire présente une richesse et une diversité importante relative au système des « plaines inondables ». On peut notamment y rencontrer une flore riche avec 22 espèces protégées en France, 41 espèces animales et végétales exceptionnelles à rares en Picardie et 2 espèces animales inscrites à l'annexe II de la directive « Habitats » (le Triton crêté et le Cuivré des marais). On peut aussi retrouver le Râle des genêts inscrit à l'annexe I de la directive « Oiseaux ». Le Plantain d'eau graminé (*Alisma gramineum*) et la Pulicaria annuelle (*Pulicaria vulgaris*), espèces inscrites à la liste rouge nationale sont également présentes sur le territoire.

Enfin, ce territoire apparaît comme l'un des plus riches de la Picardie en Odonates remarquables mais également en Lépidoptères, accueillant trois papillons protégés au niveau national sur cinq rencontrés en Picardie. On peut ainsi apercevoir le Cuivré des marais (*Lycaena dispar*), inscrit aux annexes II et IV de la directive « Habitats ».

2-2-1 Les prairies inondables

Sur le territoire d'étude, l'Oise présente de nombreux méandres, et possède une pente très faible (14 cm par kilomètre) dans l'ensemble du département de l'Oise, ce qui explique la lenteur du courant. Cette dynamique est à l'origine de la plaine alluviale et permet de créer des milieux rarissimes dans le Nord de la France, dus à la richesse écologique qui s'y rattache (Conservatoire des Sites Naturels de Picardie, 2002). Le territoire de la moyenne vallée de l'Oise est ainsi rythmé par les inondations, créant en amont des prairies mésophiles avec des sols généralement mieux drainés et où les inondations sont rares, et en aval des prairies méso-hygrophiles où la fréquence d'inondation est plus importante sur une période plus courte. Une crue peut ainsi recouvrir plus de 40km² du fond de la vallée. Ces inondations, sont pour la plupart liées aux fortes pluies hivernales. Elles sont dues aux débordements du lit mineur, aux remontées piézométriques ou aux sources lorsque les nappes d'eau souterraines sont saturées.

Par ailleurs, la plaine alluviale assure un service écosystémique important en, régulant les inondations. En effet, les prairies permettent de diminuer la puissance et la vitesse des crues et ainsi réduire le risque d'inondation pour les implantations humaines (infrastructures, habitations...).

Les prairies de fauche mésophiles à méso-hygrophiles sont inscrites à la directive « Habitats » (code Natura 2000 6510), car elles représentent un habitat rare et menacé à l'échelle européenne. Uniquement présente dans la vallée de l'Oise pour la Picardie, l'association végétale *Hordeo secalini-Arrhenatheretum elatioris* (code Natura 2000 6510-4) est directement menacée par les pratiques culturales. En effet l'augmentation modérée de la fertilisation et un pâturage continu et intensif va faire dériver l'association végétale vers des habitats de moindre valeur patrimoniale. Ces prairies se trouvent généralement sur des sols légers et bien aérés, où la réserve en eau est limitée. Ces dernières correspondent à l'habitat de prédilection du Râle des genêts et du Cuivré des marais du fait de leur hygrométrie.

Le système d'exploitation est essentiellement basé sur la fauche, stabilisant ainsi la dynamique de la végétation. Cette première intervention est presque systématiquement suivie par un pâturage réalisé environ un mois après la fauche. Ces deux modes de gestion permettent d'accueillir des espèces floristiques et faunistiques remarquables. Aujourd'hui, ces milieux en voie de disparition en Europe souffrent de l'évolution des pratiques agricoles notamment à cause de l'augmentation des surfaces en maïs et des peupleraies et de l'augmentation de la fertilisation.

La Moyenne Vallée de l'Oise est ainsi caractérisée comme un site précieux tant du point de vue des zones humides que des prairies inondables, catégorie rare dans le système de classification des zones humides (Conservatoire des Sites Naturels de Picardie, 2002).

2-2-2 Le Cuivré des marais

L'une des espèces les plus emblématiques de la moyenne vallée de l'Oise est le Cuivré des marais (Figure 5). Présent dans la majeure partie de l'Europe, il est largement réparti de l'Ouest de la France à l'Europe centrale et du Nord de l'Italie jusqu'au sud de la Finlande.

Bien que le Cuivré des marais soit globalement moins menacé que d'autres espèces de lépidoptères liés aux zones humides (comme les espèces du genre *Maculinea*), les populations françaises sont néanmoins en forte régression (Lafranchis, 2000).



Figure 5 : Femelle du Cuivré des marais

Le déclin de cette espèce est lié à l'intensification de l'agriculture et de l'aménagement du territoire (drainage, remblais...). Par ailleurs, la disparition des corridors écologiques permettant les relations entre les populations est aussi un facteur important dans la régression de l'espèce (Conservatoire des sites Alsaciens, 2006). Les populations françaises sont en nette régression et sont généralement très localisées avec de petits effectifs (Lafranchis, 2000 ; Dupont, 2000). Cette régression pendant les dernières décennies s'est notamment traduite par l'inscription de l'espèce à la liste régionale (Picardie), nationale et européenne. En effet, d'après les critères de l'UICN de 1990, le Cuivré des marais est considéré comme une espèce en danger. L'espèce est ainsi inscrit aux annexes II et IV de la directive « Habitats », annexe II de la Convention de Berne et protégée au niveau national grâce à l'arrêté du 22 juillet 1993 (JO du 24 septembre 1993).

Au niveau de la Picardie, une seule sous-espèce du Cuivré des marais est présente : *Lycaena dispar ssp. carueli*. Cette sous-espèce est propre au Nord Ouest de la France. Malgré la disparition de l'espèce dans plusieurs sites de la région depuis les années 1970 comme dans la vallée de la Somme, l'espèce est connue en moyenne vallée de l'Oise et dans quelques autres sites comme dans les marais du Laonnois, dans la vallée du Thérain, et la vallée de l'Aisne.

Habitat et menaces

On le rencontre le plus fréquemment dans les prairies humides extensives, le long des fossés inondables mais aussi dans les clairières ensoleillées des bois humides. La hauteur de la végétation favorable à l'espèce peut être variable de 0,20 à 1,50 mètres. Par ailleurs, les prairies humides à *Rumex sp* correspondent à l'habitat de reproduction du Cuivré des marais. En effet, étant donné que les œufs sont pondus sur les oseille sauvages dont les chenilles se nourrissent, l'absence de *Rumex* est un facteur limitant pour le développement de ces individus.

Les zones humides, étant son habitat préférentiel, l'assèchement de ces dernières par certaines pratiques agricoles l'affecte tout particulièrement (Martin et Pullin, 2004). En effet,

l'agriculture est probablement la première cause de déclin de l'espèce (Nicholls et Pullin, 2003), notamment par l'augmentation de la fertilisation, l'avancement des dates de fauches et l'intensification du pâturage. La plantation de peupliers et la fermeture des milieux par abandon sont aussi des facteurs participant à la régression de l'espèce.

2-3 Politique de conservation de la biodiversité

Ce n'est qu'à partir de 1972, grâce au Sommet de Stockholm, que pour la première fois les questions d'ordre écologique sont placées au rang de préoccupations internationales dans le but de préserver et d'améliorer l'environnement. Ce Sommet a notamment permis la naissance du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE).

A la suite de cette conférence, la directive « Oiseaux » de 1979 met en place en Europe une législation environnementale, confortée par la directive « Habitat » de 1992. Ces deux directives seront détaillées explicitement dans la partie consacrée au réseau européen Natura 2000 (II-2-3-1), mais elles constituent le cadre général de l'application des dispositions de la Convention de Berne. Cette convention a pour but d'assurer la sauvegarde de la vie sauvage et des milieux naturels en Europe. Son objectif est ainsi de conserver la faune et la flore sauvages mais aussi les habitats naturels menacés. Cet instrument juridique international signé en septembre 1979 à Berne est entré en vigueur le 1^{er} juin 1992 (Europa, 2006).

C'est dans ce cadre, et parce que les agriculteurs ont un rôle important à jouer dans la protection de l'environnement, que depuis quelques années plusieurs réglementations au niveau européen et national voient le jour dans le but de modifier progressivement les modes de gestion. Sur leurs propres initiatives, certains Etats membres ont, dans les années 1980, mis en place des mesures agro-environnementales. Celles-ci, bien que peu développées ont été reprises par la Communauté Européenne en 1985 (règlement CEE 797/85), et comprennent un ensemble de mesures pour la protection de l'environnement (European Commission, 2005), réformant ainsi la politique agricole commune de l'Union Européenne. L'article 19, issu de ce règlement, a ainsi autorisé, mais de manière facultative, les Etats membres à verser des aides nationales dans des zones écologiquement sensibles.

Mais ce n'est véritablement qu'en juin 1992, avec la Convention sur la Diversité Biologique, premier texte international consacré à la protection de la biodiversité que l'Union Européenne montre sa volonté d'encourager une agriculture respectueuse de l'environnement (Le Roux *et al*, 2008 a). Puis, la réforme de McSharry, qui conduit à la mise en œuvre généralisée des mesures agro-environnementales par le biais du règlement 2078/92/CEE du 30 Juin 1992 (Burton *et al*, 2008), instaure les politiques publiques de protection de la biodiversité dans les exploitations. Les états membres sont ainsi obligés d'instaurer des mesures agro-environnementales sur l'ensemble de leur territoire. Cette réforme fut abrogée par le règlement 1257/99 du 17 Mai 1999, dans le but d'atteindre une cohérence pour le Développement Rural, où les mesures agro-environnementales sont considérées comme des « mesures d'accompagnement ». Ces mesures sont aujourd'hui vues comme un outil important

pour le maintien et la restauration de la biodiversité sur les terres agricoles en Europe et notamment dans les sites Natura 2000.

2-3-1 Les objectifs du réseau Natura 2000

L'année 1992 marque aussi la création d'un réseau européen de sites écologiques nommé Natura 2000, qui est l'élément central d'une politique communautaire de protection de la biodiversité. Natura 2000 se présente, à l'échelle de l'Union Européenne (UE), comme un réseau de sites représentatifs de notre patrimoine naturel. Il permet ainsi de maintenir une diversité biologique en préservant les habitats naturels les plus vulnérables et des espèces menacées. Ce réseau prend également en considération les exigences économiques, sociales et culturelles ainsi que les particularités locales dans une logique de développement durable.

Natura 2000 a pour objectif premier de contribuer à lutter contre l'érosion de la biodiversité sur le territoire des 27 pays de l'UE. En parallèle, le réseau Natura 2000 doit contribuer au développement durable des territoires, en conciliant activités humaines, protection de la nature et valorisation des territoires (Figure 6). Pour cela, les différents états membres doivent maintenir un bon état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire, grâce à différentes méthodes (concertation, dispositifs de gestion des espaces naturels, réglementation,...). Le réseau Natura 2000 vise ainsi à assurer la survie à long terme des espèces et des habitats les plus menacés en Europe. Il permet de répondre en partie, aux engagements fixés par la Convention sur la diversité biologique adoptée lors du Sommet de Rio de Janeiro en 1992 et ratifiée par la France en 1996.

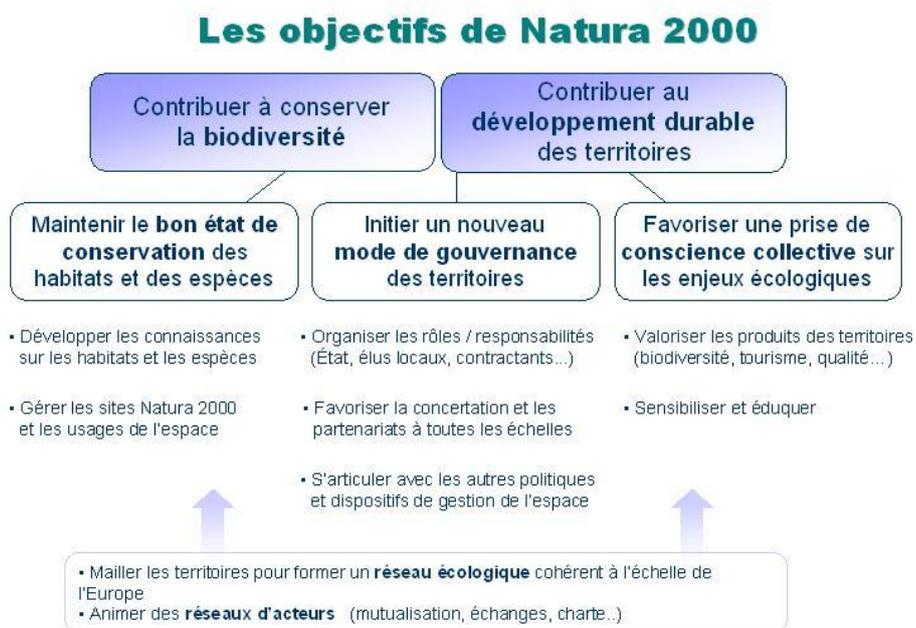


Figure 6 : Logigramme des objectifs de Natura 2000 (DREAL Picardie, 2012 b)

Natura 2000 au niveau européen

Afin de mettre en place le réseau Natura 2000 et d'avoir un cadre d'intervention commun en faveur de la protection des habitats naturels et des espèces, la politique européenne s'appuie sur les directives « Oiseaux » du 2 avril 1979 (2009/147/CE) et « Habitats, Faune, Flore » (92/43/CEE). Ces deux directives sont la base juridique du grand réseau écologique européen que forme Natura 2000.

La Directive 2009/147/CE, appelée directive « Oiseaux » et adoptée en 1979, est le prolongement de la Convention de Paris du 18 octobre 1950, relative à la protection des oiseaux sauvages pendant leur reproduction et leur migration (Journal officiel de l'Union Européenne, 2010). Par ailleurs, d'après l'article premier, la directive « concerne la conservation de toutes les espèces d'oiseaux vivant naturellement à l'état sauvage sur le territoire européen des états membres » (Conseil des Communautés Européenne, 1979). Elle liste en Annexe 1 les espèces d'Oiseaux considérés comme d'intérêt communautaire et pour lesquelles les états doivent garantir un bon état de conservation des populations.

La Directive européenne 92/43/CEE « Habitats, Faune, Flore », plus communément appelée directive « Habitats » permet de compléter la directive « Oiseaux » présentée précédemment. Cette directive s'applique aux pays de l'UE depuis le 5 Juin 1994 dans le but de maintenir une diversité biologique par la conservation des habitats naturels, de la faune et de la flore sauvages (article 2 de la directive) (Conseil des Communautés Européenne, 1992 ; Conservation nature, 2010). Cet objectif doit être atteint en prenant en compte des exigences économiques, sociales et culturelles ainsi que les particularités régionales et locales. La directive « Habitats » liste plus de 231 types d'habitats naturels et 900 espèces animales et végétales présentant un intérêt communautaire et nécessitant une protection.

Les espèces et habitats cités dans ces deux directives permettent de définir les sites Natura 2000. Ainsi, le réseau Natura 2000 est constitué de Zones de Protection Spéciale (ZPS) inscrites au titre de la directive « Oiseaux » et de Zones Spéciales de Conservation (ZSC) inscrites au titre de la directive « Habitats ». Les ZPS correspondent aux sites de reproduction et d'alimentation des oiseaux menacés, vulnérables ou rares de l'UE. La protection sur ces sites s'applique également aux œufs, aux nids et à l'habitat de l'espèce. Les ZSC correspondent aux sites avec des enjeux importants en termes de conservation des habitats naturels et des espèces faunistiques et floristiques d'intérêt communautaire.

Afin de pouvoir garantir un bon état de conservation des espèces et habitats d'intérêt communautaire, des moyens financiers sont nécessaires. Ils servent à mettre en place des mesures de gestion, de restauration ou de protection sur les sites Natura 2000. Quatre fonds européens peuvent ainsi être mobilisés. Le plus important est le Fond Européen Agricole pour le Développement Rural (FEADER) pour la période 2007-2013 qui contribue à la réalisation de plusieurs objectifs que sont l'amélioration de la compétitivité de l'agriculture et de la sylviculture et l'amélioration de l'environnement et de l'espace rural (Torkler, 2005). Ainsi, pour que la gestion des sites Natura 2000 soit prise en compte par le FEADER, les sites doivent être intégrés dans les Plans Stratégiques Nationaux (PSN), puis dans les Programmes

de Développement Ruraux (PDR). Certaines actions peuvent également être financées par le Fond Européen pour la Pêche (FEP), le Fond Européen de Développement Régional (FEDER) et L'Instrument Financier pour l'Environnement (LIFE+).

Le réseau Natura 2000 jusqu'alors majoritairement terrestre, a été complété en 2010 par un ensemble de sites marins (« Natura 2000 en mer »). Le maillage des sites à l'échelle européenne, fait que le réseau se décline au niveau national puis régional. Globalement, au sein de l'Europe des 27, près de 27 000 sites Natura 2000 ont été classés Zone de Protection Spéciale (ZPS) pour les Oiseaux ou proposés au titre de la directive « Habitats Faune Flore » pour devenir des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) (Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, 2011 a). Ceci représente 18 % du territoire de l'Union Européenne soit 96 millions d'hectares dont 20 millions d'hectares consacrés aux territoires marins.

Au niveau national

Après la désignation de l'ensemble des sites, la situation de chaque pays européen vis-à-vis du réseau Natura 2000 est assez hétérogène, dans la mesure où l'Union Européenne n'impose pas d'objectif en terme de superficie. De plus, les pays doivent établir leur propre mode de désignation et de gestion des sites.

Au 22 novembre 2011, la France comptait 1753 sites dont 384 sites désignés au titre de la directive Oiseaux et 1369 sites au titre de la directive Habitats, Faune, Flore, représentant 6,9 millions d'hectares soit 12,55 % du territoire français. Au niveau marin, le réseau Natura 2000 est constitué de 207 sites dont 148 mixtes et 59 entièrement marins, sur une superficie totale de 4,1 millions d'hectares (Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, 2011 a).

Concernant le mode de désignation et de gestion des sites, la France a choisi d'opter pour une démarche de **concertation** et de **contractualisation** avec l'ensemble des acteurs : citoyens, élus, agriculteurs, forestiers, associations, usagers et experts (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2012). Cette démarche est confortée par la loi n° 2005-157 du 23 Février 2000 relative au développement des territoires ruraux.

Ainsi, pour chaque site Natura 2000, un **comité de pilotage** (COPIL) est constitué et est présidé par un élu local ou à défaut par le Préfet et regroupe l'ensemble des acteurs concernés par le site. Ce COPIL désigne une structure porteuse chargée de l'élaboration du **document d'objectifs** (DOCOB), qui permet de faire des propositions vis-à-vis des objectifs et des orientations de gestion pour maintenir ou restaurer les habitats naturels et les espèces menacées. Le DOCOB est élaboré en concertation avec l'ensemble des acteurs concernés.

La démarche choisie par la France est de favoriser la contractualisation, plutôt que la protection stricte des espaces verts par voie réglementaire. Cette volonté a entraîné la création de deux outils de gestion des sites :

➤ **Le contrat Natura 2000** est avant tout une démarche volontaire qui permet à une personne physique ou morale de s'engager concrètement dans un programme d'actions en faveur des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Il correspond à un contrat de 5 ans, passé entre l'État (Préfet) et le propriétaire ou ayant-droit de parcelles incluses dans le périmètre du site. Lors de la mise en place d'un contrat, le signataire s'engage à respecter l'ensemble des engagements prévus dans les cahiers des charges associés au DOCOB. Il existe un contrat pour les terres non agricoles et pour les terres agricoles. Pour les terres non agricoles, les propriétaires, associations ou les communes, peuvent directement passer un contrat avec l'État, financé en partie par le ministère chargé de l'environnement (Fonds de Gestion des Milieux Naturels, FGMN).

➤ **La charte Natura 2000** est le second volet de la politique contractuelle et volontaire adoptée par la France. Créée par la loi du 23 février 2005 relative au Développement des Territoires Ruraux, la charte Natura 2000 est annexée au DOCOB pour chacun des sites. Cette charte regroupe un ensemble d'engagements et de recommandations constitués de bonnes pratiques (établis en fonction des orientations du DOCOB), qui ne sont pas rémunérées. L'engagement envers la charte Natura 2000, d'une durée de 5 ans, montre la volonté du signataire de s'inscrire dans une démarche de gestion de qualité, conforme aux exigences du DOCOB. Malgré un investissement personnel et financier peu important pour cet outil, les signataires de la charte peuvent faire l'objet de contrôles.

Le contrat et la charte Natura 2000, prennent la forme d'une mesure agro-environnementale (CAD, MAE...) donnant droit au titre de l'article 1395E du Code Général des Impôts à une exonération de la taxe foncière sur les propriétés non bâties (TFPNB) (Ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, 2009 ; Ministère de l'Écologie, du développement durable des transports et du logement, 2011 b). La rémunération lors de la contractualisation d'une mesure se fait par un financement de l'État et de l'Union Européenne versé par l'Agence de Services et de Paiement (ASP).

Au niveau régional

La Picardie, région administrative du Nord de la France regroupe trois départements : l'Oise, la Somme et l'Aisne, avec pour chef-lieu Amiens. Région séparée du Nord-Pas-de-Calais par le fleuve Authie, la Picardie possède une mosaïque de paysages allant des plateaux tertiaires du bassin de Paris avec de vastes forêts au sud (Compiègne, Villers-Cotterêts et Saint Gobain) jusqu'au nord avec les plaines et les collines de craie, en passant par le bocage du pays de Bray. Étant l'une des régions les plus productives de France, où l'agriculture intensive domine, les conservatoires nationaux ont constaté, une disparition progressive des espèces végétales et animales et des habitats naturels de la région.

Dans le cadre de Natura 2000, 37 sites d'importance communautaire terrestres ou mixtes au titre de la directive Habitats ont été proposés à des fins de désignation en tant que ZSC. L'ensemble de ces sites représente 47 963 hectares. La Picardie comprend également 1 site marin sur 33000 hectares situé le long du littoral de la Picardie et du Nord-Pas-de-Calais.

Enfin, 10 ZPS ont été désignées au titre de la directive Oiseaux, soit 87 810 hectares. L'ensemble des sites Natura 2000 couvre 4,7 % du territoire régional (DREAL Picardie, 2012 b).

L'essentiel des surfaces désignées en Picardie concerne des surfaces boisées, puis des milieux humides qui représentent respectivement 53,3 % et 17,7 % de la surface des sites Natura 2000 (Figure 7). En effet, un grand nombre de massifs forestiers tels que ceux Compiègne, Hirson, Saint Gobain ou Chantilly a été désigné comme ZPS. Au niveau des milieux humides, on retrouve principalement les vastes zones inondables de la moyenne vallée de l'Oise, et la vallée de l'Aisne. On y retrouve également les marais intérieurs de la vallée de la Somme et les vallées tourbeuses. Ces territoires abritent de nombreux habitats naturels et espèces de haut intérêt patrimonial. La répartition des sites entre les départements est assez homogène, puisque la Somme, l'Oise et l'Aisne possède respectivement 17, 14 et 17 sites Natura 2000.

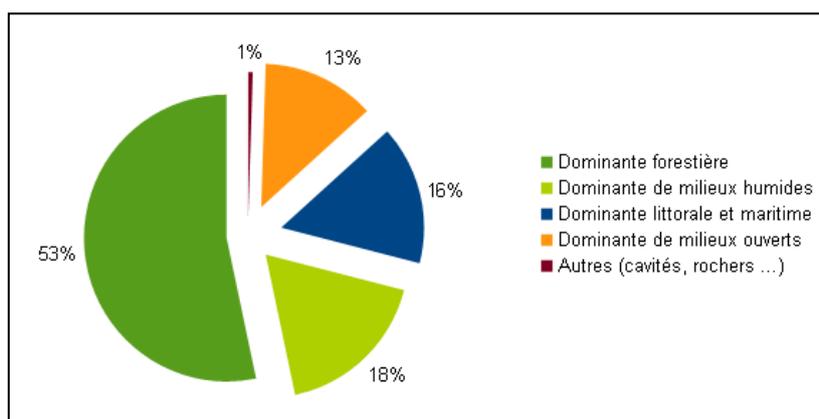


Figure 7 : Répartition par grands types de milieux naturels des zones Natura 2000 en Picardie en 2010 (DREAL, 2012 b)

2-3-2 Les mesures agro-environnementales

Les mesures agro-environnementales entrent aujourd'hui dans la catégorie des instruments de politique publique contractuels, dont la mise en œuvre repose sur l'engagement volontaire des agriculteurs. Ces mesures sont apparues dès les années 1990 avec la réforme de McSharry puis ont évolué vers les mesures agro-environnementales territorialisées en 2007 (cf § Introduction). Avant l'apparition des MAEt, d'autres mesures relatives à la protection de l'environnement dans l'agriculture ont existé. A l'occasion de la réforme de la PAC en 1992, les Opérations Locales Agro-environnementales (OLAE) sont mises en places, en particulier dans des zones rurales sensibles ayant un fort impact environnemental (zone de biotopes rares et sensibles et zones très extensifiées). En 1999, avec la Loi d'Orientation Agricole, les OLAE font place à un nouveau contrat, le Contrat Territorial d'Exploitation (CTE). Ce contrat reconnaît les trois piliers du développement durable au sein des exploitations agricoles (économie, social et environnemental). En 2002, au CTE succède le Contrat d'Agriculture Durable (CAD) qui cible d'avantage les problèmes environnementaux. Enfin, les CAD ont

laissé place aux MAEt en 2007, mesures adaptées à un territoire (Figure 8). Ce sont spécifiquement ces dernières mesures qui ont été analysées pour cette étude.

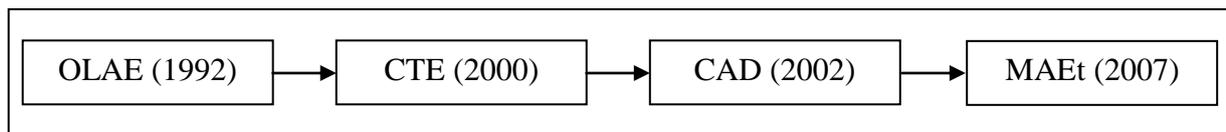


Figure 8 : Les mesures agro-environnementales en France (ordre chronologique)

2-3-2-1 Cadre réglementaire

Au niveau communautaire, les mesures agro-environnementales sont mises en œuvre par le règlement (CE) n°1698/2005 du Conseil du 20 septembre 2005 concernant le soutien au développement rural par le Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural (FEADER) (Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, 2011). Ainsi, conformément au Programme de Développement Rural Hexagonal (PDRH) pour 2007-2013, les mesures correspondent à la déclinaison nationale du règlement, établies au travers de neuf dispositifs (mesure 214 du PDRH). On y retrouve notamment 2 dispositifs nationaux (Prime Herbagère Agro-environnementale (PHAE) et mesure rotationnelle), 6 dispositifs déconcentrés ayant un cahier des charges national (application régionalisée) et enfin 1 dispositif déconcentré délimité correspondant aux mesures territorialisées, qui permet de cibler des enjeux locaux, principalement en faveur de la qualité de l'eau et de la préservation de la biodiversité.

Au niveau national, les conditions de mise en œuvre des MAE sont définies par le décret n°2007-1342 du 12 septembre 2007 et l'arrêté du 12 septembre 2007 modifié relatifs aux engagements agro-environnementaux (Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, 2011).

2-3-2-2 Principes du dispositif et mise en œuvre

Le dispositif des MAEt est nouveau dans sa conception et dans ses objectifs. Contrairement aux autres instruments tels que les CTE ou les CAD qui étaient définis au niveau régional, les MAEt s'appliquent à des territoires plus localisés. Ces territoires sont des zones où les pratiques agricoles sont suffisamment homogènes pour mettre en place des mesures ciblées sur un enjeu précis.

Afin de répondre à des problématiques localisées, la mesure 214 I correspondant aux MAEt se décline en trois sous-dispositifs. Le premier (enjeu I1) : préservation et de conservation de la biodiversité dans les sites Natura 2000 établis par les directives « Habitats » et « Oiseaux », permet d'encourager les agriculteurs à mettre en œuvre des pratiques agricoles innovantes et respectueuses de l'environnement compatibles avec les objectifs du DOCOB et de répondre au besoin social de qualité et de sécurité sanitaire. L'enjeu I2 contribue à atteindre les objectifs fixés par la directive cadre sur l'eau (DCE) en modifiant les pratiques agricoles dans les bassins d'alimentation de captages et dans les bassins versants. Enfin, le troisième porte sur

d'autres enjeux, localement important, comme l'érosion, la biodiversité hors site Natura 2000 (notamment les pelouses calcicoles et les zones humides), les prairies et les paysages.

Les MAEt sont ainsi conçues pour encourager les agriculteurs à protéger et à améliorer l'environnement sur leurs exploitations, à l'échelle de la parcelle (European commission, 2005).

La première étape de la mise en œuvre des MAEt est la délimitation des territoires, en définissant des Zones d'Action Prioritaires (ZAP). Chaque région réalise ainsi une cartographie des territoires à enjeux qui est intégrée au Document Régional de Développement Rural (DRDR). Ces ZAP correspondent principalement aux sites Natura 2000 et aux bassins versants prioritaires définis au titre de la DCE (France Nature Environnement, 2007). Les mesures sont ensuite déterminées par l'opérateur du territoire, qui est en charge de l'élaboration et de l'animation d'un projet agro-environnemental en concertation avec les acteurs locaux (collectivités territoriales et propriétaires). La mise en place d'un tel projet consiste entre autre à élaborer les cahiers des charges pour chacune des MAEt proposées pour le territoire. Ce projet est ensuite soumis pour validation à la Commission Régionale Agro-Environnementale (CRAE).

Pour les cahiers des charges, la « construction » des mesures agro-environnementales territorialisées est une combinaison d'engagements unitaires (Annexe 2) figurant dans la liste nationale du PDRH. L'ensemble des engagements permet d'établir le montant de l'indemnisation que les agriculteurs percevront en contrepartie des surcoûts engendrés et du manque à gagner généré par la mise en place de pratiques plus respectueuses de l'environnement. Néanmoins, le montant de la combinaison ne peut excéder le plafond communautaire fixé par type de couvert (600 €/ha pour les cultures annuelles, 900 €/ha pour les cultures spécialisées et 450 €/ha pour les autres utilisations dont les surfaces en herbe).

Les projets agro-environnementaux et les MAEt sont cofinancés par l'UE et par les Etats membres. L'évolution des instruments des politiques publiques au niveau européen et national en faveur de la biodiversité a un coût qu'il convient d'intégrer par rapport aux bénéfices réels apportés à la biodiversité (Augiron, 2012). A titre d'exemple, en 2001 les mesures étaient engagées sur 19,3 millions d'hectares environ pour passer en 2002 à près de 30,2 millions d'hectares dans l'UE-15, ce qui est équivalent à environ 24% du total de la superficie agricole utilisée (Burton *et al*, 2008 ; Matzdorf *et al*, 2007). A partir de ce constat, les financements n'ont cessé d'augmenter pour passer de 50 millions en 1993 à presque 2 012 millions d'euros en 2003 (Burton *et al*, 2008).

2-3-3 Les mesures contractualisées sur le territoire de la moyenne vallée de l'Oise

Dès la première année de l'apparition des Opérations Locales Agro-environnementales, les services de l'Etat en collaboration avec la profession agricole et la Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie ont animé le territoire. Après cette première opération, 800 hectares de prairies ont été contractualisées. Aujourd'hui, la quasi-totalité des prairies est contractualisée.

Avec l'apparition des MAEt en 2007, les mesures ont été adaptées au territoire. Ainsi, quatre types de mesures peuvent être contractualisées sur le site de la moyenne vallée de l'Oise : « PI_MVO1_RA1 » « PI_MVO1_RA2 », « PI_MVO1_CU1 » et « PI_MVO1_CU2 ». Les deux premières concernent le Rôle des genêts. Celui-ci est un oiseau migrateur nichant au sol à partir de mai dans les prairies de fauches proches de zones humides. Son déclin depuis plus d'un siècle est en partie dû à la disparition de son habitat en raison de l'intensification agricole et des fauches précoces. Ces mesures ont pour objectif de retarder la fauche et de limiter ou supprimer la fertilisation, permettant ainsi aux jeunes râles d'atteindre l'âge adulte (DDAF, 2007).

Les deux autres mesures sur lesquelles ont porté notre étude, ont été rédigées pour le Cuivré des marais. Elles permettent de favoriser « l'effet lisière » avec l'application de bandes refuge non fauchées au printemps épargnant ainsi les pontes et chenilles aux mois de mai et juin, assurant ainsi la génération suivante (DDAF, 2007).

Plus précisément, la mesure « PI_MVO1_CU1 », oblige les agriculteurs à limiter la fertilisation en potassium et phosphore totale et minérale à 30 unités par hectare et par an. Quant aux apports azotés, ils sont autorisés à hauteur de 60 unités d'azote par hectare et par an, hors restitution par pâturage. Lors d'une fauche en première intervention, une bande refuge est obligatoire sur au moins 5 % de la parcelle et d'une largeur minimale de 5 mètres (annexe 3). Les traitements chimiques sont interdits, sauf traitements localisés sur les orties, chardons et *Rumex.sp.* Les *Rumex* sont pourtant les principales plantes hôtes du Cuivré des marais.

La seconde mesure « PI_MVO1_CU2 » réunit l'ensemble des conditions de la mesure CU1 mais est plus contraignante par rapport à la fertilisation. En effet la mesure CU2 interdit tout apport de fertilisants minéraux (N, P, K) et organiques sur les parcelles engagées.

Enfin, pour les deux mesures, la fauche centrifuge est recommandée pour les parcelles engagées afin d'accroître l'impact favorable des pratiques sur la biodiversité.

2-4 Quelle est l'efficacité des mesures agro-environnementales ?

Dans la seconde moitié du 20^{ième} siècle, la biodiversité en Europe a diminué de façon spectaculaire au sein de nos paysages agricoles (Knop *et al*, 2006). Cette dégradation est en partie due à l'intensification de l'agriculture couplée à une fragmentation des habitats et à une homogénéisation du paysage (Wilson *et al*, 1999 ; Stoate *et al*, 2002). C'est dans ce cadre que les mesures agro-environnementales ont été instaurées dans les pays européens depuis les

années 1990 (Knop *et al*, 2006). Néanmoins, bien que largement répandues sur le territoire, l'efficacité des mesures est encore un sujet peu connu (Herzog, 2005).

Jeanneret *et al* (2003), ont montré que la biodiversité est toujours plus élevée dans les parcelles ayant des MAE que dans les parcelles témoins. On y observe généralement davantage d'espèces et des espèces plus exigeantes en termes de qualité de l'habitat que dans les parcelles témoins gérées de manière intensive. Les mesures ont également un effet positif sur la réduction des émissions de phosphore et d'azote. Ce constat est complété par l'étude de Knop *et al* (2006), qui conclut que les mesures agro-environnementales contractualisées dans les exploitations agricoles suisses, ont permis d'augmenter considérablement la biodiversité principalement dans les prairies de fauches grâce à deux facteurs. Premièrement, les MAE permettent de réduire la fertilisation et de réaliser une fauche tardive ce qui accroît la richesse d'espèces végétales (Jacquemyn *et al*, 2003 ; Rajaniemi, 2002 ; Zechmeister *et al*, 2003). Deuxièmement, l'augmentation de la gestion intensive dans les prairies traditionnelles entraîne une structure végétative simplifiée ce qui peut conduire à la réduction de la diversité des arthropodes (Hunter et Price, 1992 ; Matson et Hunter 1992). L'accroissement de la biodiversité dans les parcelles MAET, se traduit par l'augmentation de la richesse en arthropodes tels que les abeilles et les sauterelles, corrélé avec la taille et la richesse des plantes (Kleijn et Sutherland, 2003 ; Knop *et al*, 2006). Ceci est en partie dû à la diminution des apports en fertilisants et à la fauche tardive, qui conduisent généralement à une richesse végétale supérieure par rapport aux parcelles gérées de manière conventionnelle (Jacquemyn *et al*, 2003 ; Zechmeister *et al*, 2003).

Néanmoins, une étude réalisée par Kleijn *et al* (2006), sur les effets des mesures dans cinq pays européens (Allemagne, Espagne, Suisse, Pays Bas et Angleterre) n'est pas aussi optimiste. Ils ont comparé la densité des espèces de plantes, d'oiseaux, d'insectes (abeilles, sauterelles et grillons) et d'araignées dans 202 parcelles gérées soit avec des MAE soit de manière conventionnelle. Les résultats indiquent que les effets des mesures sont modérés puisque seulement 48% des groupes d'espèces étudiés (abeilles, sauterelles...) ont répondu positivement à la mise en place de mesures agro-environnementales. Malgré des résultats mitigés, ces derniers montrent une augmentation significative de la densité de plantes dans tous les pays hormis les Pays-Bas. Aucune différence significative n'a été trouvée dans la diversité végétale et la composition floristique entre les parcelles MAE et les parcelles témoins. Les mesures semblent également avoir un effet positif marginal sur les espèces rares. Cette tendance est également liée à la diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires et à la fertilisation (cahier des charges de la mesure).

Malgré les quelques études démontrant des impacts positifs des MAE sur la biodiversité, plusieurs études affirment le contraire. C'est pourquoi Kleijn et Sutherland (2003) signalent que les recherches sur les MAE sont insuffisantes pour évaluer leur efficacité. En effet, sur 19 études consacrées aux plantes, six ont eu des impacts positifs, deux des impacts négatifs et six des effets dans les deux directions (positifs et négatifs).

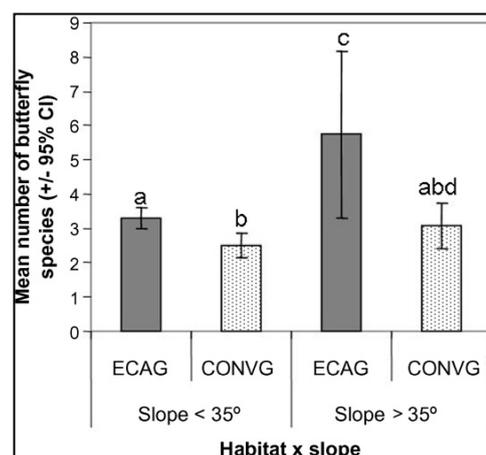
Ainsi, l'ensemble des études présente des résultats contrastés (Kleijn et Sutherland, 2003), où certains effets positifs des mesures ont été démontrés sur la biodiversité (Herzog *et al*, 2004) et d'autres qui ne montrent que des effets négatifs (Kleijn *et al*, 2001).

Les papillons sont l'un des groupes d'espèces liées aux habitats herbacés qui souffrent fortement de l'intensification des pratiques agricoles (Pullin, 1995). De plus, les rhopalocères (papillons de jour) sont des espèces sensibles à la gestion et à la qualité de l'habitat. Ils représentent par conséquent un bon indicateur pour évaluer l'efficacité des mesures sur la biodiversité (Aviron *et al*, 2007).

Aviron *et al* (2007) ont évalué l'efficacité des MAE sur la diversité des papillons dans les prairies suisses. Ils démontrent que les prairies ayant un faible niveau d'intrant (mesure limitant la fertilisation sur la parcelle) ont un impact positif et significatif sur le nombre d'espèces de papillons. Néanmoins, les auteurs ont constaté que les prairies avec MAE situées sur les pentes les plus faibles ont le même nombre d'espèces que les prairies conventionnelles présentes sur les pentes fortes, ce qui suggère que les prairies situées sur les pentes les plus importantes sont de meilleures qualités pour les papillons (Figure 9). Les individus semblent donc avoir une préférence pour les parcelles disposant d'une pente raide et être indifférents à la gestion des parcelles. L'efficacité des prairies ayant une MAE sur la diversité des papillons varie donc selon les conditions locales des sites (Aviron *et al*, 2007). Par ailleurs, il a été retrouvé dans les parcelles avec mesures agro-environnementales des espèces de rhopalocères plutôt spécialistes (larves monophages et oligophages) contrairement aux parcelles conventionnelles où les espèces étaient plutôt généralistes.

Une étude sur l'efficacité des MAE pour la conservation des papillons nocturnes dans les terres agricoles ajoute que les parcelles sous contrat ont généralement une abondance et une richesse spécifique de papillons plus élevées que dans les exploitations agricoles sans MAE (Fuentes-Montemayor *et al*, 2010). La richesse en espèces végétales est censée avoir une influence majeure sur la diversité des espèces de papillons. L'augmentation des espèces végétales et de l'alimentation offre un nombre de plantes hôtes plus important (Sparks et Parish, 1995). Néanmoins, afin d'accroître ce résultat il est nécessaire d'augmenter le pourcentage d'éléments semi-naturels dans les parcelles agricoles.

Figure 9 : Comparaison de la richesse des espèces sur des prairies avec MAE (ECAG) et celles gérées de manière conventionnelle (CONVG) en fonction de la pente de la parcelle (pente faible <35° et pente forte >35°) (d'après Aviron *et al*, 2007).



Malgré les résultats présentés ci-dessus, il n'existe aucune étude suffisamment répliquée pour vérifier si les MAE ont des effets positifs sur la biodiversité (Kleijn *et al*, 2001). En effet, le manque d'études solides ne permet pas de juger globalement l'efficacité des programmes environnementaux européens (Kleijn et Sutherland, 2003). Les études disponibles évoquent généralement davantage le nombre de mesures contractualisées dans les Etats membres plutôt que leurs effets sur l'environnement.

Dans la majorité des études, la conception de l'étude était inadéquate pour accéder de manière fiable à une conclusion sur l'efficacité des programmes. En effet, les études antérieures ne prennent pas en compte l'environnement, les conditions locales et le contexte paysager (Aviron *et al*, 2007), ce qui biaise l'interprétation des résultats et remet en question la validité de l'étude. Ainsi, Kleijn et Sutherland (2003), proposent de réaliser un état des lieux (collecter des données écologiques de références au niveau de la parcelle) avant la mise en place des mesures et surtout d'implanter les suivis aléatoirement sur le territoire en ayant des conditions initiales identiques.

2-5 Objectifs de l'étude

Cette partie bibliographique nous a permis de constater que la biodiversité est menacée tant au niveau des espaces naturels que des espèces. Son déclin est notamment dû à la destruction et à la fragmentation des habitats, à la diminution des milieux bocagers et prairiaux, et à la dégradation des habitats par des pollutions industrielles et agricoles. L'intensification de l'agriculture joue aussi un rôle important dans la diminution de la biodiversité en France. Malgré le défi démographique qui attend notre planète, l'agriculture doit désormais répondre à des enjeux dépassant la simple production alimentaire. En effet, de nouvelles attentes apparaissent concernant la limitation des impacts négatifs de l'agriculture sur l'environnement que se soit en grande culture ou sur les prairies. L'évolution de la politique agricole commune a conduit en 2007, à la création des mesures agro-environnementales territorialisées remplaçant les CTE. Ces mesures sont des leviers pour rendre l'agriculture plus « durable » notamment en diminuant l'intensité de la fertilisation, l'utilisation des produits phytosanitaires et en adaptant des modes de gestion favorable pour une espèce ciblée.

Dans un contexte d'évaluation des politiques publiques, nous avons voulu évaluer en priorité les mesures agro-environnementales contractualisées dans la région. Pour cette étude, nous avons choisi le territoire de la moyenne vallée de l'Oise, zone majoritairement constituée de prairies inondables. Ce territoire possède un patrimoine biologique remarquable où les agriculteurs sont sensibilisés depuis une quinzaine d'années aux actions pour la préservation de la biodiversité, ce qui permet d'avoir un recul intéressant sur l'efficacité des mesures agro-environnementales.

Par ailleurs, bien que plusieurs types de mesures existent sur le territoire, le choix des mesures s'est directement porté sur les mesures « Cuivré ». En effet, étant donné que le Conservatoire

d'Espaces Naturels de Picardie (CENP) réalise déjà un suivi sur le Rôle des genêts, il ne nous a pas semblé pertinent de se baser sur cette espèce pour notre étude.

L'objectif principal de cette étude est donc d'évaluer l'efficacité des mesures agro-environnementales territorialisées souscrites en Moyenne Vallée de l'Oise sur la qualité de l'habitat du Cuivré des marais, et sur les capacités de reproduction de cette espèce. Nous avons ainsi étudié dans un premier temps la diversité floristique des prairies inondables, puis les pontes du Cuivré des marais.

Ainsi, la globalité de l'étude permet de répondre à la problématique suivante : **Quels sont les impacts des mesures agro-environnementales territorialisées en moyenne vallée de l'Oise sur la diversité floristique et sur les populations du Cuivré des marais ?**

Afin de résoudre cette question, nous allons répondre à plusieurs objectifs :

- Evaluer l'impact de la fertilisation sur la diversité floristique et sur les populations du Cuivré des marais.
- Tester une éventuelle relation entre la richesse floristique dans la prairie et la présence de pontes du Cuivré des marais.

III Matériel et méthodes

3-1 Le territoire de la Moyenne Vallée de l'Oise

Notre site d'étude est le territoire de la Moyenne Vallée de l'Oise. Situé en plein cœur de la Picardie et d'une superficie de 5626 hectares, c'est un site interdépartemental (Aisne et Oise) localisé dans le cours moyen de la rivière Oise, entre la Fère (Aisne) en amont et Thourotte (Oise) en aval. Il regroupe au total 20 communes dans le département de l'Oise et 19 dans le département de l'Aisne. Il représente une zone de transition entre les plateaux crayeux du Vermandois et les collines argilo-sableuses et calcaires du Noyonnais. Le site d'étude est soumis à un climat de type océanique tempéré froid. Le territoire est ainsi peu ensoleillé et donc frais et humide.

Le site est composé de deux périmètres Natura 2000 : une zone de protection spéciale (ZPS) d'une superficie de 5626 ha issue de la directive Oiseaux et une zone spéciale de conservation (ZSC) d'une superficie de 2952 ha issue de la directive Habitats. La ZSC est le plus souvent incluse au sein de la ZPS (Figure 10).

Caractérisé par un système alluvial important, le territoire de la Moyenne Vallée de l'Oise héberge une grande étendue de prairies de fauches inondables, où la fertilisation y est modérée, formant une entité paysagère et écologique originale en Picardie. Les prairies représentent le mode d'occupation du sol dominant et recouvrent plus de 51 % du territoire (Conservatoire des Sites Naturels de Picardie, 2002). Les cultures (10 %) sont généralement

situées en aval de Noyon. L'agriculture est le principal secteur d'activité. Par ailleurs, on peut aussi constater que plus de 5 % du territoire est occupé par de l'eau (plan d'eau, mares...). En effet, on peut y rencontrer de nombreuses dépressions, mares et prairies inondables. Ces milieux représentent des habitats favorables pour de nombreuses espèces menacées, tels que le Râle des genêts (*Crex crex*) et la Pie-grièche écorcheur (*Lanius collurio*).

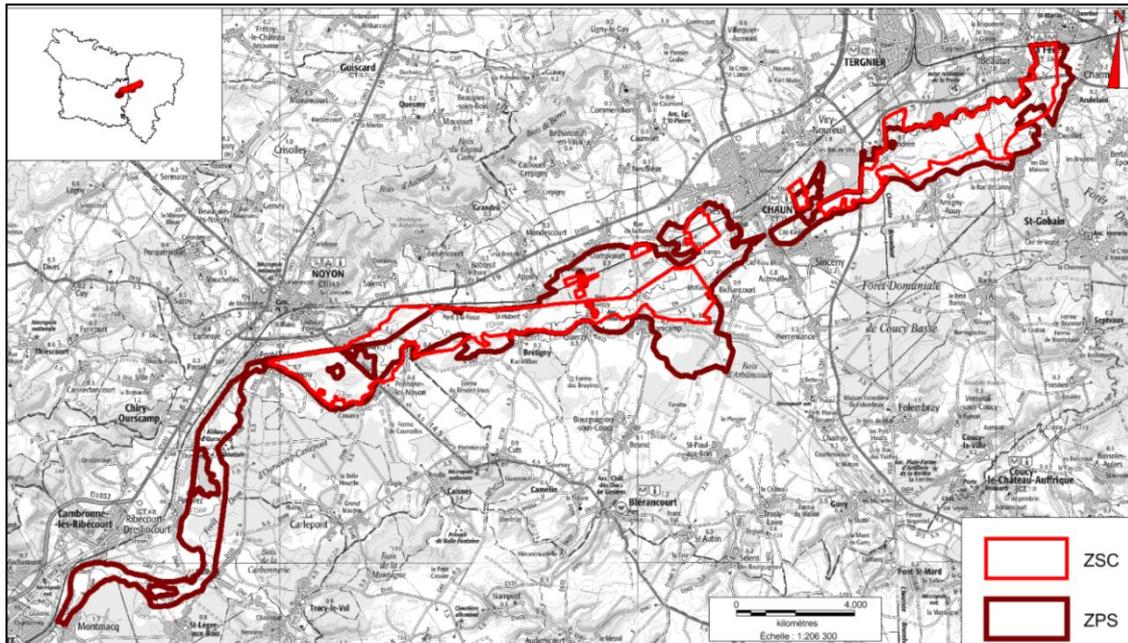


Figure 10 : Localisation du site Natura 2000 de la Moyenne Vallée de l'Oise en Picardie (Copyright IGN Scan 100, DREAL Picardie, 2012).

3-2 Présentation des parcelles

Localisées sur l'ensemble du territoire de la Moyenne Vallée de l'Oise, 56 parcelles de prairies humides ont été inventoriées : 35 parcelles contractualisées par une MAEt et 21 parcelles témoins qui ne font l'objet d'aucun contrat Natura 2000 (Figure 11). Etant donné qu'aujourd'hui la quasi-totalité des parcelles ont été contractualisées, il a été très difficile de trouver des parcelles sans MAEt pour notre étude. Les parcelles MAEt choisies pour l'étude ont toutes été contractualisées en 2007, afin d'avoir un historique homogène sur l'itinéraire technique et un recul suffisamment long pour mesurer un impact éventuel sur la biodiversité. De plus, les contrats étant établis pour 5 ans, ils prennent fin en 2012 (soit l'année de cette étude) et il est administrativement intéressant d'analyser les effets d'un contrat à l'issue de sa période de validité.

Les données relatives aux parcelles MAEt (localisation, surfaces, mesures contractualisées, année d'engagement, et numéro de pacage de l'agriculteur), ont été récupérées auprès de la Direction Régionale de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt (DRAAF) de Picardie. Afin de connaître les propriétaires des parcelles, nous avons fait appel au Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie (CENP), en charge de l'animation des MAEt sur le territoire d'étude.

Les données relatives aux parcelles témoins (propriétaires, localisation, apport en fertilisant, pratiques culturales), ont été récupérées dans un premier temps auprès des mairies. Cette première étape a permis de connaître le nom du propriétaire et de le contacter. Ensuite, nous avons contacté et rencontré chaque agriculteur susceptible d'avoir une ou plusieurs parcelles témoins sur le territoire.

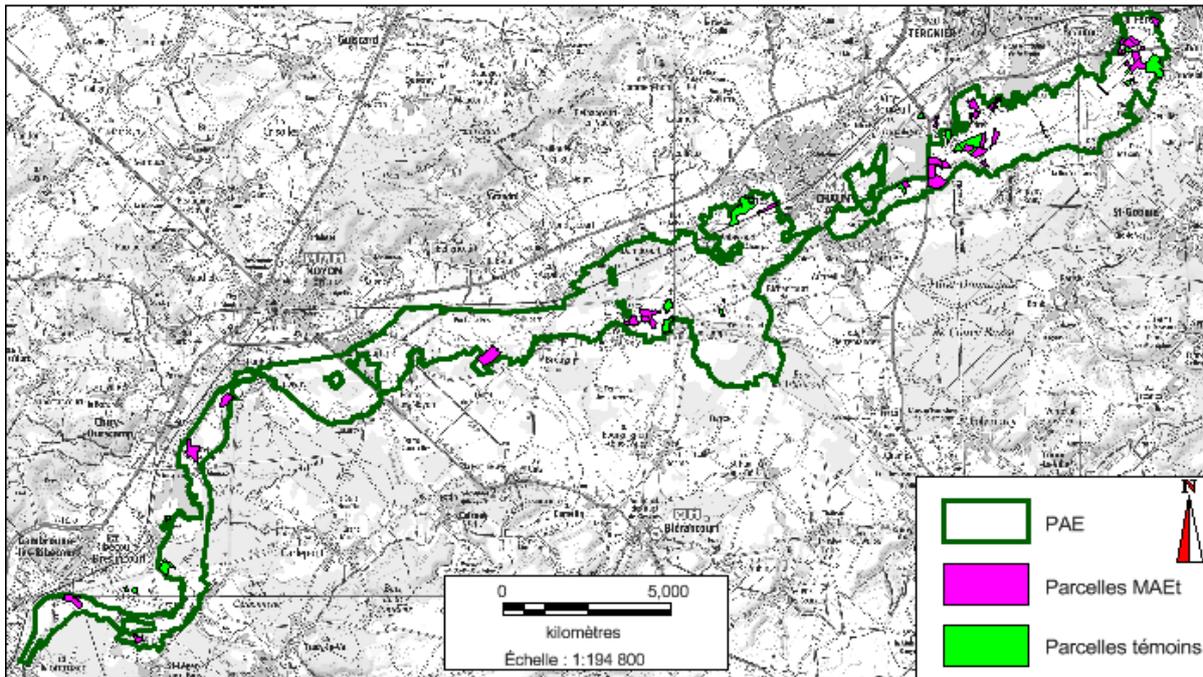


Figure 11 : Localisation des parcelles MAEt et témoins dans la Moyenne Vallée de l'Oise (Copyright IGN Scan 100, CENP, DRAAF et DREAL Picardie, 2012).

3-3 Récolte des données

3-3-1 Relevés de végétation

Sur chaque parcelle d'étude (MAEt et témoins), nous avons effectué des relevés de végétation. En raison d'un nombre plus faible de parcelles témoins (N=21 et N=35 parcelles MAEt), et dans le but d'avoir un effort d'échantillonnage suffisant, 2 relevés ont été effectués sur 14 parcelles témoins. Ainsi, 70 relevés ont été effectués (35 relevés dans les parcelles MAEt et 35 relevés dans les parcelles témoins entre le 21 mai et le 22 juin 2012).

Chaque relevé de végétation se compose de 20 quadrats de 1m² : 15 sont répartis le long de deux transects et 5 sont disposés aléatoirement dans la parcelle (Figure 12).

Le premier transect (T1), situé sur la lisière est composé de 5 quadrats de 1 m² séparés d'une distance de 1 mètre (9 m de long). La position du premier transect a été choisie aléatoirement, le long de la lisière de la parcelle.

Le second transect (T2), réalisé perpendiculairement au premier et d'une longueur de 20 mètres est composé de 10 quadrats de 1 m², également séparés par une distance de 1m. Ce dispositif permet d'avoir une représentation globale de la végétation de la parcelle et de tester également un éventuel « effet lisière ». Au total, 1400 quadrats ont été réalisés (Figure 12).

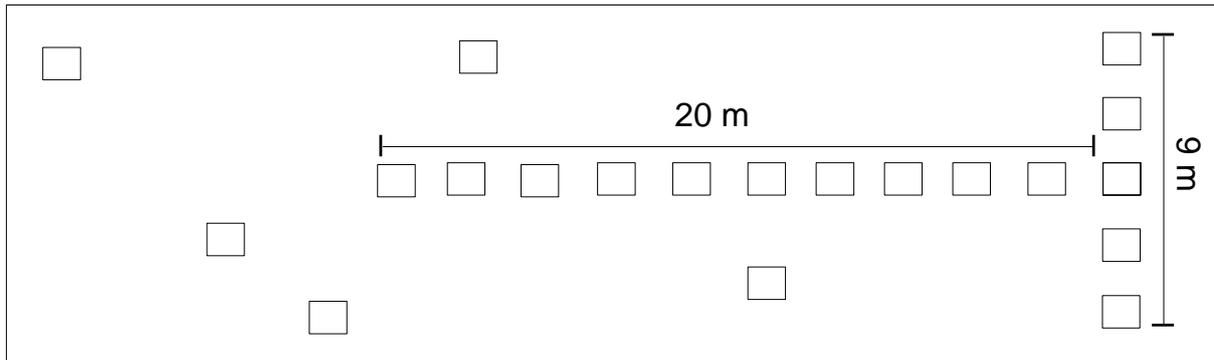


Figure 12 : Méthode d'échantillonnage des relevés floristiques sur les parcelles (parcelles avec et sans MAEt)

Pour chaque quadrat (Figure 13), la présence/absence de chaque espèce végétale a été relevée (voir aussi la fiche standard de relevés en annexe 4). La nomenclature utilisée est celle de Lambinon *et al*, 1992.



Figure 13 : Photographie d'un quadrat de 1m² dans lequel les relevés de végétation ont été effectués.

3-3-2 Protocole de suivi de l'état de conservation des populations du Cuivré des marais

Le suivi de l'état de conservation des populations de Cuivré des marais a été réalisé à partir des pontes de cette espèce. L'avantage de travailler sur ce stade de développement, est qu'il permet davantage de s'affranchir des conditions météorologiques et plus particulièrement de l'ensoleillement (même si initialement une période de beau temps est nécessaire pour que les imagos pondent). En outre, l'heure des relevés est également indifférente (ce qui n'est pas le cas pour un suivi des imagos) puisque les œufs restent en moyenne 5 à 18 jours sur les feuilles avant d'éclore.

Les relevés de ponte ont été effectués sur les mêmes parcelles que pour les relevés floristiques (N=56). Le protocole expérimental est basé sur celui de Strausz *et al* (2012).

Les relevés de pontes ont été réalisés sur 20 *Rumex* choisis aléatoirement dans la parcelle. La durée d'échantillonnage pour chaque relevé est d'environ 20 à 30 minutes. Pour chaque plante, la taille (largeur, nombre) et la disposition de l'amas d'œufs sur les feuilles sont répertoriées (Annexe 5). Les relevés ont été effectués entre le 21 mai et le 22 juin, mais en raison de conditions climatiques particulièrement défavorables cette année, une seconde période d'échantillonnage a été réalisée entre le 16 et le 31 juillet.

3-3-3 Variables environnementales

➤ Variables locales

Un questionnaire a été élaboré dans le but d'obtenir des données sur les pratiques culturales réalisées sur les parcelles choisies pour l'étude. (Annexe 6). Le questionnaire était destiné à l'ensemble des agriculteurs participant à l'étude et ayant des prairies avec ou non des mesures agro-environnementales. Au total, 20 agriculteurs ont été rencontrés. Ce questionnaire permet de réunir les éléments de base pour la détermination des **variables locales**. Les informations recueillis sont : le système de production (élevage, polyculture élevage), l'assolement de l'exploitation, les pratiques culturales (parcelles fauchées ou pâturées) mais également les apports en azote, phosphores et potassium sur les prairies (MAEt et témoins) et le nombre d'UGB/Ha.

➤ Variables paysagères

Les **variables paysagères**, ont été calculées dans un périmètre de 500 m autour de la limite de chaque parcelle. Ainsi, pour chaque parcelle, nous avons calculé la surface de prairies, de cultures, de gels, de bois, de peupleraies, de plans d'eau et de zones urbaines, le nombre de mètres linéaires de haies et de cours d'eau et la distance entre la parcelle et le cours d'eau le plus proche. L'ensemble de ces calculs a été réalisé avec MapInfo© version 11.0.

➤ Variables spatiales

Les **variables spatiales**, ont été calculées en fonction de la localisation des parcelles. Ainsi, pour chaque parcelle, et à partir des centroïdes de ces dernières, nous avons calculé les coordonnées géographiques (X, Y) avec MapInfo© version 11.0.

➤ Caractéristiques biologiques des espèces

Pour les espèces végétales, nous nous sommes basés sur les traits d'histoire de vie (THV) de toutes les espèces présentes sur nos parcelles. Pour cela, nous avons utilisé la base de données Flora indicativa (Landolt *et al*, 2010), que nous avons modifiée et complétée par Lambinon *et al* (1992). Cette base de données permet de connaître les indicateurs écologiques et les caractéristiques biologiques de l'ensemble des plantes inventoriées. Les variables suivantes ont été relevées :

- la luminosité (L) : gradient représentant les besoins de la plante en lumière. Cet indice varie entre 1 (espèce sciaphile) et 5 (espèce très héliophile).
- l'humus (H) : gradient représentant la teneur en humus du sol. Cet indice peut prendre les valeurs de 1 (pas ou peu d'humus), 3 (humus intermédiaire) et 5 (beaucoup d'humus).
- l'humidité (F) : gradient représentant les conditions hydrométriques dans laquelle pousse la plante. Cet indice varie de 1 (très sec) à 5 (très humide).

- la tolérance à l'humidité (W) : gradient qui mesure la tolérance de la plante par rapport aux conditions d'humidité (F). Cet indice varie de 1 (peu de variation) à 3 (beaucoup de variation).
- l'acidité du sol (R) : gradient qui représente les conditions de pH dans laquelle pousse la plante. Cet indice varie entre 1 (très acide) et 5 (très basique).
- la quantité en élément nutritif (N) : gradient qui mesure les conditions trophiques dans laquelle pousse la plante (azote et phosphore). Cet indice varie entre 1 (très oligotrophe) et 5 (très eutrophe).
- aération du sol (D) : gradient qui représente les conditions d'aération du sol dans laquelle pousse une plante. Cet indice peut prendre les valeurs de 1 (peu d'aération), de 3 (aération modérée) et 5 (beaucoup d'aération).
- la forme de vie, dérivée de la stratégie de Raunkiaer (LF). Un groupe liane à été créé pour regrouper toutes les espèces présentant ce caractère et les hémicryptophytes ont été rassemblées en une seule classe, car Landolt *et al.* distinguaient les hémicryptophytes dont une grande partie de l'année était passée sous forme de rosette de celles où la rosette ne représentait qu'une faible partie de l'année.
- la période de floraison (BZ): mois de début et de fin. Nous avons également calculé la médiane entre ces deux valeurs pour obtenir une valeur optimale de floraison.
- la stratégie de la plante définie d'après Grime (1974) (KS). Ce dernier classe les espèces selon leur compétitivité (C), leur tolérance au stress (S), et leur tolérance aux perturbations (R). Une espèce peut combiner plusieurs stratégies.
- caractère de dominance de la plante (DG) : gradient représentant le comportement des plantes dans un habitat. Cet indice varie de 1 (individu isolé) à 5 (occupant une large superficie).
- la tolérance des espèces à la fauche (MV): gradient qui représente la capacité des espèces à résister à la fauche. Cet indice varie entre 1 (peu tolérante) et 5 (très tolérante).

3-4 Analyses des données

3-4-1 Influence des pratiques agricoles et des variables locales et paysagères sur la diversité taxonomique et fonctionnelle

3-4-1-1 Indices de diversité taxonomique

Pour mesurer la diversité végétale à l'échelle de la parcelle, nous avons utilisé quatre indices de diversité : la richesse spécifique, l'indice de Shannon, l'indice de Simpson et l'indice de Piélu.

La **richesse spécifique** (S) correspond au nombre d'espèces présent sur chaque parcelle. Les indices de Shannon, Simpson et Piélu permettent de prendre en compte l'abondance des espèces. Pour calculer ces indices, nous avons utilisé la fréquence d'apparition des espèces au sein d'une parcelle comme une valeur de d'abondance. Pour chaque parcelle, « l'abondance » varie entre 0 et 20.

L'indice de *Shannon* (H) est l'indice de diversité le plus couramment utilisé dans la littérature (Gray *et al*, 1992) et présente une certaine sensibilité aux espèces rares. Cet indicateur est une mesure de la diversité qui tient compte de la richesse spécifique mais aussi de la proportion représentée par chaque espèce au sein de la communauté. Par ailleurs, il permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité dans un milieu et d'étudier son évolution au cours du temps. Il est calculé de la façon suivante :

$$H' = -\sum ((N_i/N) \times \log_2 (N_i/N))$$

Avec N_i le nombre d'individus de l'espèce i , i allant de 1 à S (nombre total d'espèces) et N le nombre total d'individus.

H' est minimal (=0) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce ou si dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement.

H' est maximal quand tous les individus sont répartis de façon égale entre toutes les espèces (Frontier, 1983).

L'indice de *Simpson* (D) permet de calculer la probabilité que deux individus sélectionnés aléatoirement dans un milieu donné soit de la même espèce. Il est calculé de la façon suivante :

$$D = \sum N_i(N_i-1) / N(N-1)$$

Avec N_i le nombre d'individus de l'espèce i , et N le nombre total d'individus.

Cet indice est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est grand, et pour un nombre d'espèces fixe, il est d'autant plus grand que la répartition des fréquences est équitable (Marcon, 2012).

L'indice de **Pielou, ou Equitabilité de Pielou** (J') est basé sur l'indice de Shannon, et permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique (Coïc et Grall, 2006). Il est calculé de la façon suivante :

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

Avec $H'_{\max} = \log S$ (S = nombre total d'espèces)

L'indice d'équitabilité peut varier entre 0 et 1. Celui-ci est maximal lorsque toutes les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et minimal lorsqu'une espèce domine tout le peuplement.

3-4-1-2 Indices de diversité fonctionnelle

Pour analyser la diversité fonctionnelle de la végétation prairiale des parcelles MAEt et des parcelles témoins, nous nous sommes appuyés sur trois indices de diversités : la richesse fonctionnelle (FRic), la régularité fonctionnelle (FEve) et la dispersion fonctionnelle (FDis)

(Villiger *et al*, 2008). Nous nous sommes intéressés à la diversité fonctionnelle en fonction des mesures et des pratiques et en fonction de la localisation des quadrats (transect 1, 2 ou aléatoire).

3-4-1-3 Influence des pratiques agricoles sur la diversité

L'effet des mesures agro-environnementales (CU1, CU2 et témoin), des itinéraires techniques (pâturé, fauché ou fauché et pâturé) sur ces indices de diversité a été testé par une ANOVA à deux facteurs à l'échelle de la parcelle et des transects (A1, T1 et T2). La normalité et l'homocédasticité (homogénéité des variances) ont été vérifiées avant la réalisation de ces tests. Pour l'analyse des transects, nous avons réalisé une anova à mesures répétées.

La normalité des données a été vérifiée visuellement et testée avec le test de D'Agostino. L'ANOVA étant suffisamment robuste pour s'affranchir de la normalité des données, une distribution non normale des données n'a cependant pas été un critère de non-réalisation de l'ANOVA. L'homocédasticité a été testée avec le test de Bartlett.

3-4-1-4 Influence des variables locales et paysagères sur la diversité

Pour tester la corrélation entre les variables locales (UGB/ha, azote, phosphore et potassium) et paysagères (bois, prairies, cultures, gel, peupleraies, haies, zone urbaine, cours d'eau, plan d'eau et distance au cours d'eau) et la diversité végétale par parcelle, nous avons utilisé le test de corrélation de Spearman.

3-4-2 Courbe de rang fréquence

Afin d'évaluer la répartition des espèces rares (peu fréquentes) et communes (très fréquentes) dans chaque parcelle en fonction des mesures agro-environnementales et des itinéraires techniques, nous avons réalisé des courbes de rang-fréquence. Les espèces sont classées par rang (axe X) et représentées en fonction de leur fréquence d'apparition (axe Y, nombre de quadrats). Plusieurs modèles d'ajustement ont ensuite été testés parmi les modèles les plus utilisés dans la littérature (Wilson, 1991) et nous avons uniquement gardé le meilleur modèle (celui qui présentait le plus faible coefficient d'AIC). Les modèles testés sont : le modèle de preemption, le modèle lognormal, le modèle Zipf et le modèle Mandelbrot.

3-4-3 Analyse de la composition floristique

3-4-4-1 Analyse de la composition floristique à l'échelle des quadrats

Pour analyser la composition floristique à l'échelle des quadrats, nous avons réalisé une analyse des correspondances détendancées (Detrended Correspondence Analysis, DCA). Cette analyse a été effectuée sur la matrice des quadrats x espèces préalablement standardisée par une transformation de Hellinger (Legendre et Gallagher, 2001). Nous nous intéresserons

plus particulièrement à la distribution des quadrats en fonction des mesures agro-environnementales et de leur localisation dans la parcelle (transect 1, 2 ou aléatoire).

3-4-4-2 Analyse de la composition floristique à l'échelle de la parcelle

Afin d'analyser la composition floristique à l'échelle de la parcelle et tester d'éventuelles relations avec les variables locales et paysagères, nous avons réalisé une analyse des redondances (RDA) (Legendre et Legendre, 1998). Cette analyse multivariée permet d'étudier la relation entre les deux tableaux de variables (Y la matrice de communauté de site x espèces, et X la matrice de variables explicatives). Cette analyse a été effectuée sur la matrice des parcelles x espèces préalablement standardisée par une transformation de Hellinger (Legendre et Gallagher, 2001).

3-4-4-3 Analyse de la composition floristique en fonction des dates d'engagements

Pour analyser la composition floristique des parcelles en fonction de la date d'engagement, nous avons réalisé une analyse des redondances (RDA) (Legendre et Legendre, 1998). Les parcelles du territoire de la Moyenne Vallée de l'Oise ont un historique important face aux MAEt. Ainsi, certaines parcelles de l'étude sont sous contrats depuis les premières OLAE (1995), d'autres depuis les CTE (2002), et enfin trois parcelles sont en contrat depuis 2007 avec les mesures Cuivré (MAEt). Bien évidemment, n'ayant pas d'historique dans la contractualisation des mesures, les parcelles témoins ont été exclues de cette analyse. L'analyse des redondances a été effectuée sur la matrice des parcelles x espèces préalablement standardisée par une transformation de Hellinger (Legendre et Gallagher, 2001).

3-4-4 Analyse des populations du Cuivré des marais

En raison de conditions climatiques particulièrement défavorables cette année et qui n'ont pas permis de récolter suffisamment de données sur les populations de Cuivré des marais, aucune analyse sur l'état de conservation de cette espèce ne sera effectuée.

Toutes les analyses ont été effectuées avec le logiciel R (R Development Core Team, 2011) et les bibliothèques « vegan » (Oksanen *et al*, 2012), « fBasics » (Wuertz *et al*, 2012) et « FD » (Laliberté et Legendre, 2010 ; Laliberté et Shipley, 2011).

IV Résultats

4-1 Influence des pratiques agricoles et des variables locales et paysagères sur la diversité taxonomique et fonctionnelle

4-1-1 Indices de diversité taxonomique

A l'échelle de la parcelle

Afin de comparer l'effet des mesures agro-environnementales territorialisées sur la diversité végétale, 70 relevés floristiques ont été réalisés dans 56 parcelles (MAEt et témoins), soit 1400 quadrats analysés. Lors de ces relevés, 150 espèces végétales ont pu être recensées (Annexe 7).

Les résultats de l'ensemble des indices de diversité sont représentés sur la figure 14. On constate que la richesse spécifique (Figure 14.a) est significativement différente entre les parcelles CU1 (fertilisation limitée à 60 unités d'azote par hectare), CU2 (pas de fertilisation) et témoins avec respectivement 23.36, 32.54 et 28.66 espèces en moyenne par parcelle (Tableau 1). Par contre, si l'on teste de manière globale la richesse spécifique en fonction des parcelles MAEt (CU1+CU2) et les parcelles témoins, nous n'observons pas de différence significative entre les richesses (Anova à un facteur, $F=0.33$ et $p=0.56$).

Par rapport aux itinéraires techniques réalisés, on n'observe aucune différence significative entre les différentes pratiques (Tableau 1). En revanche, il y a une différence significative sur le terme d'interaction entre les mesures et les pratiques (Tableau 1), suggérant que les parcelles CU2 fauchées ont une richesse spécifique significativement plus importante que la plupart des autres termes d'interaction (à l'exception de la richesse des parcelles CU2 fauchées-pâturées, des parcelles témoins fauchées-pâturées et des parcelles CU1 fauchées, annexe 8).

L'indice de Shannon (Figure 14 b) des parcelles CU2 est significativement plus important que celui des parcelles CU1, et l'indice de Shannon des parcelles témoins est significativement plus important que celui des parcelles CU1 (Tableau 1). Comme pour la richesse spécifique, on n'observe pas de différence de diversité en fonction du type de pratiques. Par contre, il y a une différence significative sur le terme d'interaction entre les mesures et les pratiques, suggérant que les parcelles CU2 fauchées ont un indice de diversité significativement plus important par rapport aux autres termes d'interaction (à l'exception des parcelles CU2 fauchées-pâturées, des parcelles CU1 fauchées et fauchées-pâturées).

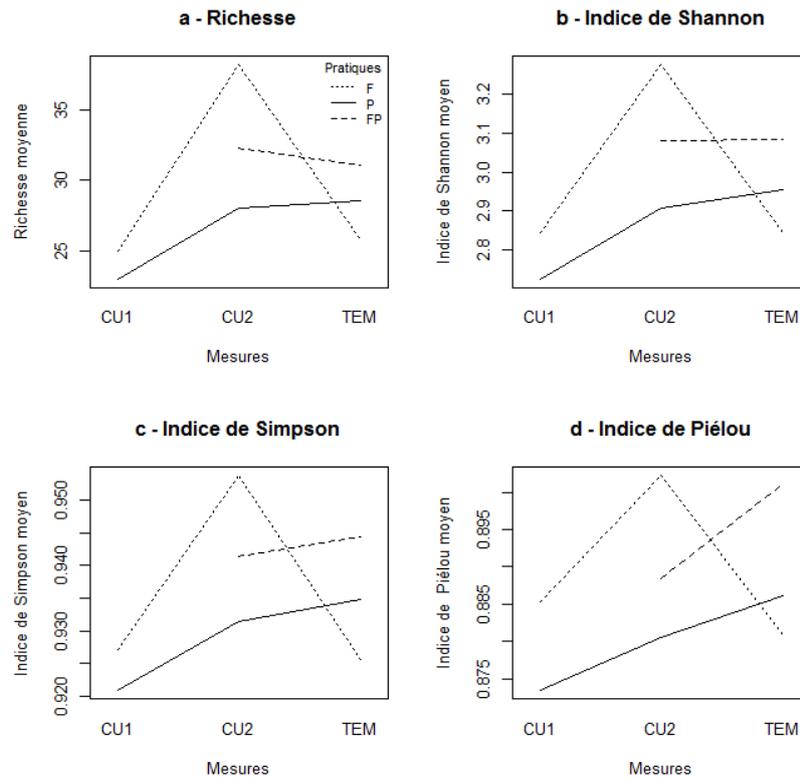


Figure 14 : Graphiques représentant les quatre indices de diversité en fonction des mesures et des itinéraires techniques, sachant que a) représente la richesse, b) l'indice de Shannon, c) l'indice de Simpson et d) l'indice de Piélou. Les mesures CU1 correspondent aux parcelles Cuivré 1 (limitation de la fertilisation), CU2 les parcelles Cuivré 2 (absence de fertilisation) et TEM aux parcelles témoins. Les courbes en ligne continue représentent les parcelles pâturées (P), en ligne pointillée de points les parcelles fauchées (F) et en ligne pointillée de tirets les parcelles fauchées puis pâturées (FP).

Pour l'indice de Simpson (Figure 14 c), seule une différence significative existe entre les parcelles CU1 et CU2 (Tableau 1, annexe 8). Encore une fois, l'indice de diversité est maximal pour les parcelles CU2 fauchées, mais bien que l'interaction entre les pratiques et les mesures soit significative, il existe seulement une différence entre les parcelles CU2 fauchées et les parcelles CU1 pâturées (Annexe 8).

Concernant le dernier indice de diversité (Piélou, Figure 14 d), l'analyse des variances ne montre aucune différence significative entre les différents groupes.

Tableau 1: Résultats de l'anova à deux facteurs (mesures et itinéraire technique), pour chacun des indices de diversité (S : richesse spécifique, H : Shannon, D : Simpson, J : Piélou). Les valeurs moyennes des interactions entre les mesures (CU1, CU2 et TEM) et les pratiques (Fauchées, Pâturées et Fauchées puis Pâturées) sont représentées dans la figure 14.

| | Nombre de parcelles | S | | | H | | | D | | | J | | |
|----------------------------|---------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Moyenne | F.value | P.value | Moyenne | F.value | P.value | Moyenne | F.value | P.value | Moyenne | F.value | P.value |
| Mesures | | | 8,9 | <0,001*** | | 6,77 | <0,01** | | 4,2 | 0,020* | | 1,1 | 0,34 |
| CU1 | 11 | 23,36 | | | 2,75 | | | 0,92 | | | 0,88 | | |
| CU2 | 24 | 32,54 | | | 3,07 | | | 0,94 | | | 0,89 | | |
| TEM | 35 | 28,66 | | | 2,97 | | | 0,94 | | | 0,89 | | |
| Pratiques | | | 2,47 | 0,09 | | 2,62 | 0,081 | | 1,81 | 0,17 | | 1,3 | 0,29 |
| F | 19 | 31,58 | | | 3,05 | | | 0,94 | | | 0,89 | | |
| FP | 14 | 31,43 | | | 3,08 | | | 0,94 | | | 0,88 | | |
| P | 37 | 27,05 | | | 2,89 | | | 0,93 | | | 0,88 | | |
| Mesures : Pratiques | | | 4,27 | <0,01** | | 3,62 | 0,017* | | 2,84 | 0,046* | | 1,05 | 0,38 |

A l'échelle des transects

L'ensemble des résultats des indices de diversité est représenté sur la figure 15. On constate que la richesse spécifique (Figure 15 a) est significativement (Tableau 2) toujours plus faible dans le transect 1 (transect le long de la lisière) que dans les quadrats répartis aléatoirement dans les parcelles et le transect 2 avec respectivement 17.98, 20.01 et 20.81 espèces en moyenne (Figure 15 a et Tableau 2). Par ailleurs, on remarque que le second transect (T2) a une richesse spécifique supérieure aux autres transects, hormis pour le T2 des parcelles CU1.

Par rapport aux mesures contractualisées, on constate que la richesse spécifique est significativement plus importante dans les parcelles CU2 (absence de fertilisation) que dans les parcelles témoins et les parcelles CU1, avec respectivement 21.65, 19.63, 15.63 espèces en moyenne (Tableau 2). En revanche, on n'observe aucune différence significative sur le terme d'interaction entre les transects et les mesures (Tableau 2).

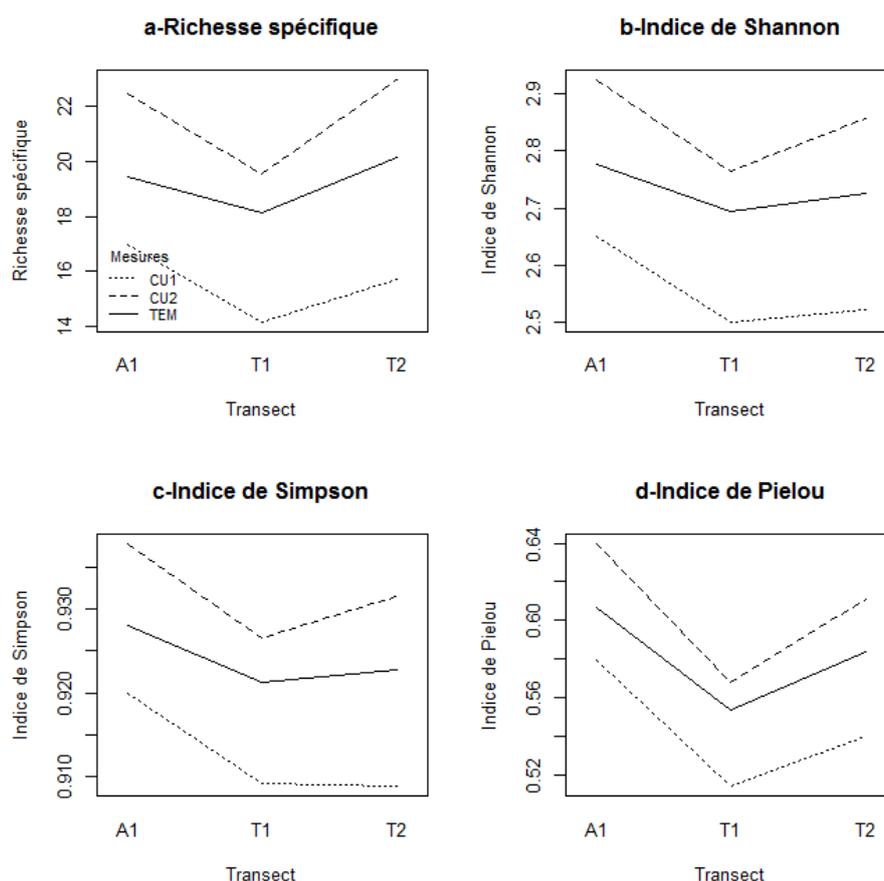


Figure 15 : Graphiques représentant quatre indices de diversité en fonction de la localisation des quadrats (A1, T1 et T2) et des mesures (CU1, CU2, TEM), sachant que a) représente la richesse, b) l'indice de Shannon, c) l'indice de Simpson et d) l'indice de Pielou. A1 représente les quadrats répartis aléatoirement dans la parcelle, T1 le transect 1 et T2 le second transect. Les courbes en ligne pointillée de points représentent les parcelles CU1, en ligne pointillée de tirets les parcelles CU2 et les lignes continues les parcelles témoins.

Les indices de Shannon, de Simpson et de Pielou (Figure 15 b, c et d)) ont des courbes similaires. On remarque que la diversité végétale est significativement différente en fonction

de la localisation du transect dans la parcelle, suggérant que les transects 1 ont une diversité végétale significativement plus faible que les quadrats aléatoires (A1) (Tableau 2).

Les trois indices montrent également une diversité végétale significativement plus élevée dans les parcelles CU2 que dans les parcelles CU1. Les transects T1 réalisés dans les parcelles CU1 ont une diversité végétale faible où quelques espèces dominent (indice de Pielou faible, Figure 15 d). Malgré cela, on n'observe aucune différence significative pour les trois indices, en terme d'interaction entre les transects et les mesures (Tableau 2).

Tableau 2: Résultats de l'anova à deux facteurs (localisation des quadrats A1, T1 et T2 et des mesures), pour chacun des indices de diversité (S : richesse spécifique, H : Shannon, D : Simpson, J : Pielou). Les valeurs moyennes des interactions entre les transects (A1, T1 et T2) et les mesures (CU1, CU2 et TEM) sont représentées dans la figure 15.

| | S | | | H | | | D | | | J | | |
|-------------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| | Moyenne | F.value | P.value | Moyenne | F.value | P.value | Moyenne | F.value | P.value | Moyenne | F.value | P.value |
| Transect | | 9,11 | <0,001*** | | 7,85 | <0,001*** | | 6,99 | <0,01** | | 44,29 | <0,001*** |
| A1 | 20,01 | | | 2,81 | | | 0,93 | | | 0,61 | | |
| T1 | 17,98 | | | 2,69 | | | 0,92 | | | 0,55 | | |
| T2 | 20,41 | | | 2,74 | | | 0,92 | | | 0,59 | | |
| Mesures | | 7,04 | <0,01** | | 5,35 | <0,01** | | 3,47 | 0,034** | | 5,39 | <0,01** |
| CU1 | 15,63 | | | 2,56 | | | 0,91 | | | 0,54 | | |
| Cu2 | 21,65 | | | 2,85 | | | 0,93 | | | 0,61 | | |
| TEM | 19,23 | | | 2,73 | | | 0,92 | | | 0,58 | | |
| Transect:Mesures | | 0,7 | 0,59 | | 1,93 | 0,71 | | 0,33 | 0,86 | | 0,58 | 0,67 |

4-1-2 Indices de diversité fonctionnelle

A l'échelle des parcelles

L'ensemble des résultats des indices de diversité fonctionnelle en fonction des mesures est représenté sur la figure 16. La régularité fonctionnelle (Figure 16 a), est significativement différente entre les pratiques, suggérant que l'indice est plus élevé dans les parcelles fauchées que dans les parcelles pâturées (Tableau 3). Cet indice est également significativement plus élevé dans les parcelles fauchées puis pâturées que dans les parcelles uniquement pâturées (Tableau 3, annexe 9). Par contre, il n'existe pas de différence significative pour cet indice entre les parcelles fauchées et fauchées puis pâturées.

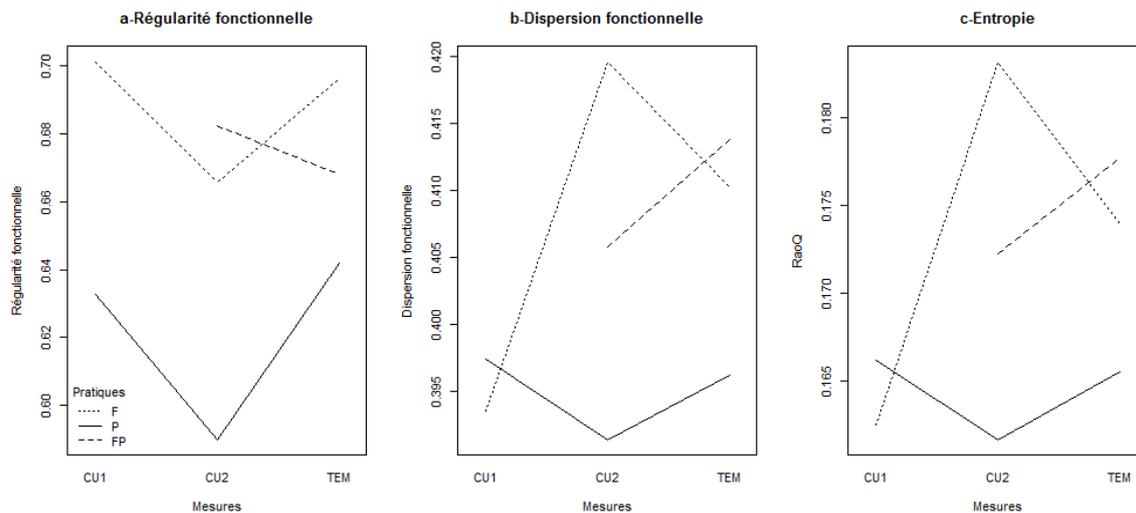


Figure 16 : Représentation des trois indices de diversité fonctionnelle en fonction des mesures et des pratiques, sachant que a) représente la régularité fonctionnelle, b) la dispersion fonctionnelle et c) l'entropie. Les courbes en ligne pointillée de points correspondent aux parcelles fauchées, les lignes pointillées de tirets les parcelles fauchées puis pâturées et les lignes continues les parcelles pâturées.

Concernant la dispersion fonctionnelle et l'entropie quadratique (Figure 16 b), on constate une différence significative entre les pratiques, signalant que les parcelles fauchées et les parcelles fauchées puis pâturées ont une dispersion et une entropie plus importante que les parcelles pâturées (Tableau 3, annexe 9). L'analyse des variances n'a relevé aucune différence significative en termes d'interaction entre les mesures et les pratiques.

Tableau 3: Résultats de l'anova à deux facteurs (mesures, CU1, CU2, TEM et pratiques F, FP, P), pour chacun des indices de diversité fonctionnelle. Les valeurs moyennes des interactions entre les mesures et les pratiques sont représentées dans la figure 16.

| | Régularité fonctionnelle | | | Dispersion fonctionnelle | | | Entropie | | |
|--------------------------|--------------------------|---------|-----------|--------------------------|---------|-----------|----------|---------|---------|
| | Moyenne | F.value | P.value | Moyenne | F.value | P.value | Moyenne | F.value | P.value |
| Mesures | | 1,91 | 0,16 | | 1,05 | 0,36 | | 0,93 | 0,4 |
| CU1 | 0,64 | | | 0,4 | | | 0,17 | | |
| Cu2 | 0,64 | | | 0,4 | | | 0,17 | | |
| TEM | 0,67 | | | 0,4 | | | 0,17 | | |
| Pratiques | | 8,63 | <0,001*** | | 9,01 | <0,001*** | | 7,17 | <0,01** |
| F | 0,68 | | | 0,41 | | | 0,18 | | |
| FP | 0,68 | | | 0,41 | | | 0,18 | | |
| P | 0,63 | | | 0,4 | | | 0,16 | | |
| Mesures:Pratiques | | 1,41 | 0,24 | | 1,99 | 0,12 | | 2,11 | 0,1 |

Enfin, pour l'entropie quadratique (Figure 16 c), les courbes sont similaires à la dispersion fonctionnelle. Ainsi, l'entropie est significativement plus élevée dans les parcelles fauchées et les parcelles fauchées puis pâturées que dans les parcelles uniquement pâturées (Tableau 3, annexe 9). Il n'existe aucune différence de signification entre l'interaction des mesures et des itinéraires techniques.

Enfin, pour les mesures, il n'existe aucune différence significative pour les trois indices de diversité fonctionnelle (Tableau 3).

A l'échelle des transects

L'ensemble des résultats des trois indices de diversité fonctionnelle en fonction de la localisation des transects est représenté dans la figure 17.

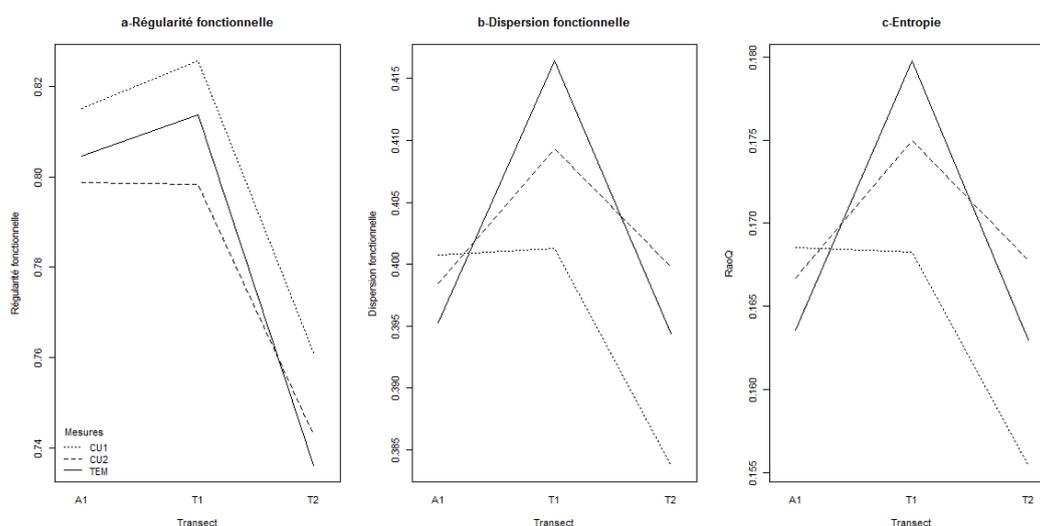


Figure 17 : Représentation des trois indices de diversité fonctionnelle en fonction de leur localisation dans la parcelle (A1 : aléatoire, T1 : transect 1, T2 : transect 2) et des mesures, sachant que a) représente la régularité fonctionnelle, b) la dispersion fonctionnelle et c) l'entropie. Les courbes en ligne pointillée de points correspondent aux parcelles CU1, les lignes pointillées de tirets aux parcelles CU2 et les lignes continues aux parcelles témoins.

L'indice de régularité fonctionnelle (Figure 17 a) est significativement plus élevé dans les T1 et A1 que dans les transects 2 (Tableau 3). Il n'existe néanmoins pas de différence significative entre les transects 1 et les quadrats aléatoires (A1).

Concernant la dispersion fonctionnelle et l'entropie (Figure 17 b et c), on remarque que les courbes sont similaires. Ainsi pour les deux indices, on remarque une différence significative en fonction des transects mais pas en fonction des mesures. L'analyse des variances ne montre pas de différence significative pour l'interaction entre les transects et les mesures.

Tableau 3 : Résultats de l'anova à deux facteurs (transects, A1, T1, T2, et mesures CU1, CU2, TEM), pour chacun des indices de diversité fonctionnelle. Chacune des interactions entre les mesures et les pratiques sont représentées dans la figure 17.

| | Régularité fonctionnelle | | | Dispersion fonctionnelle | | | Entropie | | |
|--------------------------|--------------------------|---------|------------|--------------------------|---------|-----------|----------|---------|-----------|
| | Moyenne | F.value | P.value | Moyenne | F.value | P.value | Moyenne | F.value | P.value |
| Transect | | 26,86 | <0,001 *** | | 12,87 | <0,001*** | | 12,2 | <0,001*** |
| A1 | 0,8 | | | 0,4 | | | 0,17 | | |
| T1 | 0,81 | | | 0,41 | | | 0,18 | | |
| T2 | 0,74 | | | 0,4 | | | 0,16 | | |
| Mesures | | 1,32 | 0,27 | | 1,5 | 0,23 | | 1,41 | 0,25 |
| CU1 | 0,8 | | | 0,4 | | | 0,16 | | |
| Cu2 | 0,78 | | | 0,4 | | | 0,17 | | |
| TEM | 0,78 | | | 0,4 | | | 0,17 | | |
| Transect: Mesures | | 0,27 | 0,9 | | 1,64 | 0,17 | | 1,64 | 0,16 |

4-1-3 Influence des variables locales et paysagères sur la diversité taxonomique et fonctionnelle

Les résultats du test de Spearman (Tableau 4), montrent des corrélations significativement négatives entre les indices de diversité (*S*, *D*, *H* et *J*) et les facteurs locaux (N, UGB.ha). Ainsi, plus l'apport en azote et l'intensité du pâturage (UGB.ha) sont faibles, plus la diversité végétale dans les parcelles est importante. Dans ce sens, on remarque que les variables UGB.ha et azote (N) sont elles-mêmes corrélées (Annexe 10). L'intensité du pâturage a également une corrélation significativement négative sur la dispersion fonctionnelle et l'entropie quadratique des espèces (Tableau 4).

En fonction des variables paysagères (bois, prairies, cultures, gel, peupleraie, haie, cours d'eau etc...), on constate que la présence de bois a un impact significatif sur la richesse et la diversité floristique des prairies. Par ailleurs, la surface en bois dans le paysage est négativement corrélée à la surface de prairies mais positivement corrélée à la surface en gels (Annexe 10). La présence de haie est aussi négativement corrélée avec la régularité fonctionnelle et l'entropie (Tableau 4).

Les variables spatiales montrent des corrélations significativement positives pour l'ensemble des indices de diversité taxonomique. Aucune corrélation n'est démontrée pour les indices de diversité fonctionnelle.

Tableau 4 : Résultats des tests de Spearman, entre les indices de richesse et les variables locales et paysagères. Les valeurs correspondent au coefficient de Spearman qui indique l'intensité de la corrélation. Les résultats significatifs sont représentés par * ≤ 0.05 , ** ≤ 0.01 et * ≤ 0.001 . Les colonnes représentées sont *S* : richesse, *D* : indice de Simpson, *H* : indice de Shannon, *J* : indice de Pielou, Régul F : régularité fonctionnelle, Disper F : dispersion fonctionnelle, Entr F : entropie fonctionnelle N : azote, P : phosphore, K : potassium, UGB : unité gros bétail par hectare, ZU : zone urbaine, X et Y : coordonnées géographiques.**

| | N | P | K | UGB | Bois | Prairies | Cultures | Gel | Peupleraie | ZU | Haie | Cours d'eau | Plan d'eau | distance cours d'eau | X | Y |
|----------|----------|-------|-------|---------|-----------|----------|----------|----------|------------|---------|----------|-------------|------------|----------------------|---------|----------|
| S | -0.33 ** | -0.02 | -0.02 | -0.26 * | -0.36 ** | -0.04 | 0 | -0.25 * | -0.17 | 0.01 | 0.2 | -0.19 | 0.01 | 0.27 * | 0.33 ** | 0.36 ** |
| D | -0.26 * | -0.01 | -0.01 | -0.25 * | -0.46 *** | -0.03 | -0.05 | -0.31 ** | -0.14 | -0.11 | 0.11 | -0.26 * | -0.01 | 0.31 ** | 0.37 ** | 0.39 *** |
| H | -0.3 * | 0.01 | 0.01 | -0.27 * | -0.42 *** | -0.04 | -0.02 | -0.28 * | -0.16 | -0.07 | 0.15 | -0.23 | 0.02 | 0.27 * | 0.35 ** | 0.38 ** |
| J | -0.04 | 0.12 | 0.12 | -0.14 | -0.44 *** | 0 | -0.09 | -0.3 * | -0.09 | -0.25 * | -0.06 | -0.27 * | 0.05 | 0.23 | 0.31 ** | 0.32 ** |
| Régul F | 0.09 | 0.14 | 0.14 | -0.23 | -0.07 | -0.04 | 0.07 | -0.06 | -0.15 | -0.24 * | -0.15 | -0.12 | 0.29 * | 0.04 | 0.07 | 0.05 |
| Disper F | 0.09 | -0.15 | -0.15 | -0.29 * | 0 | -0.03 | -0.06 | -0.03 | -0.01 | -0.25 * | -0.33 ** | -0.1 | -0.04 | 0.2 | -0.08 | -0.14 |
| Entr F | 0.09 | -0.13 | -0.13 | -0.25 * | 0.02 | -0.03 | -0.04 | -0.02 | -0.02 | -0.22 | -0.34 ** | -0.11 | -0.05 | 0.2 | -0.09 | -0.14 |

Concernant le réseau hydrographique (cours d'eau, plan d'eau et distance du cours d'eau par rapport à la parcelle), on constate une corrélation positive où, plus la parcelle est loin du cours d'eau, plus la richesse spécifique est importante.

4-2 Courbe rang fréquence

Les trois courbes rang fréquence réalisées en fonction des parcelles CU1, CU2 et témoins, permettent d'analyser la fréquence des espèces les plus communes et les rares. En effet, plus la courbe est importante (plus raide), plus il y a aura d'espèces communes et donc moins il y aura d'espèces rares sur la parcelle (Figure 18).

Le meilleur modèle d'ajustement des données correspond au modèle de preemption pour les trois types de mesures (Annexe 11, Figure 18 A). On constate une différence notable pour les mesures CU2, TEM et les mesures CU1 par rapport à la fréquence d'apparition des espèces les plus communes (plus faible dans les parcelles CU1) mais également par rapport à la fréquence des espèces rares dans les parcelles (plus importante dans les parcelles CU2 et TEM). Les parcelles CU1 ont donc relativement plus d'espèces communes par rapport aux espèces rares que les parcelles CU2 et TEM. Pour les parcelles CU2 et TEM, on remarque qu'il n'y a pas de réelle différence tant au niveau de la fréquence des espèces les plus communes que de celle des espèces rares.

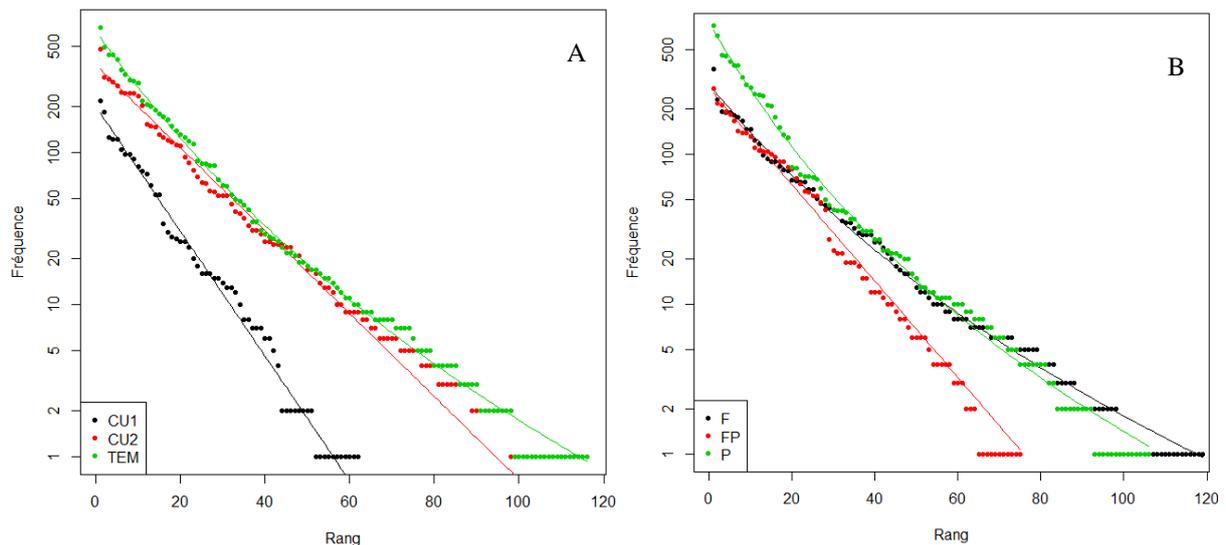


Figure 18 : Le graphique A représente les courbes rang fréquence en fonction des mesures. Les points noirs correspondent aux espèces présentes dans les parcelles CU1, les points rouges aux espèces présentes dans les parcelles CU2 et les points verts dans les parcelles Témoins. Les courbes (noire, rouge et verte) représentent l'ajustement des points par rapport au modèle preemption. Le graphique B représente les courbes rang fréquence en fonction des pratiques culturales. La courbe noire représente l'ajustement du modèle de Mandelbrot sur les parcelles fauchées, la courbe rouge l'ajustement des points par rapport au modèle de preemption sur les parcelles fauchées et pâturées et la courbe verte l'ajustement sur le modèle de Mandelbrot des parcelles pâturées.

Concernant les pratiques culturales (Figure 18 b), le modèle de preemption est le meilleur modèle d'ajustement pour les parcelles fauchées-pâturées alors que le modèle de Mandelbrot est le meilleur modèle d'ajustement pour les parcelles fauchées et pâturées (Annexe 11). On remarque que les parcelles fauchées puis pâturées ont relativement beaucoup d'espèces communes et peu d'espèces rares. Les parcelles pâturées ont plus d'espèces communes que les parcelles fauchées et fauchées-pâturées mais sont similaires aux parcelles fauchées en ce qui concerne la fréquence des espèces rares.

4-3 Analyse de la composition floristique

4-3-1 Analyse de la composition floristique à l'échelle des quadrats

Les résultats issus de la DCA (Figure 19) représentent l'ensemble des quadrats (A1 : 350, T1 : 350 et T2 : 700) réalisés en fonction de leur localisation (T1, T2, A1) et des mesures (CU1, CU2, TEM).

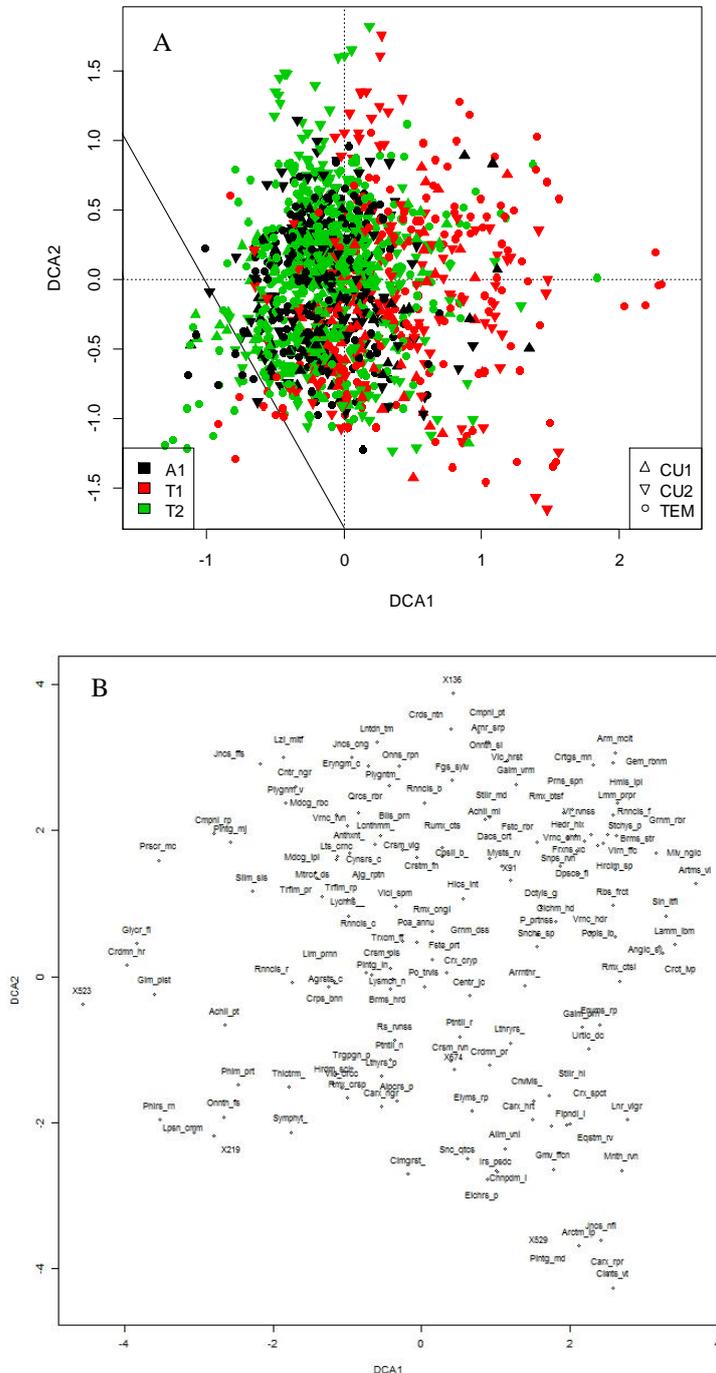


Figure 19 : Représentation des résultats de la DCA sur les axes 1 et 2 pour les sites (A). Les quadrats des transects 1 (T1) sont représentés en rouge, des transects 2 (T2) en vert et les quadrats aléatoires (A1) en noir en fonction des mesures (CU1, CU2, TEM). Le graphique B correspond à la projection des espèces suivant les axes 1 et 2. Les espèces représentées sont : *Achll_ml* : *Achillea millefolium*, *Achll_pt* : *Achillea ptarmica*, *Ajg_rptn* : *Ajuga reptans*, *Agrsts_c* : *Agrostis capillaris*, *Alim_vnl* : *Alium vineale*, *Alpcrs_p* : *Alopecurus pratensis*, *Angle_sy* : *Angelica sylvestris*, *Anthxnt_* : *Anthoxantum odoratum*, *Arctm_lp* : *Arctium lappa*, *Arnr_srp* :

Arenaria serpyllifolia, *Arrnthr_* : *Arrhenatherum elatius*, *Artms_vl* : *Artemisia vulgaris*, *Arm_mclt* : *Arum maculata*, *Blls_prn* : *Bellis perennis*, *Brms_hrd* : *Bromus hordeaceus*, *Brms_str* : *Bromus sterilis*, *Clmgrst* : *Calamagrostis epigejos*, *Cmpnl_pt* : *Campanula patula*, *Cmpnl_rp* : *Campanula rapunculus*, *Cpsll_b_* : *Capsella bursa pastoris*, *Crdrm_hr* : *Cardamine hirsuta*, *Crdrm_pr* : *Cardamine pratensis*, *Crds_ntn* : *Carduus nutans*, *Crx_cryp* : *Carex caryophyllea*, *Carx_hrt* : *Carex hirta*, *Carx_ngr* : *Carex nigra*, *Carx_rpr* : *Carex riparia*, *Crx_spct* : *Carex spicata*, *Centr_jc* : *Centaurea jacea*, *Cntr_ngr* : *Centaurea nigra*, *Crstm_fn* : *Cerastium fontanum*, *Chnpdm_l* : *Chenopodium album*, *Crsm_rvn* : *Cirsium arvesne*, *Crsm_pls* : *Cirsium palustre*, *Crsm_vlg* : *Cirsium vulgare*, *Clmts_vt* : *Clematis vitalba*, *Cnvlvls_* : *Convovulus arvensis*, *Crtgs_mn* : *Crataegus monogyna*, *Crps_bnn* : *Crepis biennis*, *Crct_lvp* : *Cruciata laevipes*, *Cynsrs_c* : *Cynosorus cristatus*, *Dctyls_g* : *Dactylis glomerata*, *Dacs_crt* : *Daucus carota*, *Dpscs_fl* : *Dipsacus fullonum*, *Eqstm_rv* : *Equisetum arvense*, *Elchrs_p* : *Eleocharis palustris*, *Elyms_rp* : *Elymus repens*, *Eryngm_c* : *Eryngium campestre*, *Enyms_rp* : *Euonymus europaeus*, *Fgs_sylv* : *Fagus sylvatica*, *Fstc_prt* : *Festuca pratensis*, *Fstc_rbr* : *Festuca rubra*, *Flpndl_l* : *Filipendula ulmaria*, *Frxts_xc* : *Fraxinus excelsior*, *Gzlm_prn* : *Galium aparine*, *Glm_plst* : *Galium palustre*, *Galm_vrm* : *Galium verum*, *Grnm_dss* : *Geranium dissectum*, *Grnm_rbr* : *Geranium robertianum*, *Gem_rbnm* : *Geum urbanum*, *Glechm_hd* : *Glechoma hederacea*, *Glycr_fl* : *Glyceria fluitans*, *Gmv_ffcn* : *Guimauve officinale*, *Hedr_hlx* : *Hedera helix*, *Hrclm_sp* : *Heracleum sphondylium*, *Hmls_lpl* : *Humulus lupulus*, *Hlcs_int* : *Holcus lanatus*, *Hrdm_scl* : *Hordeum secalinum*, *Irs_psdc* : *Iris pseudacorus*, *Jncs_eng* : *Juncus conglomeratus*, *Jncs_ffs* : *Juncus effusus*, *Jncs_nfl* : *Juncus inflexus*, *Lamm_lbm* : *Lamium album*, *Lmm_prpr* : *Lamium purpureum*, *Lpsn_cmm* : *Lapsana communis*, *Lthys_p* : *Lathyrus palustris*, *Lthryrs_* : *Lathyrus pratensis*, *Lntdn_tm* : *Leontodon autumnalis*, *Lcnthmm_* : *Leucanthemum vulgare*, *Lnr_vlgr* : *Linaria vulgaris*, *Llm_prrn* : *Lolium perenne*, *Lts_crnc* : *Lotus corniculatus*, *Lzl_mltf* : *Luzula multiflorum*, *Lychns_* : *Lychnis flos cuculi*, *Lysmch_n* : *Lysimachia nummularia*, *Mlv_nglc* : *Malva neglecta*, *Mtrcr_ds* : *Matricaria discoidea*, *Mdcg_rbc* : *Medicago arabica*, *Mdcg_lpl* : *Medicago lupulina*, *Mnth_rvn* : *Mentha arvensis*, *Mysts_rv* : *Myosotis arvensis*, *Onnth_fs* : *Oenanthe fistulosa*, *Onnth_sl* : *Oenanthe silaifolia*, *Onns_rpn* : *Ononis repens*, *Prscr_mc* : *Persicaria maculosa*, *Phlrs_rn* : *Phalaris arundinacea*, *Phlm_prt* : *Phleum pratense*, *Plntg_ln* : *Plantago lanceolata*, *Plntg_mj* : *Plantago major*, *Plntg_md* : *Plantago media*, *Poa_annu* : *Poa annua*, *P_prtns* : *Poa pratensis*, *Po_trvls* : *Poa trivialis*, *Plygntm_* : *Polygonatum multiflorum*, *Plygnm_v* : *Polygonatum aviculare*, *Popls_lb* : *Populus alba*, *Pntll_n* : *Potentilla anserina*, *Pntll_r* : *Potentilla reptans*, *Prns_spn* : *Prunus spinosa*, *Qrcs_rbr* : *Quercus robur*, *Rnncls_c* : *Ranunculus acris*, *Rnncls_b* : *Ranunculus bulbosus*, *Rnncls_f* : *Ranunculus ficaria*, *Rnncls_r* : *Ranunculus repens*, *Rs_rvnss* : *Rosa arvensis*, *Rbs_frct* : *Rubus fruticosus*, *Rumx_cts* : *Rumex acetosa*, *Rmx_ctsl* : *Rumex acetosella*, *Rmx_cngl* : *Rumex conglomerata*, *Rmx_crsp* : *Rumex crispus*, *Rmx_btsf* : *Rumex obtusifolius*, *Snc_qtes* : *Senecio aquaticus*, *Sln_lfll* : *Silene latifolia*, *Silm_sls* : *Silum silaus*, *Snps_rvn* : *Sinapsis arvensis*, *Stchys_p* : *Stachys palustris*, *Stllr_hl* : *Stellaria holostea*, *Stllr_md* : *Stellaria media*, *snchs_sp* : *Sonchus sp*, *Symphyt_* : *Shymphytum officinale*, *Trxcm_ff* : *Taraxacum officinalis*, *Thlctrm_* : *Thalictrum alpinum*, *Trgpgn_p* : *Tragopogon pratensis*, *Trflm_rp* : *Trifolium repens*, *Trflm_pr* : *Trifolium pratense*, *Urtic_dc* : *Urtica dioica*, *Vlrn_ffc* : *Valeriana officinalis*, *Vrnc_rvn* : *Veronica arvensis*, *Vrnc_chm* : *Veronica chamaedrys*, *Vrnc_hdr* : *Veronica hederifolia*, *Vic_crcc* : *Vicia cracca*, *Vic_hrst* : *Vicia hirsuta*, *Vici_spm* : *Vicia sepium*, *Vl_rvnss* : *Viola arvensis*.

Les résultats de la DCA montrent que la composition floristique est différente en fonction de la localisation des quadrats (Figure 19 A). L'axe 1 permet en effet d'isoler ce gradient avec les quadrats aléatoires et du transect 2 localisés dans les valeurs négatives de cet axe, et les quadrats localisés sur le transect 1 plutôt dans les valeurs positives le long de cet axe. On retrouve dans les quadrats du transect 1 des espèces de bords de chemin, de talus et relativement rudérales comme *Artemisia vulgaris*, *Geum urbanum*, *Veronica hederifolia*, *Urtica dioica*, *Cruciata laevipes* ou *Silene latifolia* (Figure 19 B). Sur les valeurs négatives de l'axe 2 et associé aux quadrats aléatoires ou du transect 2, on retrouve des espèces caractéristiques des prairies humides, comme *Achillea ptarmica*, *Ranunculus repens*, *Phleum pratense*, *Silum silaus* ou *Oenanthe fistulosa* (Figure 19 B).

On ne retrouve pas de différence en fonction du type de mesures (CU1, CU2 et TEM, Figure 19 A). L'axe 2 semble être expliqué dans ses valeurs positives par des espèces plutôt forestières ou de coupes forestières (*Arenaria serpyllifolia*, *Leontodon autumnalis*, *Juncus conglomeratus*, *Arum maculatum*, *Prunus spinosa* ou *Crataegus monogyna*), et dans ses valeurs négatives par des espèces plutôt aquatiques (*Senecio aquaticus*, *Iris pseudacorus*, *Carex riparia* ou *Arctium lappa*, Figure 19 B).

4-3-2 Analyse de la composition floristique à l'échelle de la parcelle

Les deux premiers axes de l'analyse des redondances expliquent 16,16 % de la variance totale.

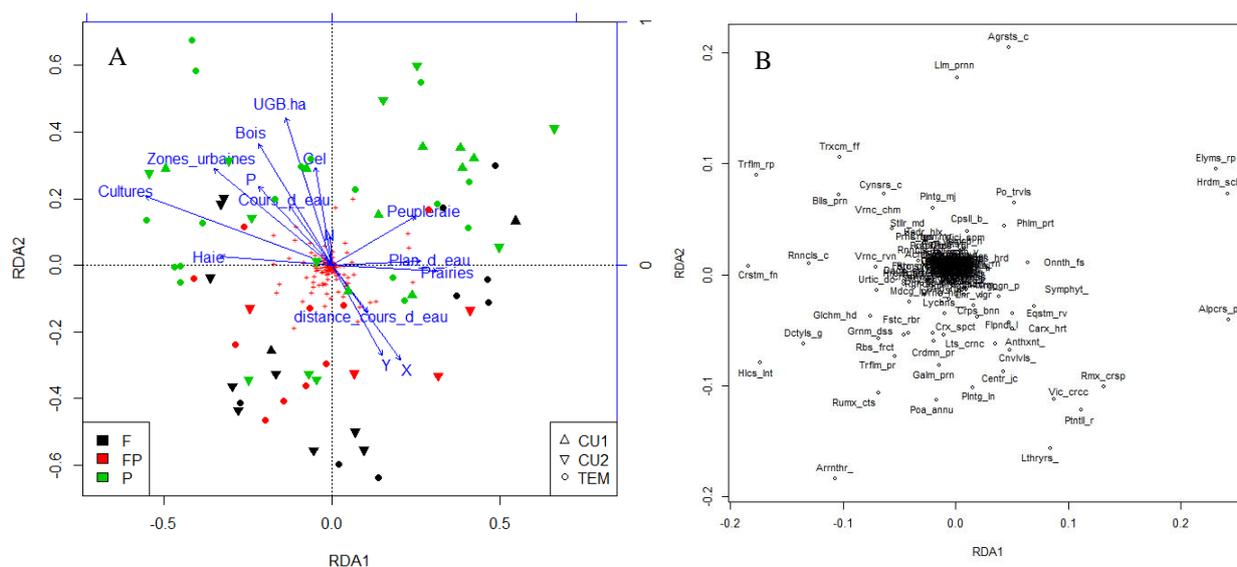


Figure 20 : Représentation des résultats de l'analyse des redondances sur les axes 1 et 2, pour les parcelles (A) et pour les espèces (B). Les parcelles fauchées (F) sont représentés en noires, les parcelles pâturées (P) en verte et les parcelles fauchées et pâturées (FP) en rouge. Les triangles à l'endroit et à l'envers et les points représentent respectivement les mesures Cuivré 1 (CU1), Cuivré 2 (CU2) et les témoins (TEM). Le graphique (B) correspond à la projection des espèces suivant les axes 1 et 2. La légende des espèces est identique à la légende de la Figure 19.

Les variables explicatives (locales et paysagères) semblent indiquer que l'axe 1 correspond à un gradient paysager et un gradient d'humidité, avec des milieux plutôt secs dans les valeurs négatives (cultures, zones urbaines) et des milieux plus humides dans les valeurs positives (peupleraie et plan d'eau, Figure 20 A). Un test de Spearman a notamment permis de vérifier les corrélations entre les coordonnées et les caractéristiques écologiques des espèces (corrélation significative avec les traits F et W, $\rho = 0.25$ et $p = <0.01$, $\rho = 0.26$ et $p = <0.01$ respectivement, annexe 12).

L'axe 2 est principalement expliqué par les pratiques culturelles (UGB.ha) dans ses valeurs positives et par la distance au cours d'eau pour ses valeurs négatives (Figure 20 A). La distribution des espèces confirme ce gradient, puisqu'on retrouve dans les valeurs positives des espèces très tolérantes au pâturage : *Lolium perenne*, *Agrostis capillaris*, *Trifolium repens*, *Elymus repens*, *Hordeum secalinum*.

4-3-2-1 Les pratiques culturelles

L'axe 2 représente donc principalement un gradient de pratiques culturelles qui part des prairies fauchées (valeurs négatives) jusqu'aux prairies pâturées (valeurs positives). Ainsi, quelque soit le type de mesure (Cuivré 1, Cuivré 2 et Témoins), les parcelles pâturées semblent avoir une composition floristique différente des parcelles fauchées avec certaines espèces caractéristiques comme *Lolium perenne*, espèce typique des prairies pâturées supportant un pâturage intensif et résistante au piétinement. En revanche, cette espèce

supporte mal la concurrence des autres espèces dans les prairies de fauche. En opposition, on retrouve dans les parcelles fauchées, des espèces telles que *Lathyrus pratensis*.

4-3-2-2 Les mesures contractualisées

Concernant les mesures contractualisées, on constate que les parcelles témoins sont réparties de façon homogène sur les deux axes.

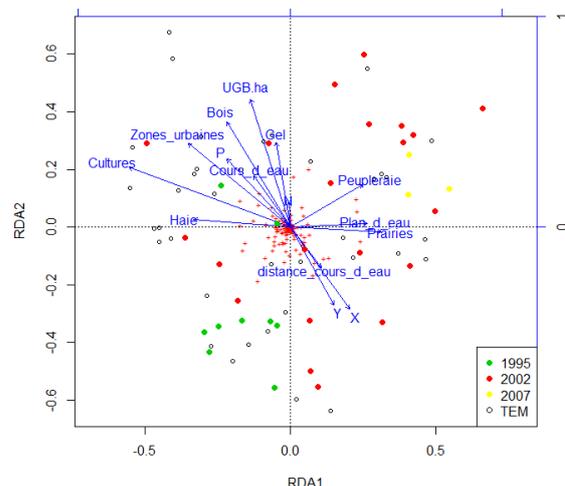
En ce qui concerne les mesures Cuivré 1 et 2, on ne remarque pas de différence pour la composition floristique (Figure 20 A). Néanmoins, on peut noter que les parcelles avec une mesure Cuivré 1 ont une composition floristique relativement homogène entre les parcelles (les points sont regroupés sur le graphique).

4-3-2-3 Les dates d'engagements

Grâce à l'analyse des redondances, on constate que les parcelles contractualisées en 1995 ont la même composition floristique, soit des espèces de prairies de fauches, plutôt des milieux secs. Néanmoins, appartenant à un seul agriculteur, les parcelles subissent les mêmes itinéraires techniques. Pour les parcelles engagées depuis 2002 (points rouges), on remarque que la composition floristique est plus proche des parcelles engagées en 2007 (Figure 21).

Concernant les parcelles contractualisées en 2007, les parcelles ont une composition floristique équivalente, avec des espèces des milieux frais à humide, malgré des propriétaires différents. Ainsi, on peut supposer que la date d'engagement est un facteur jouant sur la composition floristique de la parcelle.

Figure 21 : Représentation des résultats de l'analyse des redondances sur les axes 1 et 2. Les points verts représentent les parcelles contractualisées depuis 1995, les points rouges les parcelles contractualisées depuis 2002 et les points jaunes les parcelles engagées en 2007. Les ronds blancs représentent les parcelles témoins et n'ont donc pas de date d'engagement.



4-4 Analyse des populations du Cuivré des marais

Pour analyser les populations du Cuivré des marais, 833 *Rumex.sp* ont été inventoriés en fonction de leur présence sur les parcelles. Ainsi, pour 41 parcelles 20 *Rumex.sp* ont pu être inventoriés mais pour les autres parcelles la présence des *Rumex.sp* était beaucoup plus limitante. Ainsi, dans 12 parcelles aucun *Rumex.sp* n'a été relevé, et seulement 2, 5 et 6 *Rumex.sp* ont été relevés respectivement dans 1 parcelle. Lors de cet inventaire, aucune ponte n'a été récoltée. En revanche, 5 adultes ont été observés sur les parcelles.

Ces résultats sont la conséquence de conditions climatiques particulièrement défavorables cette année pour les lépidoptères.

Discussion

Les mesures contractualisées

Les mesures agro-environnementales territorialisées sont des dispositifs mis en place dans les parcelles agricoles afin d'enrayer le déclin de la biodiversité (Knop *et al*, 2006). Plusieurs études démontrent l'inefficacité des mesures sur la diversité floristique (Kleijn et Sutherland, 2003). Pourtant, elles ont des effets positifs sur la réduction des émissions de phosphore et d'azote (Jeanneret *et al*, 2003). Ce constat est complété par le fait que les mesures ont permis d'augmenter considérablement la biodiversité dans les prairies de fauches (Knop *et al*, 2006).

Sur le territoire de la moyenne vallée de l'Oise, les indices de diversité taxonomique nous ont permis de constater, d'une manière globale, qu'il n'existe pas de différence significative pour la richesse spécifique et pour la diversité végétale en fonction des parcelles MAEt qui visent à améliorer et développer des habitats favorables au Cuivré des marais (CU1+CU2) et des parcelles témoins. L'absence de différence entre les parcelles MAEt et les témoins peut s'expliquer par les itinéraires techniques réalisés sur les parcelles témoins. Les pratiques sont, en effet, quasiment identiques entre les MAEt et les témoins, notamment pour la fertilisation : une grande partie des parcelles témoins est peu ou pas fertilisée. De plus, certaines parcelles témoins sont la propriété du Conservatoire d'espaces naturels de Picardie (N=2), et sont ainsi gérées de manière extensive (faible pâturage ovin et absence de fertilisant). L'inefficacité des MAEt sur la diversité végétale dans les parcelles est en accord avec certaines études qui démontrent l'absence de différence significative pour la diversité et la composition floristique entre les parcelles MAEt et les parcelles témoins (Kleijn *et al*, 2006). Cependant, faute de relevés concernant les pontes du Cuivré des marais et de référence bibliographique, on ne peut affirmer l'efficacité des MAEt sur la qualité de l'habitat de reproduction et de butinage. Pour autant, l'étude des fréquences relatives moyenne des espèces butinées (espèces trouvées dans la littérature) et des *Rumex.sp* sur les parcelles, ne montre aucune différence significative quelles que soit la mesure (CU1, CU2, TEM) (Leconte, 2012). Elles permettent néanmoins, le maintien des prairies humides et donc de l'habitat du papillon.

La fertilisation

L'ensemble des indices de diversité taxonomique (Figure 14 a) montre une diversité végétale significativement plus importante dans les parcelles CU2 et les parcelles témoins que dans les parcelles CU1, qui peuvent être fertilisées jusqu'à 60 U N/ha, 30 U P/ha et 30 U K/ha. On remarque de plus une tendance à une composition floristique des parcelles CU1 plus homogène que dans les parcelles témoins et avec des mesures CU2 (Figure 21 A et B). L'impact de la fertilisation, même limitée, est déjà reconnu dans la littérature comme influençant la richesse et les communautés végétales (Knop *et al*, 2006). Nos résultats confirment également ce constat. En effet, même faible, la fertilisation, tend à diminuer la richesse spécifique de nombreux groupes : plantes, microarthropodes, bactéries du sol (Klimek *et al*, 2006 ; Amiaud *et al*, 2010). Il a d'ailleurs été démontré que l'impact de l'azote peut être direct en accroissant la fertilité du sol, sélectionnant les espèces à haute valeur compétitive, aboutissant à une richesse spécifique plus faible au niveau local. Ces effets ont également été constatés pour des niveaux d'apports en azote de l'ordre de 30 kg N/ha (Broyer et Prudhomme, 1995 ; Piper *et al*, 2005). De plus, dans les parcelles ayant subi un apport en

fertilisants, les espèces les plus communes sont favorisées au détriment des espèces rares. La fertilisation favorise, en effet, les espèces nitrophiles au détriment des plantes caractéristiques du milieu, ce qui provoque une banalisation des cortèges floristiques (Bertrand, 2001).

Etant donné que les parcelles pâturées CU2 ont une diversité végétale plus faible que les parcelles CU2 fauchées, on peut supposer que l'apport en fertilisant uniquement par les déjections animales, peut contribuer à une diminution de la richesse spécifique et de la diversité végétale dans les parcelles. La richesse spécifique est donc légèrement supérieure dans les parcelles gérées de manière extensive (peu de fertilisation) que dans les prairies conventionnelles (Oates, 1995).

L'influence des pratiques culturales

L'analyse des pratiques culturales a démontré l'absence de différence significative entre les différentes pratiques : parcelles fauchées, pâturées et les parcelles fauchées puis pâturées. Néanmoins, l'analyse des pratiques culturales en fonction des mesures a permis de démontrer une différence significative sur le terme d'interaction entre les mesures et les pratiques (Tableau 1), suggérant que les parcelles CU2 fauchées ont une richesse spécifique et une diversité végétale significativement plus importante que la plupart des autres termes d'interaction. Les indices de diversité taxonomique en particulier *S*, *H* et *D* sont, en effet, significativement plus importants pour les parcelles CU2 fauchées (Figure 14, Tableau 1). De plus, les résultats des tests de Spearman (Tableau 4) indiquent une corrélation significativement négative entre l'intensité du pâturage et les indices de diversité taxonomique et fonctionnelle. Ces constats peuvent s'expliquer par l'impact d'un pâturage intensif sur différents organismes tels que les végétaux, les arthropodes et la faune du sol (Kleijn *et al*, 2009), notamment par l'impact direct des bovins sur les communautés végétales en raison du piétinement et de l'abroustissement (Heady, 1975). Le pâturage n'est donc pas compatible pour maintenir une forte diversité biologique dans les prairies (Goodsen, 1983 ; Drew, 1994). L'effet du pâturage s'observe non seulement sur la diversité taxonomique mais également sur la diversité fonctionnelle (plus faible dans les prairies pâturées), traduisant une banalisation fonctionnelle des espèces de la communauté (Carmona *et al*, 2012).

Parallèlement, la corrélation significativement positive entre le pâturage et l'apport en azote, suggère que les agriculteurs réalisent des apports plus réguliers et plus importants en azote, phosphore et potassium sur les parcelles pâturées que sur les parcelles fauchées. Cette pratique est sûrement réalisée afin d'augmenter la productivité fourragère des prairies pour les animaux. Les MAEt permettent ainsi d'augmenter la richesse spécifique des prairies de fauches mais ont un effet beaucoup plus modéré sur les prairies pâturées (Knop *et al*, 2006).

Concernant la composition floristique des parcelles, les résultats issus de l'analyse des redondances (Figure 21 A et B) permettent de constater que les parcelles pâturées semblent avoir une composition floristique différente des parcelles fauchées (avec espèces caractéristiques telle que *Lolium pérenne*), quelque soit le type de mesure. Cette différence peut être le résultat de la pression du pâturage exercée par les animaux sur les plantes. En effet, un surpâturage favorise les espèces en rosette, prostrées développant des stratégies d'évitement, tandis qu'une faible pression de pâturage et la fauche vont favoriser les espèces de grande taille et compétitrice pour la lumière (Dumont *et al*, 2007). Par ailleurs on constate

une différence entre la composition fonctionnelle des prairies fauchées et des prairies pâturées, bien qu'il n'y ait pas de différence significative pour la richesse. En effet, la distribution des espèces est plus homogène dans les parcelles fauchées (Figure 18, Tableau 3). Bien qu'aucune date de fauche ne soit inscrite au cahier des charges des mesures « Cuivré », une fauche vers le 15 juin est souvent réalisée dans les prairies du territoire. Cette fauche « intermédiaire », réalisée dans les parcelles MAE, est un facteur pouvant expliquer la richesse plus importante dans les parcelles fauchées (Jacquemyn *et al*, 2003 ; Zechmeister *et al*, 2003). La date de fauche constitue un élément très important dans la conservation de la diversité végétale. Une coupe trop précoce va empêcher la production de semence des espèces non clonales, tandis qu'une coupe trop tardive va entraîner un couvert fermé (pas d'installation de nouvelles plantes) (Smith et Haukos, 2002). La diversité spécifique est maximale dans les prairies où la fauche est tardive (mi-juin, mi-juillet) (Critchley *et al*, 2007). Etant donné que les fauches tardives sont déjà appliquées sur le territoire de la moyenne vallée de l'Oise avec les mesures pour le Rôle des genêts, il serait intéressant d'étendre notre étude aux parcelles « Rôle ». Une étude sur les prairies ayant des dates de fauche au 26 juin (Rôle1) et au 16 juillet (Rôle2) permettrait de confirmer l'effet des dates de fauche sur la diversité végétale mais également sur la conservation des populations du Cuivré des marais.

D'une manière générale, les prairies de fauche sont plus riches en espèces végétales que les prairies pâturées, ce qui a probablement pour conséquence d'accroître la biodiversité.

L'effet lisière

La lisière constitue un habitat particulier avec des caractéristiques écologiques voire des espèces qui lui sont propres (Fraver, 1994 ; Cadenasso *et al*, 2003). Les lisières abritent, en effet, généralement, une plus grande biodiversité que les habitats adjacents : on parle d'« effet de lisière » (Lovejoy *et al*, 1986 ; Harris, 1988 ; Risser, 1995), mais ont souvent peu de valeur écologique. De part leur biodiversité, elles sont considérées comme des éléments majeurs pour la biodiversité et pour les services environnementaux qu'elles rendent, comme la régulation des populations des auxiliaires, et des ravageurs des cultures (Sarhou *et al*, 2005). Les lisières forestières constituent ainsi un enjeu primordial pour la gestion et la conservation de la biodiversité (Gosselin, 2008), mais peuvent également abriter des cortèges végétaux et animaux plus banales lorsqu'elles sont proches des zones anthropiques notamment zones urbanisées. De plus, elles ont des conséquences directes sur la structure et la composition des communautés végétales (Jules et Rathcke, 1999 ; Verheyen et Hermy, 2004).

Néanmoins, nos résultats ne permettent pas de mettre en évidence un tel effet lisière sur les parcelles étudiées (comparaison de la diversité en fonction de la localisation des quadrats). Les différents indices de diversité montrent une richesse spécifique et une diversité végétale plus importante dans le transect 2 (à l'intérieur de la parcelle) que dans le transect 1 le long de la lisière (Figure 15), ce qui s'oppose aux résultats habituellement décrits dans la littérature (Lovejoy *et al*, 1986 ; Harris, 1988 ; Risser, 1995). Pour notre étude, nous avons retrouvé des espèces relativement rudérales, comme *Artemisia vulgaris*, *Geum urbanum*, le long de la lisière alors que les espèces caractéristiques des prairies humides étaient logiquement retrouvées le long du transect 2. De plus, dans les mesures CU1 et les transects 1, on constate

un indice de Pielou faible, suggérant que seulement quelques espèces dominent la communauté (Figure 15 d). Cette richesse spécifique plus faible et la dominance de certaines espèces peut s'expliquer par la présence d'espèces rudérales qui sont beaucoup plus compétitives. La lisière est connue pour être un milieu où la compétition, la prédation et le parasitisme sont très intenses (Andren *et al*, 1985). Par ailleurs, la localisation de notre lisière peut également être la cause d'une richesse plus faible. En effet lorsque celle-ci délimite deux milieux relativement homogènes (par exemple deux prairies), la complémentarité de ces deux milieux ne permet pas d'augmenter la richesse spécifique de la lisière. Au contraire, si la lisière délimite deux milieux différents, alors elle constitue un véritable écotone qui est influencé par les deux milieux. La richesse de la lisière dépend ainsi du contexte paysager.

L'effet du paysage

La fragmentation des habitats est reconnue comme la cause majeure de la perte de la biodiversité (Wilcox et Murphy, 1985), en raison de la perte de fonctionnalité et de la réduction de la taille des habitats.

La présence de bois proche des parcelles MAEt et des parcelles témoins a un impact significativement négatif sur la richesse et la diversité végétale des prairies (Tableau 4). Ceci peut s'expliquer par l'augmentation de la compétition pour la lumière mais aussi entre les espèces, entraînant un impact sur le développement des espèces prairiales.

Les bois peuvent ainsi provoquer un « effet barrière » empêchant les espèces de se déplacer et ainsi coloniser de nouvelles parcelles. En effet, la composition de la matrice environnante influence directement les mouvements végétaux, ce qui peut avoir un impact sur la survie des populations locales (Laurance, 2008).

Recommandation de gestion

Tout au long de ce mémoire et grâce aux résultats, nous pouvons conclure que les mesures agro-environnementales territorialisées (MAEt) n'ont pas d'impact significatif sur la diversité végétale des prairies étudiées. Néanmoins, l'analyse des différentes mesures au travers des indices de diversité taxonomique et fonctionnelle et de la composition floristique, a permis de démontrer l'efficacité des mesures CU2 (absence totale de fertilisation) sur la diversité végétale, contrairement aux mesures CU1 (limitation de la fertilisation). Ainsi, pour augmenter la diversité végétale des prairies inondables et restaurer un habitat favorable au Cuivré des marais, la mesure CU2 doit donc être favorisée par rapport à la CU1 et limiter la contractualisation des mesures CU1. Les parcelles CU1 ont d'ailleurs une richesse spécifique et une diversité végétale plus faible que les parcelles témoins.

Par ailleurs, il a été démontré que les parcelles fauchées ont une diversité taxonomique et fonctionnelle plus importante que les parcelles pâturées. La richesse spécifique est également améliorée par la fauche tardive (Critchley *et al*, 2007). Ainsi, dans le territoire, il serait intéressant de favoriser les prairies de fauches mais surtout d'inscrire au cahier des charges une date de fauche.

Au final, les mesures Rale1 et Rale2 contractualisées depuis 2007 sur le territoire s'avèrent plus adaptées à la préservation de la diversité végétale, mais aussi à la conservation des populations du Cuivré des marais. Il faudrait ainsi développer ces mesures sur l'ensemble du territoire au détriment des mesures « Cuivré ».

Bilan personnel

A mon sens, sauf cas exceptionnel de conflits avec certains responsables de stage, le bilan d'une telle expérience professionnelle est globalement toujours très positif et enrichissant. Pour ma part, mes relations avec mon maître de stage, mes dirigeants et l'ensemble de mes collègues de travail ont été tout à fait saines et cordiales. Cette expérience permet de nous intégrer progressivement dans la vie active, ce qui est un atout considérable pour les étudiants. C'est un bon apprentissage pour ce qui nous attend post vie-étudiante.

Concernant le contenu et le sujet de mon stage, j'ai eu la chance de le trouver relativement tôt, et donc de ne pas avoir à le choisir par défaut, mais au contraire parce que le sujet correspondait à mes intérêts. Et je n'ai sincèrement pas été déçu par ma mission. De plus, ce stage m'a permis d'allier une partie « terrain » et une partie « bureau », ce qui est nécessaire pour moi et qui plus est, très agréable.

Cette étude m'a permis de travailler sur l'évaluation des politiques publiques en faveur de la protection de l'environnement en agriculture. Je trouve qu'elle s'inscrit dans une des problématiques les plus intéressantes en agroécologie visant, notamment, à la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, au maintien des haies et au retard des fauches. J'ai vraiment eu le sentiment que cela correspondait tout à fait aux attentes du Master EADD, particulièrement du domaine « agroécologie », dont je fais partie.

En outre, ma mission a nécessité une part importante de travail en autonomie et de prise de responsabilité notamment dans le choix des parcelles témoins, et des entretiens auprès des agriculteurs. N'ayant aucune donnée de base, j'ai pu prendre conscience de la difficulté d'obtenir des informations entre service d'un même ministère. Il faut sans cesse réitérer les demandes, relancer les démarches, multiplier les appels et les courriels... Au final, j'ai récupéré toutes les informations nécessaires qui m'étaient indispensables pour mon étude. Un bon apprentissage...

J'ai pu également m'exprimer et partager mes idées, notamment dans l'élaboration du questionnaire, et pour la mise en place des protocoles. J'en remercie d'ailleurs mon maître de stage pour la confiance qu'il a pu m'accorder tout au long de ce stage. Par ailleurs, j'ai eu la chance d'être intégrée au bureau Natura 2000 et ainsi d'assister à différents COPIL de la région et à diverses réunions pour la finalisation des DOCOBs. Ces réunions m'ont permis de comprendre toute la difficulté de mettre en place un tel réseau, en particulier dans la finalisation des périmètres des sites Natura 2000.

D'un point de vue personnel, j'ai eu l'occasion de me rendre compte que, contrairement à un stage de trois mois, ce stage de sept mois représente un laps de temps suffisamment long pour mener à bien une étude. En effet, j'ai pu travailler en amont de l'étude (choix de la zone d'étude, mise en place des protocoles) mais également en aval avec les relevés botaniques et

le suivi des pontes du Cuivré des marais. Ces relevés m'ont d'ailleurs permis d'enrichir mes connaissances botaniques.

Pour la recherche des parcelles témoins, mais aussi pour l'analyse des résultats, j'ai énormément travaillé sur le logiciel MapInfo. J'ai ainsi pu acquérir des notions sur ce logiciel cartographique particulièrement utiles dans notre domaine. Afin d'obtenir l'ensemble des informations pour les parcelles témoins, indispensables pour l'étude, j'étais régulièrement en contact avec des agriculteurs mais aussi avec les mairies et le Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie. J'ai ainsi pu prendre conscience de la difficulté de ce type de travail.

Enfin, l'analyse des résultats m'a permis de travailler avec le logiciel R, et ainsi d'apprendre quelques bases de ce logiciel de statistiques. J'ai ainsi pris conscience de l'extrême nécessité des statistiques dans ce type d'étude. Mes lacunes dans la maîtrise d'un tel logiciel, appellent à être rapidement corrigées.

Au chapitre des déceptions, les conditions climatiques, défavorables pour les lépidoptères, ont fait que le suivi du Cuivré des marais a été très difficile. Ceci a entraîné l'absence de résultats pour l'évaluation des MAEt sur les papillons de ce papillon.

Pour autant, je pense avoir su gérer le temps qu'il m'était imparti et avoir su répondre aux objectifs demandés par la DREAL.

Conclusion

La cause majeure de perte de la biodiversité à l'échelle mondiale est la fragmentation des habitats (Wilcox et Murphy, 1985 ; Honnay *et al*, 2005). Cette fragmentation est notamment la conséquence d'une intensification agricole depuis les années 1950, via l'agrandissement des parcelles et la perte d'éléments paysagers comme les haies ou les bosquets (Honnay *et al*, 2005 ; Le Roux *et al*, 2008 a).

La Picardie, bien que dominée par des territoires de grandes cultures, offre une mosaïque d'habitats riche en espèces faunistiques et floristiques. Elle est néanmoins, l'une des régions la plus pauvre en infrastructures agroécologiques (Pointerau et Coulon, 2007). Afin de préserver les habitats et les espèces sur les terres agricoles, une nouvelle politique de mesures agro-environnementales a été instaurée en France en 2007. Ces mesures incitent les agriculteurs à mettre en œuvre des pratiques culturales préservant les paysages ruraux, ainsi que la faune et la flore inféodées à ces milieux.

Cette étude avait pour objectif de mesurer l'impact des mesures agro-environnementales sur le site Natura 2000 de la Moyenne Vallée de l'Oise. L'efficacité des MAEt a été mesurée sur la diversité floristique des prairies humides et sur les populations du Cuivré des marais. Plusieurs modalités ont été testées sur un total de 1400 quadrats répartis sur 56 parcelles : parcelles avec des mesures Cuivré 1 (limitation de la fertilisation), parcelles avec des mesures Cuivré 2 (absence de fertilisation) et des parcelles témoins sur lesquelles aucune MAEt n'était contractualisée. Nous avons également utilisé plusieurs indicateurs de diversité taxonomique et fonctionnelle que nous avons mis en relation avec un ensemble de variables.

Nos recherches nous ont ainsi permis de souligner l'absence d'efficacité des MAEt sur la diversité végétale. En effet, les résultats montrent des indices de diversité identiques entre les parcelles MAEt et les parcelles témoins. Néanmoins, en distinguant les trois modalités (CU1, CU2 et TEM), on constate que la diversité végétale taxonomique entre les parcelles CU1 et CU2 est significativement différente, suggérant que la diversité végétale est plus élevée dans les parcelles CU2. On peut donc conclure qu'une fertilisation même limitée entraîne un déclin de la diversité végétale. Nos recherches bibliographiques confirment ce résultat, puisqu'il a été constaté que la richesse spécifique diminue avec l'augmentation de la fertilisation même limitée (30 U N/ha), quelles que soient les pratiques culturales (Kleijn *et al*, 2009). De plus, la fertilisation favorise les espèces les plus communes au détriment des espèces les plus rares. Dans ce cadre, les parcelles CU2 seraient davantage favorable à la présence du Cuivré des marais.

Les pratiques culturales (parcelles fauchées, pâturées et fauchées puis pâturées) sont également à prendre en compte pour comprendre la diversité végétale au sein d'une parcelle. L'analyse des variances (anova) à deux facteurs (pratiques culturales et modalités) a permis de démontrer qu'une parcelle CU2 couplée avec la fauche avait une richesse spécifique et une diversité végétale supérieure aux autres parcelles. On peut ainsi supposer que même un apport d'azote organique lié aux bovins est suffisant pour entraîner une diminution de la diversité

végétale. Donc, plus l'intensité du pâturage est faible, plus la diversité végétale est importante. La nature du paysage peut également influencer la diversité floristique. En effet, la présence de cours d'eau et de bois aux abords de la parcelle entraîne une diminution de la diversité végétale.

L'étude des deux transects a démontré un « effet lisière », entraînant une différence dans la composition floristique des transects. C'est pourquoi, les espèces les plus rudérales ont été retrouvées le long du transect 1 (lisière) et des espèces caractéristiques des prairies humides le long du second transect. Le transect 2 est ainsi représentatif de la parcelle.

En conclusion, les MAEt influencent modérément la diversité végétale des prairies humides de la Moyenne Vallée de l'Oise. Cet impact est principalement lié à une diminution de la fertilisation sur les prairies, notamment dans les parcelles Cuivré 2. Par ailleurs, elles permettent le maintien des prairies humides et donc de l'habitat du Cuivré des marais.

Afin d'augmenter l'efficacité des MAE sur la préservation des populations de Cuivré des marais, les mesures devraient interdire tout apport de fertilisants, et de traitements chimiques sur les prairies. Néanmoins, étant donné que les *Rumex.sp*, plantes hôtes du Cuivré des marais sont des espèces nitrophiles, il est nécessaire de trouver un équilibre pour la fertilisation. Concernant la date de fauche, les mesures Cuivré devraient intégrer une fauche tardive afin de laisser au Cuivré des marais le temps de pondre sur les pieds de *Rumex.sp* et aux chenilles de se développer. Par ailleurs, le cahier des charges des mesures agro-environnementales proposées sur le territoire a pour objectif de favoriser le renouvellement des populations de Cuivré des marais. Pourtant, le cahier des charges autorise les agriculteurs à traiter localement les *Cirsium.sp*, *Urtica.sp* et *Rumex.sp*, plantes hôtes du Cuivré des marais, ce qui paraît aberrant. Ces mesures ne sont donc pas spécifiquement liées à l'espèce mais favorisent la biodiversité en général.

Dans sa globalité, l'étude permet ainsi de juger de l'efficacité des mesures mise en place sur le territoire de la moyenne vallée de l'Oise et apporte de nouvelles recommandations pour améliorer la gestion de la biodiversité.

L'étude réalisée sur l'évaluation des MAEt a permis de mettre en avant des éléments nouveaux, qu'il serait à mon sens intéressant, d'ajouter aux analyses des prochains suivis.

Tout d'abord, il faudrait ajouter aux parcelles de l'étude les parcelles sur lesquelles ont été contractualisées des mesures Rôle 1 et Rôle 2. L'intégration de ces mesures à l'étude permettrait d'avoir un échantillon plus important, recouvrant une plus grande surface du territoire de la Moyenne Vallée de l'Oise. Par ailleurs, le retard de fauche inscrit dans les mesures Rôle (26 juin et 16 juillet) pourrait être une variable très intéressante à prendre en compte pour les pontes du Cuivré des marais mais également pour la végétation.

On peut également envisager d'approfondir l'analyse par une prise en compte plus importante de l'environnement des parcelles, particulièrement les pratiques culturales et les mesures des parcelles voisines (CU1, CU2, RA1, RA2, témoins). Ces variables pourraient expliquer davantage la richesse végétale et la composition floristique des parcelles. Enfin, il serait important d'étudier le rôle joué par la nature du sol sur la végétation.

Bibliographie

ALBRECHT M., DUELLI PETER., MÜLLER C., KLEIJN D., SCHMID B., (2007). The Swiss agri-environment scheme enhances pollinator diversity and plant reproductive success in nearby intensively managed farmland, *Journal of Applied Ecology*, 44 : 813-822.

AMIAUD B, AULAGNIER S, BUTET A, CHAUVEL B, CARRE G, CORTET J, COUVET D, JOLY P, LESCOURRET F, PLANTUREUX S, SARTHOU J, STEINBERG C, TICHIT M, VAISSIERE B, TUINIEN D, VILLENAVE C., (2010). *Agriculture et Biodiversité : Les effets de l'agriculture sur la biodiversité*, ed Quae, 139p.

ANDREN H., ANGELSTAM P., LINDSTROM E., WIDEN P., (1985). Differences in predation pressure in relation to habitat fragmentation: an experiment, *Oikos*, 45 : 273-277.

AUGIRON S., (2012). *Evaluation des outils de conservation de la biodiversité en milieu agricole : cas des Zones de Protections Spéciales et des Mesures Agro-Environnementale – biodiversité*, Thèse, Université de Poitiers, 144p.

AVIRON S., JEANNERET P., SCHÜPBACH B., HERZOG F., (2007). Effects of agri-environmental measures, site and landscape conditions on butterfly diversity of Swiss grassland, *Agriculture Ecosystems and Environment*, 122: 295-304.

BARNOSKY AD., HADLY EA., BASCOMPTE J., BERLOW EL., BROWN JH., FORTELIUS M., GETZ WM., HARTE J., HASTINGS A., MARQUET PA., MARTINEZ ND., MOOERS A., ROOPNARINE P., VERMEIJ G., WILLIAMS JW., GILLESPIE R., KITZEES J., MARSHALL C., MATZKE N., MINDELL DP., REVILLA E., SMITH AB., (2012). Approaching a state shift in Earth's biosphere, *Nature* 486 : 52-58.

BENGTSSON J., AHNSTRÖM J., WEIBULL AC., (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance : a meta-analysis, *Journal of applied ecology*, 42 : 261-269.

BERTRAND J., (2001). *Agriculture et biodiversité un partenariat à valoriser*, ed Educagri, 161p.

BIOTOPE., (2007). *Lycaena dispar: Le Cuivré des marais*, 4p.

BROYER J., PRUDHOMME J., (1995). Incidence de la fertilisation sur la diversité floristique des prairies de fauches inondables dans le val de Saônes, *Ecology*, 26(1) : 45-58.

BURTON RJF., KUCZERA C., SCHWARZ., (2008). Exploring farmers' cultural resistance to voluntary agri-environmental schemes, *Sociologia ruralis*, 48 : 16-37.

CADENASSO ML., PICKETT STA., WEATHERS KC., JONES CG., (2003). A framework for a theory of ecological boundaries, *Bioscience*, 53 : 750-758.

CARMONA CP., AZCARATE FM., DE BELLO F., OLLERO HS., LEPS J., PECO B., (2012). Taxonomical and functional diversity turnover in Mediterranean grasslands: interactions between grazing, habitat type and rainfall, *Journal of Applied Ecology*, 1 : 1-10.

CINGOLANI AM., NOY-MEIR I., DIAZ S., (2005) Grazing effects on rangeland diversity : a synthesis of contemporary models, *Ecological Applications*, 15(2) : 757-773.

COÏC N., GRALL J., (2006). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier, *Rebent*, 91p.

Conseil des Communautés Européenne., (1979). Directive 79/409/CEE concernant la conservation des oiseaux sauvages, 25p.

Conseil des Communautés Européenne., (1992). Directive 92/43/CEE concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages, 57p.

Conservatoire botanique de Bailleul., (2010). L'observatoire de la biodiversité, dossier de presse, 10p.

Conservatoire botanique national de Bailleul., (2012). Catalogue flore Picardie, document Excel.

Conservation nature., [2010]. Directive Habitats Faune Flore [en ligne]. Disponible sur: <http://www.conservation-nature.fr/article3.php?id=94> (consulté le 14.02.2012)

Conservatoire des Sites Alsaciens., (2006). Inventaire et étude des papillons diurnes des milieux ouverts du site Natura 2000 de la Lauter, état de conservation et mesures de conservation pour les espèces d'intérêt européen, p43-54.

Conservatoire des Sites Naturels de Picardie., (2002). Document d'objectifs Natura 2000 de la Moyenne Vallée de l'Oise, volume 1, 314p.

CRITCHLEY CNR., WALKER KJ., PYWELL RF., STEVENSON MJ., (2007). The contribution of English agri-environment schemes to botanical diversity in arable field margins, *Aspects of Applied Biology*, 81 : 293-300.

DDAF., (2007). Notice d'information, territoire « Moyenne Vallée de l'Oise », 16p.

DELATTRE T., VERNON P., BUREL F., (2011). An agri-environmental scheme enhances butterfly dispersal in European agricultural landscapes, *Agriculture Ecosystems and Environment* 10 : 8p.

DREAL Picardie a., [2012]. Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement [en ligne]. Disponible sur: <http://www.picardie.developpement-durable.gouv.fr/> (consulté le 09.02.2012)

DREAL Picardie b., (2012). Natura 2000 en Picardie : L'évaluation des incidences, 49p.

DREW L., (1994). Whose home is the range anyway ?, *National Wildlife*, 32(1) : 12-18.

DUMONT B., FARRUGGIA A., GAREL JP., (2007). Pâturage et biodiversité dans les prairies permanents, *Rencontres Recherches Ruminants*, 14 : 17-24.

DUPONT P., (2000). Programme national de restauration pour la conservation des lépidoptères diurnes (*Hesperiiidae*, *Papilionidae*, *Pieridae*, *Lycaenidae* et *Nymphalidae*), Première phase: 2001-2004, document OPIE, 188p.

EUROPA., [2006]. Bern Convention [en ligne]. Disponible sur : http://europa.eu/legislation_summaries/environment/nature_and_biodiversity/128050_en.htm (consulté le 02.08.2012)

EUROPA., [2011]. Nitrates agricoles [en ligne]. Disponible sur : http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environnement/128013_fr.htm (consulté le 26.06.2012)

European Commission., (2005). Agri-environment Measures, Overview on General Principles, Types of Measures, and Application, 24p.

France Nature Environnement., (2007). Mise en œuvre des mesures agroenvironnementales (MAE) dans le programme de développement rural hexagonal (PDRH) 2007-2013, note d'information à l'attention des APNE, 16p.

FRAVER S., (1994). Vegetation responses along edge-to-interior gradients in the mixed hardwood forests of the Roanoke river basin, North-Carolina, *Conservation biology*, 8 : 822-832.

FRONTIER S., (1983). L'échantillonnage de la diversité spécifique. In *Stratégie d'échantillonnage en écologie*, édition Frontier et Masson, Colloque d'écologie, 494p.

FUENTES-MONTEMAYOR E., GOULSON D., PARK KJ., (2010). The effectiveness of agri-environment schemes for the conservation of farmland moths: assessing the importance of a landscape-scale management approach, *Journal of Applied Ecology*, 10 : 1-10.

GARDNER B., (1996). *European Agriculture: Policies, Production and Trade*, Routledge, 248p.

GOODSEN N., (1983). Effect of domestic sheep grazing on bighorn sheep populations : a review. *Northern Wild Sheep and Goat Council*, 3 : 287-313.

GOSSELIN M., (2008). Biodiversité et gestion forestière: la gestion des lisières, *Forêt-entreprise*, 183 : 58-62.

GRAY J., MCINTYRE AD., STIRN J., (1992). Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. Onzième partie, Evaluation biologique de la pollution marine, eu égard en particulier au benthos. *FAO Document technique sur les pêches*, 324 : 53p.

GRIME JP., (1974). Vegetation classification by reference to strategies, *Nature*, 250 : 26-31.

HARRIS LD., (1988). Edge effects and conservation of biotic diversity, *Conservation Biology*, 2 : 330-332.

HEADY HF., (1975). *Rangeland Management*, McGraw-Hill, New York, 460p.

HONNAY O., JACQUEMYN H., BOSSUYT B., HERMY H., (2005). Forest fragmentation effect on patch occupancy and population viability of herbaceous plant species, *New Phytologist*, 166 : 723-736.

HERZOG F., DREIER S., HOFER G., MARFURT C., SCHÜPBACH B., SPIESS M., WALTER T., (2004). Effect of ecological compensation areas on floristic and breeding bird diversity in Swiss agricultural landscape, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108 : 189-204.

HERZOG F., (2005). Agri-environment schemes as landscape experiments, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108 : 175-177.

HUNTER MD., PRICE PW., (1992). Playing chutes and ladders – heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities, *Ecology*, 73 : 724-732.

JACQUEMYN H., BRYNS R., HERMY M., (2003). Short-term effects of different management regimes on the response of calcareous grassland vegetation to increased nitrogen, *Biological Conservation*, 111 : 137-147.

JAMONEAU A., SONNIER G., CHABRERIE O., CLOSSET-KOPP D., SAGUEZ R., GALLET-MORON E., DECOCQ G., (2011). Divers of plant species assemblages in forest patches among contrasted dynamic agricultural landscapes ; *Journal of Ecology*, 99 : 1152-1161.

JEANNERET P., SCHÜPDACH B., PFIFFNER L., HERZOG F., WALTER T., (2003). The swiss agro-environment programme and its effects on selected biodiversity indicators, *Journal of Nature Conservation*, 11 : 213-220.

Journal officiel de l'Union Européenne., (2010). Directive 2009/147/Ce du parlement européen et du conseil du 30 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages, 19p.

JULES ES., RATHCKE BJ., (1999). Mechanisms of reduced Trillium recruitment along edges of old-growth forest fragments, *Conservation Biology*, 13 : 784-793.

KLEIJN D., BERENDSE F., SMIT R., GILISSEN N., (2001). Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes, *Nature*, 413 : 723-725.

KLEIJN D., SUTHERLAND WJ., (2003). How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity ?, *Journal of Applied Ecology*, 40: 947-969.

KLEIJN D., BAQUERO RA., CLOUGH Y., DIAZ M., DEESTEBAN J., FERNANDEZ F., GABRIEL D., HERZOG F., HOLZSCHUH A., JÖHL R., KNOP E., KRUESS A., MARSCHALL EJP., STEFFAN-DEWENTER I., TSCHARntke T., VERHULST J., WEST TM., YELA JL., (2006). Mixed biodiversity benefits of agri-environment schemes in five European countries, *Ecology letters*, 9 : 243-257.

KLEIJN D., KOHLER F., BALDI A., BATARY P., CONCEPTION ED., CLOUGH Y., DIAZ M., GABRIEL D., HOLZSCHUH A., KNOP E., KOVACS A., MARSHALL EJP., TSCHARNTKE T., VERHULST J., (2009). On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe, *Proceedings of the royal society*, 276 : 903-909.

KLIMEK S., KEMMERMANN AR., HOFMANN M., ISSELSTEIN J., (2006). Plant species richness and composition in managed grasslands : The relative importance of field management and environmental factors, *Biological Conservation*, 134 : 559-570.

KNOP E., KLEIJN D., HERZOG F., SCHMID B., (2006). Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity, *Journal of Applied Ecology* 43(1) : 120-127.

LAFRANCHIS T., (2000). Les papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles, collection Parthénope, ed Biotope, Mèze, 448p.

LALIBERTE E., LEGENDRE P., (2010). A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology* 91 : 299-305.

LALIBERTE E., SHIPLEY B., (2011). FD: measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology. R package version 1.0-11.

LAMBINON J., DE LANGHE JE., DELVOSALLE L., DUVIGNEAUD J., (1992). Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines, quatrième édition, ed du Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique, 1092p

LANDOLT E., BÄUMLER B., ERHARDT A., HEGG O., KLÖTZLI F., LÄMMLER W., NOBIS M., RUDMANN-MAURER K., SCHWEINGRUBER FH., THEURILLAT JP., URMI E., VUST M., WOHLGEMUTH T., (2010). Flora indicativa, Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen, ed Haupt, 376p.

LAURANCE WF., (2008). Theory meets reality; How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory, *Biological Conservation*, 141 : 1731-1744.

LECONTE R., (2012). Etude de l'efficacité des mesures Agro-environnementales sur les populations de Cuivré des marais : *Lycaena dispar*, Mémoire de stage, 38p.

LEGENDRE P., GALLAGHER ED., (2001). Ecologically meaningful transformations for ordination of species data, *Oecologia* 129 : 271-280.

LEGENDRE P., LEGENDRE L., (1998). Numerical ecology, 2nd English edition, Elsevier Science BV, Amsterdam, 853p.

LE ROUX X., BARBAULT R., BAUDRY J., BUREL., DOUSSAN I., GARNIER E., HERZOG F., LAVOREL S., LIFRAN R., ROGER-ESTRADE J., SARTHOU JP., TROMMETTER.M., (2008a). Agriculture et biodiversité, valoriser les synergies, INRA, 38p.

LE ROUX X., BARBAULT R., BAUDRY J., BUREL., DOUSSAN I., GARNIER E., HERZOG F., LAVOREL S., LIFRAN R., ROGER-ESTRADE J., SARTHOU JP., TROMMETTER.M., (2008b). Agriculture et biodiversité, valoriser les synergies, Synthèse du rapport d'expertise, 2^{ème} partie, INRA, 78p.

LOVEJOY TER., BIERREGAARD Jr RO., RYLANDS AB., MALCOLM JR., QUINTELA CE., HARPER LH., BROWN Jr KS., POWELL AH., POWELL GVN., SCHUBART HOR., HAYS MB., (1986). Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In: Conservation biology: the science of scarcity and diversity, Sinauer, Sunderland, Massachussets, USA.

MARCON E., (2012). Mesures de la biodiversité, Unité mixte de Recherche, 56p.

MARTIN LA., PULLIN AS., (2004). Host-plant specialisation and habitat restriction in an endangered insect, *Lycaena dispar batavus* (Lepidoptera: Lycaenidae). I Larval feeding and oviposition preferences, Entomology, 101 : 51-56.

MATSON PA., HUNTER MD., (1992). The relative contributions of top-down and bottom-up forces in population and community ecology, Ecology, 73 : 723.

MATZDORF B., KAISER T., ROHNER MS., (2007). Developing biodiversity indicator to design efficient agri-environmental schemes for extensively used grassland, Ecological indicators, 8 : 256-269.

Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche., (2011). Circulaire DGPAAT/SDEA/C2011-3030, 452p.

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, et de l'Énergie., [2012]. La démarche française, Une gestion contractuelle et volontaire [en ligne]. Disponible sur: <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Une-gestion-contractuelle-et.html> (consulté le 14.02.2012)

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement a., (2011). Les chiffres clés du réseau Natura 2000, 3p.

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement b., [2011]. Les contrats Natura 2000 [en ligne]. Disponible sur: <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-contrats-Natura-2000,24352.html> (consulté le 15.02.2012)

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire., (2009). Le réseau Natura 2000 en France, 52p.

MORGANTINI JY., JOLIET V., (2005). La biodiversité facteur de production pour une agriculture qui répond aux attentes actuelles des agriculteurs et de la société, 44p.

MURUA JR., LAAJIMI A., (1995). Transition de l'agriculture conventionnelle vers l'agriculture durable : quelques réflexions. Centre internationales des hautes études agronomiques méditerranéennes, 9 : 75-86.

- NICHOLLS CN., PULLIN AS.,** (2003). The effects of flooding on survivorship in overwintering larvae of the large copper butterfly *Lycaena dispar batavus* (Lepidoptera: Lycaenidae), and its possible implications for restoration management, *Entomology*, 100 : 65-72.
- NORRIS K.,** (2008). Agriculture and biodiversity conservation : opportunity knocks, *Conservation letters* 1: 2-11.
- OATES MR.,** (1995). Butterfly conservation within the management of grassland habitats, p98-112.
- OKSANEN J., BLANCHET G., KINDT R., LEGENDRE P., MINCHIN PR., O'HARA RB., SIMPSON GL., SOLYMOS P., HENRY M., STEVENS H., WAGNER H.,** (2012). Vegan: Community Ecology, Package.R package version 2.0-4.
- PIPER JK., BILINGS DN., LEITE VJ.,** (2005). Effects of nitrogen fertilizer on the composition of two prairie plant communities, *Community Ecology*, 6(1) : 93-100.
- POINTEREAU P., COULON F.,** (2007). Atlas cartographique des infrastructures agroécologiques en France, juin 2007, 19p.
- PULLIN AS.,** (1995). Ecology and Conservation of Butterflies. Chapman & Hall, London, 384p.
- R Development Core Team.,** (2011). R: A language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- RAJANIEMI TK.,** (2002). Why does fertilization reduce plant species diversity? Testing three competition-based hypotheses, *Journal of Ecology*, 90 : 316-324.
- RISSER PG.,** (1995). The status of science examining ecotones, *Bioscience*, 45 : 318-325.
- RONZON B.,** (2006). Biodiversité et lutte biologique : Comprendre quelques fonctionnements écologiques dans une parcelle cultivée, pour prévenir contre le puceron de la salade. Extrait d'un mémoire de fin d'études sur les bandes fleuries, qui sont utilisées comme réservoir d'insectes auxiliaires, ENITA de Clermont Ferrand, 25p.
- SARTHOU JP.,** (2006). La biodiversité dans tous ses états in Alter-agri, bimestriel des agricultures alternatives, 76 : 3-14.
- SARTHOU JP., OUIN A., ARRIGNON F., BARREAU G., BOUYJOU B.,** (2005). Landscapes parameters explain the distribution and abundance of *Episyrphus balteatus* (Diptera : Syrphidae), *European Journal of Entomology*, 102 : 539-545.
- SAUNDERS DA., HOBBS RJ., MARGULES CR.,** (2001). Biological consequences of ecosystems fragmentation: a review, *Conservation Biology*, 5(1) : 18-32.
- SMTIH LM., HAUKOS DA.,** (2002). Flora diversity in relation to playa wetland area and watershed disturbance, *Conservation Biology*, 16(4) : 964-974.

SPARKS TH., PARISH T., (1995). Factors affecting the abundance of butterflies in field boundaries in Swavesey fens, Cambridgeshire, UK, *Biological Conservation*, 73 : 221-227.

STOATE C., BOATMAN ND., BORRAHLON RJ., CARVALHO CR., DE SNOO GR., EDEN P., (2002). Ecological impacts of arable intensification in Europe, *Journal Environment*, 63 : 337-365.

STRAUSZ M., FIEDLER K., FRANZEN M., WIEMERS M., (2012). Habitat and host plant use of the Large Copper Butterfly *Lycaena dispar* in an urban environment, *Journal Insect Conservation*, 1-13.

THOMAS C., (2009). D'une notion de durabilité à l'agriculture écologiquement intensive. *TCS*, 51 : 24-27.

TORKLER P., (2005). Le financement de Natura 2000, manuel d'orientation, 106p.

VERHEYEN K., HERMY M., (2004). Recruitment and growth of herb-layer species with different colonizing capacities in ancient and recent forests, *Journal of Vegetation Science*, 15 : 125-134

VILLEGER S., MASON NWH., MOUILLOT D., (2008). New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology, *Ecology*, 89(8) : 2290-2301.

WILCOX BA., MURPHY DD., (1985). Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction, *the American Naturalist*, 125(6):879p.

WILSON EO., (1989). La diversité du vivant menacée. *Pour la science*, 145 : 66-73.

WILSON JB., (1991). Methods for fitting dominance/diversity curves, *Journal of Vegetation Science*, 2 : 35-46.

WILSON JD., MORRIS AJ., ARROYO BE., CLARK SC., BRADBURY R., (1999). A review of abundance and diversity of invertebrates and plant food of granivory birds in Northern Europe in relation to agricultural change, *Agriculture Ecosystems and Environment*, 75 : 13-30.

WUERTZ D., CHAUSS P., KING R., GU C., BROSE J., SCOTT D., LUMLEY T., ZEILIS A., AAS K., (2012). fBasics: Rmetrics-Markets and Basic Statistics, R package version 2160.81.

ZECHMEISTER HC., SCHMITZBERGER I., STEURER B., PETERSEIL J., WRBKA T., (2003). The influence of land-use practices and economics on plant species richness in meadows, *Biological Conservation*, 114 : 165-177.

Table des matières

| | |
|--|----|
| Remerciements | |
| Sommaire | |
| Introduction | 1 |
| I La structure d'accueil..... | 3 |
| 1-1 Présentation générale | 3 |
| 1-2 La DREAL Picardie..... | 3 |
| II Evaluation des mesures agro-environnementales sur le territoire de la Moyenne Vallée de l'Oise | 5 |
| 2-1 Relation entre agriculture et biodiversité | 5 |
| 2-1-1 La biodiversité | 5 |
| 2-1-1-1 Etat actuel de la biodiversité | 5 |
| 2-1-1-2 Etat des lieux de la biodiversité en Picardie..... | 6 |
| 2-1-2 Influence de l'agriculture | 6 |
| 2-2 La biodiversité en Moyenne Vallée de l'Oise..... | 9 |
| 2-2-1 Les prairies inondables | 10 |
| 2-2-2 Le Cuivré des marais | 11 |
| 2-3 Politique de conservation de la biodiversité | 12 |
| 2-3-1 Les objectifs du réseau Natura 2000..... | 13 |
| 2-3-2 Les mesures agro-environnementales..... | 17 |
| 2-3-2-1 Cadre réglementaire | 18 |
| 2-3-2-2 Principes du dispositif et mise en œuvre | 18 |
| 2-3-3 Les mesures contractualisées sur le territoire de la moyenne vallée de l'Oise..... | 20 |
| 2-4 Quelle est l'efficacité des mesures agro-environnementales ? | 20 |
| 2-5 Objectifs de l'étude..... | 23 |
| III Matériel et méthodes | 24 |
| 3-1 Le territoire de la Moyenne Vallée de l'Oise..... | 24 |
| 3-2 Présentation des parcelles | 25 |
| 3-3 Récolte des données | 26 |
| 3-3-1 Relevés de végétation | 26 |
| 3-3-2 Protocole de suivi de l'état de conservation des populations du Cuivré des marais | 27 |
| 3-3-3 Variables environnementales..... | 28 |
| 3-4 Analyses des données | 29 |
| 3-4-1 Influence des pratiques agricoles et des variables locales et paysagères sur la diversité taxonomique et fonctionnelle | 29 |
| 3-4-1-1 Indices de diversité taxonomique | 29 |
| 3-4-1-2 Indices de diversité fonctionnelle..... | 30 |
| Anne-Charlotte Turpin, Mémoire de fin d'études, Master 2 EADD | 61 |

| | |
|---|----|
| 3-4-1-3 Influence des pratiques agricoles sur la diversité..... | 31 |
| 3-4-1-4 Influence des variables locales et paysagères sur la diversité..... | 31 |
| 3-4-2 Courbe de rang fréquence..... | 31 |
| 3-4-3 Analyse de la composition floristique..... | 31 |
| 3-4-4-1 Analyse de la composition floristique à l'échelle des quadrats..... | 31 |
| 3-4-4-2 Analyse de la composition floristique à l'échelle de la parcelle..... | 32 |
| 3-4-4-3 Analyse de la composition floristique en fonction des dates d'engagements..... | 32 |
| 3-4-4 Analyse des populations du Cuivré des marais..... | 32 |
| IV Résultats..... | 33 |
| 4-1 Influence des pratiques agricoles et des variables locales et paysagères sur la diversité taxonomique et fonctionnelle..... | 33 |
| 4-1-1 Indices de diversité taxonomique..... | 33 |
| 4-1-2 Indices de diversité fonctionnelle..... | 36 |
| 4-1-3 Influence des variables locales et paysagères sur la diversité taxonomique et fonctionnelle..... | 39 |
| 4-2 Courbe rang fréquence..... | 39 |
| 4-3 Analyse de la composition floristique..... | 41 |
| 4-3-1 Analyse de la composition floristique à l'échelle des quadrats..... | 41 |
| 4-3-2 Analyse de la composition floristique à l'échelle de la parcelle..... | 43 |
| 4-3-2-1 Les pratiques culturelles..... | 43 |
| 4-3-2-2 Les mesures contractualisées..... | 44 |
| 4-3-2-3 Les dates d'engagements..... | 44 |
| 4-4 Analyse des populations du Cuivré des marais..... | 44 |
| Discussion..... | 45 |
| Bilan personnel..... | 49 |
| Conclusion..... | 51 |
| Bibliographie..... | 53 |
| Table des matières..... | 61 |
| Table des illustrations..... | 63 |
| Glossaire..... | 68 |
| Annexes..... | 70 |

Table des illustrations

Figure

- Figure 1 : Les cinq pôles de la DREAL Picardie (DREAL Picardie, 2012 a) 3
- Figure 2 : Pourcentage d'espèces de la liste rouge et menacées par l'agriculture selon différents groupes de biodiversité. Les groupes représentés sont: Plants: plantes, Insects: insectes, Fiches: poissons, Amphibians: amphibiens, Reptiles: reptiles, Birds: oiseaux, Mammals : mammifères (d'après Norris, 2008). 7
- Figure 3 : Relation entre la richesse spécifique et la quantité d'azote annuelle. Les graphiques a, b et c correspondent aux prairies et d, e et f aux cultures sachant que a-d représentent l'ensemble des espèces, b-e les espèces rares et c-f les espèces sous-dominantes. Les courbes en pointillées noires sont les relations obtenues avec une fonction linéaire entre la richesse végétale et l'azote, les courbes noires indiquent les relations obtenues avec le meilleur modèle paramétrique et les courbes grises indiquent les relations obtenues avec un modèle additif. Les points correspondent aux données d'origines des espèces (d'après Kleijn *et al*, 2009). 8
- Figure 4 : Influence de l'intensité du pâturage sur la diversité, sur a) les sites fertiles, et b les sites peu fertiles, sachant que a et b ont un long historique de pâturage (Cingolani *et al*, 2005). 9
- Figure 5 : Femelle du Cuivré des marais..... 11
- Figure 6 : Logigramme des objectifs de Natura 2000 (DREAL Picardie, 2012 b)..... 13
- Figure 7 : Répartition par grands types de milieux naturels des zones Natura 2000 en Picardie en 2010 (DREAL, 2012 b) 17
- Figure 8 : Les mesures agro-environnementales en France (ordre chronologique)..... 18
- Figure 9 : Comparaison de la richesse des espèces sur des prairies avec MAE (ECAG) et celles gérées de manière conventionnelle (CONVG) en fonction de la pente de la parcelle (pente faible <math><35^\circ</math> et pente forte >math>>35^\circ</math>) (d'après Aviron *et al*, 2007). 22
- Figure 10 : Localisation du site Natura 2000 de la Moyenne Vallée de l'Oise en Picardie (Copyright IGN Scan 100, DREAL Picardie, 2012). 25
- Figure 11 : Localisation des parcelles MAEt et témoins dans la Moyenne Vallée de l'Oise (Copyright IGN Scan 100, CENP, DRAAF et DREAL Picardie, 2012). 26
- Figure 12 : Méthode d'échantillonnage des relevés floristiques sur les parcelles (parcelles avec et sans MAEt) 27
- Figure 13 : Photographie d'un quadrat de 1m² dans lequel les relevés de végétation ont été effectués. 27
- Figure 14 : Graphiques représentant les quatre indices de diversité en fonction des mesures et des itinéraires techniques, sachant que a) représente la richesse, b) l'indice de Shannon, c)

l'indice de Simpson et d) l'indice de Pielou. Les mesures CU1 correspondent aux parcelles Cuivré 1 (limitation de la fertilisation), CU2 les parcelles Cuivré 2 (absence de fertilisation) et TEM aux parcelles témoins. Les courbes en ligne continue représentent les parcelles pâturées (P), en ligne pointillée de points les parcelles fauchées (F) et en ligne pointillée de tirets les parcelles fauchées puis pâturées (FP)..... 34

Figure 15 : Graphiques représentant quatre indices de diversité en fonction de la localisation des quadrats (A1, T1 et T2) et des mesures (CU1, CU2, TEM), sachant que a) représente la richesse, b) l'indice de Shannon, c) l'indice de Simpson et d) l'indice de Pielou. A1 représente les quadrats répartis aléatoirement dans la parcelle, T1 le transect 1 et T2 le second transect. Les courbes en ligne pointillée de points représentent les parcelles CU1, en ligne pointillée de tirets les parcelles CU2 et les lignes continues les parcelles témoins. 35

Figure 16 : Représentation des trois indices de diversité fonctionnelle en fonction des mesures et des pratiques, sachant que a) représente la régularité fonctionnelle, b) la dispersion fonctionnelle et c) l'entropie. Les courbes en ligne pointillée de points correspondent aux parcelles fauchées, les lignes pointillées de tirets les parcelles fauchées puis pâturées et les lignes continues les parcelles pâturées. 37

Figure 17 : Représentation des trois indices de diversité fonctionnelle en fonction de leur localisation dans la parcelle (A1 : aléatoire, T1 : transect 1, T2 : transect 2) et des mesures, sachant que a) représente la régularité fonctionnelle, b) la dispersion fonctionnelle et c) l'entropie. Les courbes en ligne pointillée de points correspondent aux parcelles CU1, les lignes pointillées de tirets aux parcelles CU2 et les lignes continues aux parcelles témoins. . 38

Figure 18 : Le graphique A représente les courbes rang fréquence en fonction des mesures. Les points noirs correspondent aux espèces présentes dans les parcelles CU1, les points rouges aux espèces présentes dans les parcelles CU2 et les points verts dans les parcelles Témoins. Les courbes (noire, rouge et verte) représentent l'ajustement des points par rapport au modèle preemption. Le graphique B représente les courbes rang fréquence en fonction des pratiques culturales. La courbe noire représente l'ajustement du modèle de Mandelbrot sur les parcelles fauchées, la courbe rouge l'ajustement des points par rapport au modèle de preemption sur les parcelles fauchées et pâturées et la courbe verte l'ajustement sur le modèle de Mandelbrot des parcelles pâturées..... 40

Figure 19 : Représentation des résultats de la DCA sur les axes 1 et 2 pour les sites (A). Les quadrats des transects 1 (T1) sont représentés en rouge, des transects 2 (T2) en vert et les quadrats aléatoires (A1) en noir en fonction des mesures (CU1, CU2, TEM). Le graphique B correspond à la projection des espèces suivant les axes 1 et 2. Les espèces représentées sont : *Achll_ml* : *Achillea millefolium*, *Achll_pt* : *Achillea ptarmica*, *Ajg_rptn* : *Ajuga reptans*, *Agrsts_c* : *Agrostis capillaris*, *Alim_vnl* : *Alium vineale*, *Alpcrs_p* : *Alopecurus pratensis*, *Anglc_sy* : *Angelica sylvestris*, *Anthxnt_* : *Anthoxantum odoratum*, *Arctm_lp* : *Arctium lappa*, *Arnr_srp* : *Arenaria serpyllifolia*, *Arrnthr_* : *Arrenatherum elatius*, *Artms_vl* : *Artemisia vulgaris*, *Arm_mclt* : *Arum maculata*, *Blls_prn* : *Bellis perennis*, *Brms_hrd* : *Bromus hordeaceus*, *Brms_str* : *Bromus sterilis*, *Clmgrst_* : *Calamagrostis epigejos*, *Cmpnl_pt* : *Campanula patula*, *Cmpnl_rp* : *Campanula rapunculus*, *Cpsll_b_* : *Capsella bursa pastoris*, *Crdmn_hr* : *Cardamine hirsuta*, *Crdmn_pr* : *Cardamine pratensis*, *Crds_ntn* : *Carduus nutans*, *Crx_cryp* : *Carex caryophylla*, *Carx_hrt* : *Carex hirta*, *Carx_ngr* : *Carex nigra*, *Carx_rpr* : *Carex riparia*, *Crx_spct* : *Carex spicata*, *Centr_jc* : *Centaurea jaca*, *Cntr_ngr* : *Centaurea nigra*, *Crstm_fn* : *Cerastium fontanum*, *Chnpdm_l* : *Chenopodium album*, *Crsm_rvn* :

Cirsium arvesne, *Crsm_pls* : *Cirsium palustre*, *Crsm_vlg* : *Cirsium vulgare*, *Clmts_vt* : *Clematis vitalba*, *Cnvlvs_* : *Convolvulus arvensis*, *Crtgs_mn* : *Crataegus monogyna*, *Crps_bnn* : *Crepis biennis*, *Crct_lvp* : *Cruciata laevipes*, *Cynsrs_c* : *Cynosorus cristatus*, *Dctyls_g* : *Dactylis glomerata*, *Dacs_crt* : *Daucus carota*, *Dpscs_fl* : *Dipsacus fullonum*, *Eqstm_rv* : *Equisetum arvense*, *Elchrs_p* : *Eleocharis palustris*, *Elyms_rp* : *Elymus repens*, *Eryngm_c* : *Eryngium campestre*, *Enyms_rp* : *Euonymus europaeus*, *Fgs_sylv* : *Fagus sylvatica*, *Fstc_prt* : *Festuca pratensis*, *Fstc_rbr* : *Festuca rubra*, *Flpndl_l* : *Filipendula ulmaria*, *Frxls_xc* : *Fraxinus excelsior*, *Gzlm_prn* : *Galium aparine*, *Glm_plst* : *Galium palustre*, *Galm_ym* : *Galium verum*, *Grnm_dss* : *Geranium dissectum*, *Grnm_rbr* : *Geranium robertianum*, *Gem_rbnm* : *Geum urbanum*, *Glchm_hd* : *Glechoma hederacea*, *Glycr_fl* : *Glyceria fluitans*, *Gmv_ffcn* : *Guimauve officinale*, *Hedr_hlx* : *Hedera helix*, *Hrclm_sp* : *Heracleum sphondylium*, *Hmls_lpl* : *Humulus lupulus*, *Hlcs_lnt* : *Holcus lanatus*, *Hrdm_scl* : *Hordeum secalinum*, *Irs_psd* : *Iris pseudacorus*, *Jncs_cng* : *Juncus conglomeratus*, *Jncs_ffs* : *Juncus effusus*, *Jncs_nfl* : *Juncus inflexus*, *Lamm_lbm* : *Lamium album*, *Lmm_prpr* : *Lamium purpureum*, *Lpsn_cmm* : *Lapsana communis*, *Lthrys_p* : *Lathyrus palustris*, *Lthrys_* : *Lathyrus pratensis*, *Lntdn_tm* : *Leontodon autumnalis*, *Lcnthmm_* : *Leucanthemum vulgare*, *Lnr_vlgr* : *Linaria vulgaris*, *Llm_prnn* : *Lolium perenne*, *Lts_crnc* : *Lotus corniculatus*, *Lzl_mltf* : *Luzula multiflorum*, *Lychns_* : *Lychnis flos cuculi*, *Lysmch_n* : *Lysimachia nummularia*, *Mlv_nglc* : *Malva neglecta*, *Mtrcr_ds* : *Matricaria discoidea*, *Mdcg_rbc* : *Medicago arabica*, *Mdcg_lpl* : *Medicago lupulina*, *Mnth_rvn* : *Mentha arvensis*, *Mysts_rv* : *Myosotis arvensis*, *Onnth_fs* : *Oenanthe fistulosa*, *Onnth_sl* : *Oenanthe silaifolia*, *Onns_rpn* : *Ononis repens*, *Prscr_mc* : *Persicaria maculosa*, *Phlrs_rn* : *Phalaris arundinacea*, *Phlm_prt* : *Phleum pratense*, *Plntg_ln* : *Plantago lanceolata*, *Plntg_mj* : *Plantago major*, *Plntg_md* : *Plantago media*, *Poa_annu* : *Poa annua*, *P_prtms* : *Poa pratensis*, *Po_trvls* : *Poa trivialis*, *Plygntm_* : *Polygonatum multiflorum*, *Plygnm_v* : *Polygonatum aviculare*, *Popls_lb* : *Populus alba*, *Pntll_n* : *Potentilla anserina*, *Pntll_r* : *Potentilla reptans*, *Prns_spn* : *Prunus spinosa*, *Qrcs_rbr* : *Quercus robur*, *Rnncls_c* : *Ranunculus acris*, *Rnncls_b* : *Ranunculus bulbosus*, *Rnncls_f* : *Ranunculus ficaria*, *Rnncls_r* : *Ranunculus repens*, *Rs_rvnss* : *Rosa arvensis*, *Rbs_frct* : *Rubus fruticosus*, *Rumx_cts* : *Rumex acetosa*, *Rmx_ctsl* : *Rumex acetosella*, *Rmx_cnsl* : *Rumex conglomerata*, *Rmx_crsp* : *Rumex crispus*, *Rmx_btsf* : *Rumex obtusifolius*, *Snc_qtcs* : *Senecio aquaticus*, *Sln_lfll* : *Silene latifolia*, *Silm_sls* : *Silum silaus*, *Snps_rvn* : *Sinapsis arvensis*, *Stchys_p* : *Stachys palustris*, *Stllr_hl* : *Stellaria holostea*, *Stllr_md* : *Stellaria media*, *snchs_sp* : *Sonchus sp*, *Symphyt_* : *Shymphytum officinale*, *Trxcm_ff* : *Taraxacum officinalis*, *Thlctrm_* : *Thalictrum alpinum*, *Trgpgn_p* : *Tragopogon pratensis*, *Trflm_rp* : *Trifolium repens*, *Trflm_pr* : *Trifolium pratense*, *Urtic_dc* : *Urtica dioica*, *Vlrvn_ffc* : *Valeriana officinalis*, *Vrnc_rvn* : *Veronica arvensis*, *Vrnc_chm* : *Veronica chamaedrys*, *Vrnc_hdr* : *Veronica hederifolia*, *Vic_crcc* : *Vicia cracca*, *Vic_hrst* : *Vicia hirsuta*, *Vici_spm* : *Vicia sepium*, *Vl_rvnss* : *Viola arvensis*... 41

Figure 20 : Représentation des résultats de l'analyse des redondances sur les axes 1 et 2, pour les parcelles (A) et pour les espèces (B). Les parcelles fauchées (F) sont représentés en noires, les parcelles pâturées (P) en vertes et les parcelles fauchées et pâturées (FP) en rouge. Les triangles à l'endroit et à l'envers et les points représentent respectivement les mesures Cuivré 1 (CU1), Cuivré 2 (CU2) et les témoins (TEM). Le graphique (B) correspond à la projection des espèces suivant les axes 1 et 2. La légende des espèces sont représentées sur la légende de la Figure 19..... 43

Figure 21 : Représentation des résultats de l'analyse des redondances sur les axes 1 et 2. Les points verts représentent les parcelles contractualisées en 1995, les points rouges les parcelles

contractualisées en 2002 et les points jaunes les parcelles engagées en 2007. Les ronds blancs représentent les parcelles témoins et n'ont donc pas de date d'engagement. 44

Figure 22 : Ensemble des courbes rang fréquence en fonction des différents modèles. La courbe noire représente l'ajustement du modèle Null avec un AIC de 658.81. La courbe rouge représente l'ajustement du modèle de Preemption avec un AIC de 303.19 (le plus faible), la courbe verte représente l'ajustement du modèle de Lognormal avec un AIC de 466.20, la courbe violette le modèle de Zipf avec un AIC de 811.43 et enfin le courbe bleu ciel le modèle de Mandelbrot avec un AIC de 307.18..... 96

Figure 23 : Ensemble des courbes rang fréquence en fonction des différents modèles. La courbe noire représente l'ajustement du modèle Null avec un AIC de 2566.8. La courbe rouge représente l'ajustement du modèle de Preemption avec un AIC de 620.05 (le plus faible), la courbe verte représente l'ajustement du modèle de Lognormal avec un AIC de 1305.8, la courbe violette le modèle de Zipf avec un AIC de 2591.45 et enfin le courbe bleu ciel le modèle de Mandelbrot avec un AIC de 624.04..... 96

Figure 24 : Ensemble des courbes rang fréquence en fonction des différents modèles. La courbe noire représente l'ajustement du modèle Null avec un AIC de 3789.8. La courbe rouge représente l'ajustement du modèle de Preemption avec un AIC de 685.86, la courbe verte représente l'ajustement du modèle de Lognormal avec un AIC de 1553.8, la courbe violette le modèle de Zipf avec un AIC de 3239.1 et enfin le courbe bleu ciel le modèle de Mandelbrot avec un AIC de 577.6 (le plus faible)..... 96

Figure 25 : Ensemble des courbes rang fréquence en fonction des différents modèles. La courbe noire représente l'ajustement du modèle Null avec un AIC de 1722.4. La courbe rouge représente l'ajustement du modèle de Preemption avec un AIC de 627.7, la courbe verte représente l'ajustement du modèle de Lognormal avec un AIC de 904.3, la courbe violette le modèle de Zipf avec un AIC de 1760.7 et enfin le courbe bleu ciel le modèle de Mandelbrot avec un AIC de 572.6 (le plus faible)..... 97

Figure 26 : Ensemble des courbes rang fréquence en fonction des différents modèles. La courbe noire représente l'ajustement du modèle Null avec un AIC de 962. La courbe rouge représente l'ajustement du modèle de Preemption avec un AIC de 401.2 (le plus faible), la courbe verte représente l'ajustement du modèle de Lognormal avec un AIC de 867.8, la courbe violette le modèle de Zipf avec un AIC de 1610.7 et enfin le courbe bleu ciel le modèle de Mandelbrot avec un AIC de 405..... 97

Figure 27 : Ensemble des courbes rang fréquence en fonction des différents modèles. La courbe noire représente l'ajustement du modèle Null avec un AIC de 4164.2. La courbe rouge représente l'ajustement du modèle de Preemption avec un AIC de 776.5 la courbe verte représente l'ajustement du modèle de Lognormal avec un AIC de 1589.7, la courbe violette le modèle de Zipf avec un AIC de 3179.8 et enfin le courbe bleu ciel le modèle de Mandelbrot avec un AIC de 586.6 (le plus faible)..... 97

Tableau

Tableau 1: Résultats de l'anova à deux facteurs (mesures et itinéraire technique), pour chacun des indices de diversité (*S* : richesse spécifique, *H* : Shannon, *D* : Simpson, *J* : Piélou). Les valeurs moyennes des interactions entre les mesures (CU1, CU2 et TEM) et les pratiques (Fauchées, Pâturées et Fauchées puis Pâturées) sont représentées dans la figure 14..... 34

Tableau 2: Résultats de l'anova à deux facteurs (localisation des quadrats A1, T1 et T2 et des mesures), pour chacun des indices de diversité (*S* : richesse spécifique, *H* : Shannon, *D* : Simpson, *J* : Piélou). Les valeurs moyennes des interactions entre les transects (A1, T1 et T2) et les mesures (CU1, CU2 et TEM) sont représentées dans la figure 15. 36

Tableau 3 : Résultats de l'anova à deux facteurs (transects, A1, T1, T2, et mesures CU1, CU2, TEM), pour chacun des indices de diversité fonctionnelle. Chacune des interactions entre les mesures et les pratiques sont représentées dans la figure 17. 38

Tableau 4 : Résultats des tests de Spearman, entre les indices de richesse et les variables locales et paysagères. Les valeurs correspondent au coefficient de Spearman qui indique l'intensité de la corrélation. Les résultats significatifs sont représentés par * ≤ 0.05 , ** ≤ 0.01 et *** ≤ 0.001 . Les colonnes représentées sont *S* : richesse, *D* : indice de Simpson, *H* : indice de Shannon, *J* : indice de Piélou, Régul F : régularité fonctionnelle, Disper F : dispersion fonctionnelle, Entr F : entropie fonctionnelle N : azote, P : phosphore, K : potassium, UGB : unité gros bétail par hectare, ZU : zone urbaine, X et Y : coordonnées géographiques. 39

Tableau 5 : Résultats du test de Sperman, indiquant le degré de liaison existant entre les variables locales, paysagères et spatiales. Les résultats significatifs sont représentés par * ≤ 0.05 , ** ≤ 0.01 , *** ≤ 0.001 . Les colonnes représentées sont : N : azote, P : phosphore, K : potassium, UGB : unité gros bétail, Bois, Prairies, Cultures, Gel, Peupleraie, ZU : zone urbaine, Haie, Cours d'eau, Plan d'eau, Distance cours d'eau X et Y : les coordonnées spatiales des parcelles. 95

Tableau 6: Résultats du test de Sperman, indiquant le degré de liaison existant entre les coordonnées et les traits d'histoire de vie des espèces. Les résultats significatifs sont représentés par * ≤ 0.05 , ** ≤ 0.01 , *** ≤ 0.001 . Les colonnes représentées sont : Axe 1, Axe 2, Axe 3, Axe 4 : les coordonnées des axes 1, 2, 3 et 4, Klima_L : lumière, Boden_F : humidité, W : tolérance à l'humidité, R : acidité du sol, N : éléments nutritifs, H : humus, D : aération du sol. 98

Glossaire

ACP : Analyse des Composantes Principales

ANOVA : ANalysis Of VAriance

ASP : Agence de Services et de Paiement

CAD : Contrat d'Agriculture Durable

CDB : Convention pour la Diversité Biologique

CE : Commission Européenne

COFIL : Comité de Pilotage

CRAE : Commission Régionale Agro-Environnementale

CTE : Contrats Territoriaux d'Exploitation

DOCOB : Document d'Objectifs

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DIREN : Direction Régionale de l'Environnement

DRDR : Document Régional de Développement Rural

DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt

DRE : Direction Régionale de l'Équipement

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement

DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

ECLAT : Energie, Climat, Logement, Aménagement du Territoire

FEADER : Fonds Européen Agricole de Développement Rural

FEDER : Fonds Européen de Développement Régional

FEP : Fonds Européen pour la Pêche

FGMN : Fonds de Gestion des Milieux Naturels

HVE : Haute Valeur Environnementale

LIFE+ : L'Instrument Financier pour l'Environnement

MAE : Mesure Agro-environnementale

MAEt : Mesure Agro-environnementale Territorialisée

NRC : National Research Council

OLAE : Opérations Locales Agro-Environnementales

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PAC : Politique Agricole Commune

PAE : Projet Agro-environnemental

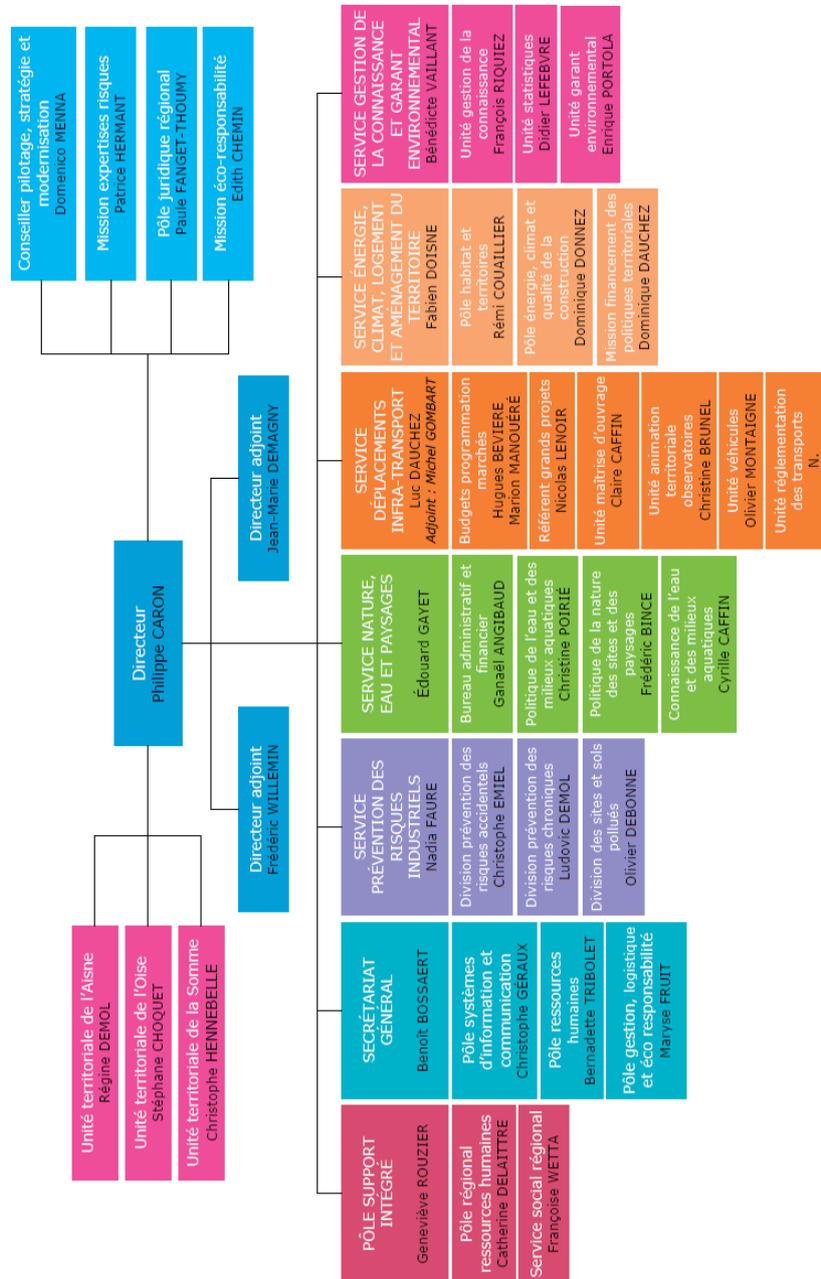
PDR : Programme de Développement Rural

PDRH : Programme de Développement Rural Hexagonal
PNA : Plan National d'Action
PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PON : Programme Opérationnel National
pSIC : Proposition de Site d'Intérêt Communautaire
PSN : Plan Stratégiques Nationaux
RDA : Redundancy analysis
SCAP : Stratégie de Création d'Aires Protégées
SGCGE : Service Gestion de la Connaissance et Garant Environnemental
SIC : Site d'Intérêts Communautaire
SNEP : Service Nature, Eau et Paysages
SPRI : Service Prévention des Risques Industriels
TFPNB : Taxe Foncière sur les Propriétés Non Bâties
UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UGB : Unité Gros Bétail
TVB : Trame Verte et Bleue
UE : Union Européenne
ZAP : Zone d'Action Prioritaire
ZICO : Zone d'Importance Communautaire pour les Oiseaux
ZPS : Zone de Protection Spéciale
ZSC : Zone Spéciale de Conservation

Annexes

| | |
|--|----|
| Annexe 1: Organigramme de la DREAL Picardie | 71 |
| Annexe 2: Engagements Unitaires (FEADER) | 72 |
| Annexe 3: Projet Agro-Environnemental 2007 pour le territoire « Moyenne Vallée de l’Oise » (cahier des charges) | 74 |
| Annexe 4 : Fiche de relevés par parcelle..... | 78 |
| Annexe 5 : Fiche de relevés pour les pontes du Cuivré des marais | 81 |
| Annexe 6: Questionnaire d’enquête à l’agriculteur..... | 82 |
| Annexe 7 : Tableau des espèces inventoriées et leurs statut en Picardie (CBNBL, 2012) | 84 |
| Annexe 8 : Résultats de l’analyse des variances pour les indices de diversité taxonomique par parcelle | 88 |
| Annexe 9 : Résultats de l’analyse des variances pour les indices de diversité fonctionnelle par parcelle | 92 |
| Annexe 10 : Tableau représentant les résultats des tests de Spearman | 95 |
| Annexe 11 : Courbes rang fréquence en fonction des mesures et des pratiques culturales | 96 |
| Annexe 12 : Tableau représentant les résultats du test de Spearman..... | 98 |

Annexe 1: Organigramme de la DREAL Picardie



Annexe 2: Engagements Unitaires (FEADER)

BIOCONVE : Conversion à l'agriculture biologique en territoire à problématique phytosanitaire

BIOMAIN : Maintien de l'agriculture biologique en territoire à problématique phytosanitaire

COUVER01 : Implantation de cultures intermédiaires en période de risque en dehors des zones où la couverture des sols est obligatoire

COUVER02 : Implantation de cultures intermédiaires en période de risque allant au delà des obligations réglementaires au titre de la directive Nitrates

COUVER03 : Entretien de l'enherbement sous cultures ligneuses pérennes (arboriculture, Viticulture, pépinières)

COUVER04 : Couverture des inter-rangs de vigne par épandage d'écorces

COUVER05 : Création et entretien d'un maillage de zones de régulation écologique

COUVER06 : Création et entretien d'un couvert herbacé (bandes enherbées ou parcelles)

COUVER07 : Création et entretien d'un couvert d'intérêt faunistique ou floristique

COUVER08 : Amélioration d'un couvert déclaré au titre du gel

COUVER09 : Rotation à base de luzerne en faveur du hamster commun (*Cricetus cricetus*)

COUVER10 : Rotation à base de céréales d'hiver en faveur du hamster commun (*Cricetus cricetus*)

FERTI_01 : Limitation de la fertilisation totale et minérale sur grandes cultures et cultures légumières

SOCLEH01 : Socle relatif à la gestion des surfaces en herbe

SOCLEH02 : Socle relatif à la gestion des surfaces en herbe peu productives

SOCLEH03 : Socle relatif à la gestion des surfaces en herbe peu productives engagées par une entité collective

HERBE_01 : Enregistrement des pratiques des interventions mécaniques et/ou de pâturage

HERBE_02 : Limitation de la fertilisation totale et minérale sur prairies et habitats remarquables

HERBE_03 : Absence totale de fertilisation (minérale et organique) sur prairies et habitats remarquables

HERBE_04 : Ajustement de la pression de pâturage sur certaines périodes (chargement instantané)

HERBE_05 : Retard de pâturage sur prairies et habitats remarquables

HERBE_06 : Retard de fauche sur prairies et habitats remarquables

HERBE_07 : Maintien de la richesse floristique d'une prairie naturelle

HERBE_08 : Entretien des prairies remarquables par fauche à pied

HERBE_09 : Gestion pastorale

HERBE_10 : Gestion de pelouses et landes en sous-bois

HERBE_11 : Absence de pâturage et de fauche en période hivernale sur prairies et habitats remarquables

IRRIG_01 : Surfaçage annuel assurant une lame d'eau constante dans les rizières

IRRIG_02 : Limitation de l'irrigation sur grandes cultures et cultures légumières

IRRIG_03 : Maintien de l'irrigation gravitaire traditionnelle

LINEA_01 : Entretien de haies localisées de manière pertinente

LINEA_02 : Entretien d'arbres isolés ou en alignements

LINEA_03 : Entretien de ripisylves

LINEA_04 : Entretien de bosquets

LINEA_05 : Entretien mécanique de talus enherbés

LINEA_06 : Entretien des fossés et rigoles de drainage et d'irrigation, de fossés et canaux en marais et des béalières

LINEA_07 : Entretien de mares et plans d'eau

MILIEU01 : Mise en défens temporaire de milieux remarquables

MILIEU02 : Remise en état des surfaces prairiales après inondation dans les zones d'expansion des crues

MILIEU03 : Entretien des vergers hautes tiges et prés vergers

MILIEU04 : Exploitation de roselières favorable à la biodiversité

MILIEU05 : Récolte retardée des lavandes et lavandins

MILIEU06 : Entretien des salines

MILIEU07 : Entretien des salines favorisant les conditions d'accueil des oiseaux

MILIEU08 : Entretien des vasières et du réseau hydraulique alimentant les salines

OUVERT01 : Ouverture d'un milieu en déprise

OUVERT02 : Maintien de l'ouverture par élimination mécanique ou manuelle des rejets ligneux et autres végétaux indésirables

OUVERT03 : Brûlage et écobuage dirigé

PHYTO_01 : Bilan annuel de la stratégie de protection des cultures

PHYTO_02 : Absence de traitement herbicide

PHYTO_03 : Absence de traitement phytosanitaire de synthèse

PHYTO_04 : Réduction progressive du nombre de doses homologuées de traitements herbicides

PHYTO_05 : Réduction progressive du nombre de doses homologuées de traitements phytosanitaires hors herbicides

PHYTO_06 : Réduction progressive du nombre de doses homologuées de traitements phytosanitaires hors herbicides sur grandes cultures avec une part importante de maïs, tournesol et prairies temporaires

PHYTO_07 : Mise en place de la lutte biologique

PHYTO_08 : Mise en place d'un paillage végétal ou biodégradable en cultures maraîchères

PHYTO_09 : Diversité de la succession culturale en cultures légumières

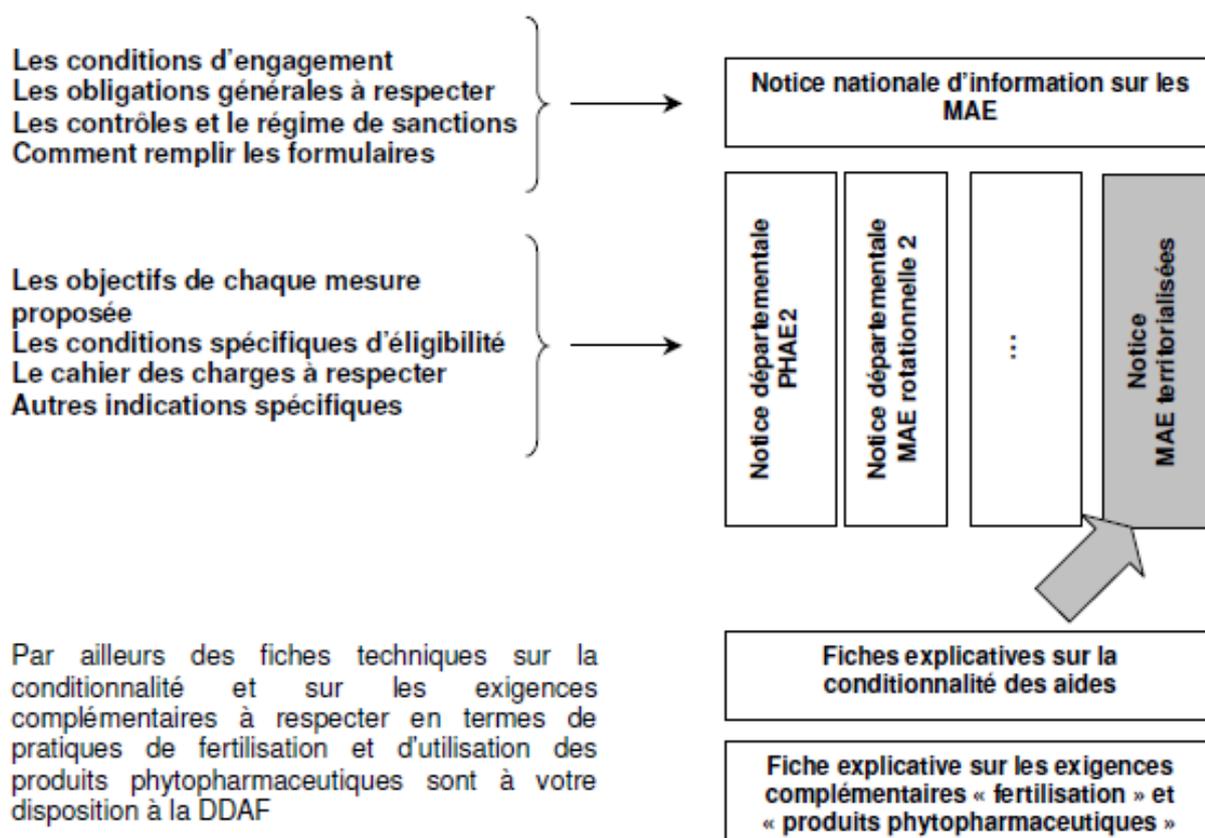
Annexe 3: Projet Agro-Environnemental 2007 pour le territoire « Moyenne Vallée de l'Oise »
(cahier des charges)

Direction départementale de l'agriculture et de la forêt de l'Aisne

NOTICE D'INFORMATION

TERRITOIRE « MOYENNE VALLEE DE L'OISE »

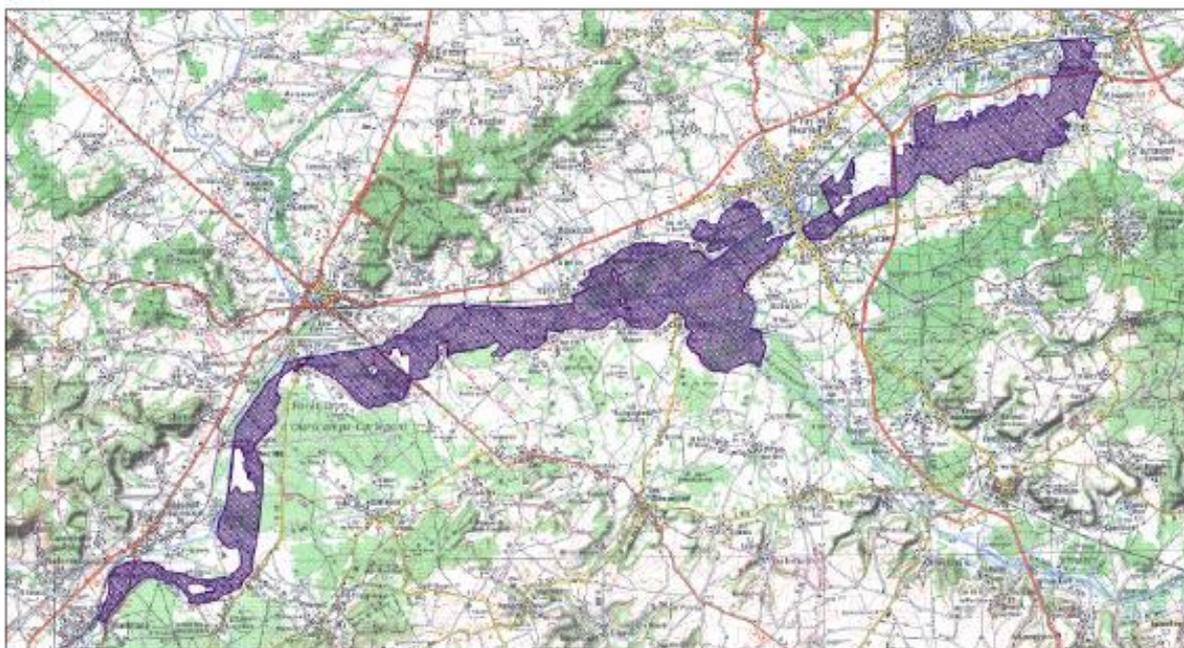
Cette notice complète la notice nationale d'information sur les mesures agroenvironnementales (MAE). Elle présente l'ensemble des MAE territorialisées, proposées sur le territoire « Moyenne Vallée de l'Oise ». Lisez cette notice attentivement ainsi que les fiches de chacune des mesures territorialisées proposées sur ce territoire, avant de remplir votre demande d'engagement. Au besoin, contactez la DDAF.



1. Périmètre du territoire « Moyenne Vallée de l'Oise » retenu

Zone des habitats avérés et potentiels du Rôle des Genêts et du Cuivré des marais

Légende
Natura 2000 limite du site Natura 2000



Seuls les éléments situés sur ce territoire sont éligibles aux mesures territorialisées qui y sont proposées (Cf. § 3).

Cantons et communes concernées par le site Natura 2000 de la Moyenne vallée de l'Oise :

| Département | Cantons | Communes |
|-------------|------------------------|---|
| Oise | Noyon | Appilly, Baboeuf, Béhéricourt, Brétigny, Morlincourt, Noyon, Passel, Pont-l'Évêque, Pontoise-lès-Noyon, Salency, Sempigny, Varesnes |
| | Ribécourt-Dreslincourt | Bailly, Cambronne-lès-Ribécourt, Chiry-Ourscamps, Montmacq, Pimprez, Ribécourt-Dreslincourt, Saint-Léger-aux-Bois, Thourotte |
| Aisne | Chauny | Abbécourt, Amigny-Rouy, Autreville, Chauny, Condren, Marest-Dampcourt, Oignes, Sinceny, Viry-Noueuil |
| | Coucy-le-Château | Bichancourt, Manicamp, Quierzy, Saint-Paul-au-Bois |
| | La Fère | Andelain, Deuillet, la Fère, Servais |
| | Tergnier | Beautor, Tergnier |

2. Résumé du diagnostic agroenvironnemental du territoire

La problématique environnementale de préservation des prairies inondables représente un enjeu de conservation de la biodiversité.

La majorité des espèces et des habitats d'intérêt communautaire présents en vallée de l'Oise sont étroitement liés à l'existence des prairies et aux pratiques agricoles qui s'y développent. (fauche ou pâturage pour les prairies). Ces prairies existent actuellement car elles sont intégrées à des systèmes d'exploitation agricole qui les utilisent pour l'élevage. Or, les activités d'élevage connaissent de grosses difficultés qui ne sont sans doute pas uniquement conjoncturelles, et le maintien d'exploitations intégrant une activité herbagère pose question. Les prairies de fauche pas ou peu fertilisées sont les prairies qui présentent le plus d'intérêt sur le plan de la faune comme de la flore, surtout lorsque leur exploitation est tardive. Or, le foin de prairie naturelle a tendance à régresser dans les systèmes fourragers actuels et les modes d'utilisation des prairies et les pratiques d'entretien et de production fourragère ont fortement évolué durant les quarante dernières années. Le passage de la fauche au pâturage, l'abandon du pâturage, l'augmentation de la fertilisation, la plantation ou le développement spontané de ligneux dans une prairie sont autant d'exemples modifiant les habitats en place.

Il est nécessaire de trouver un équilibre entre évolution des pratiques et des systèmes d'exploitation, et préservation du patrimoine naturel.

3. Listes de mesures agroenvironnementales proposées sur le territoire

| Type de couvert et/ou habitat visé | Code de la mesure | Objectifs de la mesure |
|-------------------------------------|-------------------|--|
| Prairie à Cuivré des marais | PI_MVO1_CU1 | Favoriser le renouvellement du Cuivré des marais |
| | PI_MVO1_CU2 | Favoriser le renouvellement du Cuivré des marais |
| Prairie de fauche à Râle des genêts | PI_MVO1_RA1 | Favoriser le renouvellement du Râle des genêts |
| | PI_MVO1_RA2 | Favoriser le renouvellement du Râle des genêts |

Une notice spécifique à chacune de ces mesures, incluant le cahier des charges à respecter, est joint à cette notice « Moyenne Vallée de l'Oise ».

Attention : les mesures agro-environnementales proposées sur le territoire « Moyenne Vallée de l'Oise » sont actuellement en discussion auprès de la Commission européenne. Les cahiers des charges qui vous sont présentés dans les notices jointes sont donc susceptibles d'évoluer. En cas de modification de leur contenu, les cahiers des charges définitifs vous seront communiqués dès leur validation par la Commission. Vous serez alors en mesure, si ceux-ci ne devaient pas vous convenir, de retirer votre demande sans conséquences financières.

4. Condition d'éligibilité de votre demande d'engagement dans une ou plusieurs MAE territorialisées

4-1 : Le montant de votre demande d'engagement dans une ou plusieurs MAE territorialisées doit être supérieur au plancher régional fixé dans la région où se situe le siège de votre exploitation.

Vous ne pouvez vous engager dans une ou plusieurs mesures territorialisées que si, au total, votre engagement représente un montant annuel supérieur ou égal à 100 €, correspondant au montant

plancher fixé dans la région Picardie, en incluant le montant correspondant à des parcelles déjà engagées dans une mesure territorialisée les années précédentes.

Si le siège de votre exploitation se situe dans une région différente, contactez la DDAF pour connaître le montant plancher retenu pour votre propre région.

Si ce montant minimum n'est pas respecté lors de votre demande d'engagement, celle-ci sera irrecevable.

4-2: Le montant de votre demande d'engagement dans une ou plusieurs MAE territorialisées doit être inférieur au plafond régional fixé dans la région où se situe le siège de votre exploitation.

Aucun montant maximum n'a été fixé en Picardie.

Si le siège de votre exploitation se situe dans une région différente, contactez la DDAF pour connaître le montant plafond retenu pour votre propre région.

5. Comment remplir les formulaires d'engagement pour une mesure territorialisée proposée sur le territoire « *Moyenne Vallée de l'Oise* » ?

Sur l'exemplaire du RPG que vous renverrez à la DDAF, vous devez dessiner précisément et **en vert** les surfaces que vous souhaitez engager dans chacune des mesures territorialisées proposées. Puis, vous indiquerez pour chacun des éléments dessinés le numéro de l'élément, qui devra obligatoirement être au format « S999 », c'est-à-dire un S suivi du numéro attribué à l'élément surfacique engagé (ex : S1, S2...). Pour de plus amples indications, reportez-vous à la notice nationale d'information sur les MAE.

Le **code de la MAE** à indiquer dans la colonne « code de la MAE souscrite » du formulaire Liste des éléments engagés, pour chaque élément engagé dans une mesure territorialisée (surfaces, éléments linéaires et ponctuels), est le code indiqué au paragraphe 3 de ce document pour chaque mesure territorialisée proposée. Ce code est par ailleurs repris dans les fiches spécifiques à chacune de ces mesures.

Sur le formulaire de demande d'engagement en MAE, vous devez indiquer dans le **cadre A**, à la rubrique « je m'engage cette année dans les mesures agroenvironnementales territorialisées suivantes », la surface totale que vous souhaitez engager dans chacune des mesures territorialisées proposées, sur une ligne du tableau.

Ce total doit correspondre au total des surfaces que vous avez indiqué respectivement pour chaque mesure sur votre formulaire « Liste des éléments engagés ».

Annexe 4 : Fiche de relevés par parcelle

Fiche de relevés par parcelle

ID parcelle :

| Identification | |
|-----------------------|------------------|
| Auteur(s) du relevé : | Date du relevé : |
| Département : | Commune : |
| Références GPS : | Lieu-dit : |
| N° de la parcelle : | Type de mesure : |

| Caractéristiques du relevé | |
|------------------------------|---------------------|
| Aire (m ²) : | Gestion observée : |
| Temps passé pour le relevé : | Eléments paysager : |

Remarques diverses :

Annexe 5 : Fiche de relevés pour les pontes du Cuivré des marais

Fiche relevé Cuivré des marais

Date :
 ID parcelle :
 N° parcelle :

| Rumex n° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| Nom de la plante : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre œufs : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Face supérieure et/ou inférieure : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distance œufs/ nervure : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distance œufs/ base de la feuille : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hauteur de la feuille/ sol : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Longueur de la feuille : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Largeur de la feuille : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre de feuilles : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hauteur de la plante : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Observation de larve/ chrysalide : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dégâts sur feuille ? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Remarques :

Densité rumex dans la parcelle :

Temps passé dans la parcelle :

Nombres d'imagos observés :

Annexe 6: Questionnaire d'enquête à l'agriculteur

| |
|--|
| Questionnaire d'enquête à l'agriculteur : Evaluation de l'efficacité des MAET sur la biodiversité |
|--|

1/ Identification

- ✓ Présentation de l'agriculteur

Nom Prénom

Adresse :

Mail :

Statut :

N° Pacage :

Tel :

2/ Présentation de l'exploitation

- ✓ Système de production :

| Atelier animal | Système de production | Nombre d'unités productrices | Nombre d'unités produites | UGB |
|-----------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------|-----|
| | | | | |

- ✓ Surfaces (assolement en ha)

| | |
|-----------------------|--|
| SAU | |
| Grandes cultures | |
| Surfaces prairiales | |
| Dont Surfaces en MAET | |

| | |
|-------------------------|--|
| Ha foncier en propriété | |
| Ha foncier en fermage | |

- ✓ **Surfaces prairiales (hors MAET) :**

Apports : N ... U N/ha/an

P ... U P/ha/an

K ... U K/ha/an

Désherbage chimique (herbicide, insecticide):

Parcelles drainées :

Prairies semées :

Historique de la parcelle (tjrs en prairie...) :

✓ **Le matériel**

| Types de travaux | Possession (en propre, copropriété,...) | Caractéristiques et fonctionnalité |
|--|---|------------------------------------|
| Foin Enrubannage Ensilage Autre : | | |

✓ Registre des interventions mécaniques :

3/ Données par parcelle (MAET)

✓ Parcelles en MAET (parcelles hachurées en rose) :

N° de la parcelle (référence sur la carte) :

Année d'engagement (CAD, CTE) :

Type de mesure (CU1, CU2):

Si CU1, apports : N ... U N/ha/an

P ... U P/ha/an

K ... U K/ha/an

Parcelles drainées :

Prairies semées :

Historique de la parcelle :

Second contrat ?:

✓ Système de production

| Atelier animal | Système de production | UGB/ha |
|----------------|-----------------------|--------|
| | | |
| | | |
| | | |

✓ Date de fauche :

✓ Registre des pratiques de pâturage

Annexe 7 : Tableau des espèces inventoriées et leurs statut en Picardie (CBNBL, 2012)

| Espèces | Statut | Rareté | Menace | Intérêt patr | Liste rouge | Caract_ZH |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------------|-------------|-----------|
| <i>Achillea millefolium</i> | I(C) | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Achillea ptarmica</i> | I | AR | NT | Oui | Non | Oui |
| <i>Ajuga reptans</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Agrostis capillaris</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Alium vineale</i> | I | PC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Alopecurus pratensis</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Angelica sylvestris</i> | I | C | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Anthoxanthum odoratum</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Arctium lappa</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Arenaria serpyllifolia</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Artemisia vulgaris</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Arum maculatum</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Bellis perennis</i> | - | - | - | - | - | - |
| <i>Bromus hordeaceus</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Bromus sterilis</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Calamagrostis epigejos</i> | - | - | - | - | - | - |
| <i>Campanula patula</i> | - | - | - | - | - | - |
| <i>Campanula rapunculus</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Capsella bursa pastoris</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Cardamine hirsuta</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Cardamine pratensis</i> | I | AC | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Carduus nutans</i> | I | PC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Carex caryophylla</i> | - | - | - | - | - | - |
| <i>Carex hirta</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Carex nigra</i> | I | AR | LC | Oui | Non | Oui |
| <i>Carex riparia</i> | - | - | - | - | - | - |
| <i>Carex spicata</i> | I | PC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Centaurea jacea</i> | I(C) | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Centaurea nigra</i> | - | - | - | - | - | - |
| <i>Cerastium fontanum</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Chenopodium album</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Cirsium arvense</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Cirsium palustre</i> | I | C | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Cirsium vulgare</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Clematis vitalba</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Convolvulus arvensis</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Crataegus monogyna</i> | I(NC) | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Crepis biennis</i> | I | AR | LC | Non | Non | Non |
| <i>Cruciata laevipes</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Cynosorus cristatus</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Dactylis glomerata</i> | I(NC) | CC | LC | Non | Non | Non |

| Espèces | Statut | Rareté | Menace | Intérêt patr | Liste rouge | Caract_ZH |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------------|-------------|-----------|
| <i>Daucus carota</i> | I(SC) | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Dipsacus fullonum</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Equisetum arvense</i> | - | - | - | - | - | - |
| <i>Eleocharis palustris</i> | I | PC | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Elymus repens</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Eryngium campestre</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Euonymus europaeus</i> | I(C) | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Fagus sylvatica</i> | I(NC) | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Festuca pratensis</i> | I | PC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Festuca rubra</i> | I(C) | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Filipendula ulmaria</i> | I | C | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Fraxinus excelsior</i> | I(NC) | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Galium aparine</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Galium palustre</i> | I | AC | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Galium verum</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Geranium dissectum</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Geranium robertianum</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Geum urbanum</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Glechoma hederacea</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Glyceria fluitans</i> | I | AC | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Guimauve officinale</i> | - | - | - | - | - | - |
| <i>Hedera helix</i> | I(C) | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Heracleum sphondylium</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Humulus lupulus</i> | I | C | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Holcus lanatus</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Hordeum secalinum</i> | I | R | NT | Oui | Non | Non |
| <i>Iris pseudacorus</i> | I(C) | C | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Joncus conglomeratus</i> | I | PC | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Joncus effusus</i> | I | C | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Joncus inflexus</i> | I | C | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Lamium album</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Lamium purpureum</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Lapsana communis</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Lathyrus palustris</i> | I | RR | VU | Oui | Oui | Oui |
| <i>Lathyrus pratensis</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Leontodon autumnalis</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Leucanthemum vulgare</i> | I(C) | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Linaria vulgaris</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Lolium perenne</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Lotus corniculatus</i> | I(NC) | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Luzula multiflorum</i> | I | PC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Lychnis flos cuculi</i> | I | AC | LC | Oui | Non | Oui |
| <i>Lysimachia nummularia</i> | I | C | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Malva neglecta</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |

| Espèces | Statut | Rareté | Menace | Intérêt patr | Liste rouge | Caract_ZH |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------------|-------------|-----------|
| <i>Matricaria discoidea</i> | Z | CC | NA | Non | Non | Non |
| <i>Medicago arabica</i> | I | PC | LC | Oui | Non | Non |
| <i>Medicago lupulina</i> | I(C) | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Mentha arvensis</i> | I | AC | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Myosotis arvensis</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Oenanthe fistulosa</i> | I | R | NT | Oui | Non | Oui |
| <i>Oenanthe silaifolia</i> | I | RR | VU | Oui | Oui | Oui |
| <i>Ononis repens</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Persicaria maculosa</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Phalaris arundinacea</i> | C(S) | RR | NA | Non | Non | [Oui] |
| <i>Phleum pratense</i> | I(NC) | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Plantago lanceolata</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Plantago major</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Plantago media</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Poa annua</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Poa pratensis</i> | I(NC) | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Poa trivialis</i> | I(NC) | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Polygonatum multiflorum</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Polygonum aviculare</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Populus alba</i> | C(NS) | AR | NA | Non | Non | Oui |
| <i>Potentilla anserina</i> | I | CC | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Potentilla reptans</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Prunus spinosa</i> | I(NC) | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Quercus robur</i> | I(NC) | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Ranunculus acris</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Ranunculus bulbosus</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Ranunculus ficaria</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Ranunculus repens</i> | I | CC | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Rosa arvensis</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Rubus fruticosus</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Rumex acetosa</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Rumex acetosella</i> | I | PC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Rumex conglomeratus</i> | I | AC | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Rumex crispus</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Rumex obtusifolius</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Senecio aquaticus</i> | I | R | NT | Oui | Non | Oui |
| <i>Silene latifolia</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Silum silaus</i> | I | AR | LC | Oui | Non | Oui |
| <i>Sinapis arvensis</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Stachys palustris</i> | I | AC | LC | Non | Non | Oui |
| <i>Stellaria holostea</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Stellaria media</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Sonchus sp</i> | - | - | - | - | - | - |
| <i>Symphytum officinale</i> | I | C | LC | Non | Non | Oui |

| Espèces | Statut | Rareté | Menace | Intérêt patr | Liste rouge | Caract_ZH |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------------|-------------|-----------|
| <i>Taraxacum officinalis</i> | - | - | - | - | - | - |
| <i>Thalictrum alpinum</i> | I | PC | LC | Oui | Non | Oui |
| <i>Tragopogon pratensis</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Trifolium repens</i> | I(NC) | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Trifolium pratense</i> | I(NC) | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Urtica dioica</i> | I | CC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Valeriana officinalis</i> | - | - | - | - | - | - |
| <i>Veronica arvensis</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Veronica chamaedrys</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Veronica hederifolia</i> | I | AC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Vicia cracca</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Vicia hirsuta</i> | I | PC | LC | Non | Non | Non |
| <i>Vicia sepium</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |
| <i>Viola arvensis</i> | I | C | LC | Non | Non | Non |

Statut : Statuts en région Picardie

I = Indigène
Z = Eurynaturalisé
C = Cultivé
N = Sténonaturalisé
S = Subspontané

Rareté : Rareté en région Picardie

RR : très rare
R : rare
AR : assez rare
PC : peu commun
AC : assez commun
C : commun
CC : très commun

Menace : Cotation UICN du niveau de menace en région Picardie

LC = taxon de préoccupation mineure.
NT = taxon quasi menacé.
VU = taxon vulnérable.
NA = évaluation UICN non applicable

Intérêt patr : Intérêt patrimonial pour la région Picardie

Oui : taxon répondant strictement à au moins un des critères de sélection

Liste rouge : Taxons menacés ou éteints en région Picardie

Oui : taxon dont l'indice de menace est **VU** (vulnérable), **EN** (en danger), **CR** (en danger critique d'extinction) ou **CR*** (présupposé éteint).

Caract_ZH : Plantes indicatrices de zones humides en région Picardie

Oui : taxon inscrit
[Oui] : taxon inscrit mais cité par erreur

Annexe 8 : Résultats de l'analyse des variances pour les indices de diversité taxonomique par parcelle

| Tukey multiple comparisons of means | | | | |
|--|-------------|------------|-------------|-----------|
| 95% family-wise confidence level | | | | |
| Fit: aov(formula=S1~mesures*Pratiques) | | | | |
| \$mesures | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2-CU1 | 9.178030 | 3.8820205 | 14.47404008 | 0.0002891 |
| TEM-CU1 | 5.293506 | 0.2658538 | 10.32115920 | 0.0368402 |
| TEM-CU2 | -3.884524 | -7.7393347 | -0.02971288 | 0.0478593 |
| \$Pratiques | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| FP-F | 0.0225865 | -5.100514 | 5.1456869 | 0.9999382 |
| P-F | -3.1093157 | -7.214504 | 0.9958725 | 0.1719048 |
| P-FP | -3.1319022 | -7.695811 | 1.4320063 | 0.2335836 |
| \$mesures:Pratiques` | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2:F-CU1:F | 13.2222222 | -1.995893 | 28.4403372 | 0.1386335 |
| TEM:F-CU1:F | 0.7500000 | -14.640077 | 16.1400766 | 1.0000000 |
| CU1:FP-CU1:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU1:F | 7.2500000 | -9.608984 | 24.1089842 | 0.9003150 |
| TEM:FP-CU1:F | 6.1000000 | -8.979134 | 21.1791339 | 0.9275893 |
| CU1:P-CU1:F | -2.0000000 | -17.218115 | 13.2181150 | 0.9999680 |
| CU2:P-CU1:F | 3.0000000 | -11.964462 | 17.9644620 | 0.9992417 |
| TEM:P-CU1:F | 3.5882353 | -10.964282 | 18.1407523 | 0.9967024 |
| TEM:F-CU2:F | -12.4722222 | -21.931522 | -3.0129225 | 0.0023384 |
| CU1:FP-CU2:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU2:F | -5.9722222 | -17.670480 | 5.7260359 | 0.7786745 |
| TEM:FP-CU2:F | -7.1222222 | -16.066727 | 1.8222829 | 0.2252413 |
| CU1:P-CU2:F | -15.2222222 | -24.399091 | -6.0453536 | 0.0000490 |
| CU2:P-CU2:F | -10.2222222 | -18.972023 | -1.4724213 | 0.0108180 |
| TEM:P-CU2:F | -9.6339869 | -17.658926 | -1.6090481 | 0.0078800 |
| CU1:FP-TEM:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-TEM:F | 6.5000000 | -5.421102 | 18.4211021 | 0.7121376 |
| TEM:FP-TEM:F | 5.3500000 | -3.884046 | 14.5840460 | 0.6415062 |
| CU1:P-TEM:F | -2.7500000 | -12.209300 | 6.7092997 | 0.9900083 |
| CU2:P-TEM:F | 2.2500000 | -6.795576 | 11.2955762 | 0.9964968 |
| TEM:P-TEM:F | 2.8382353 | -5.508206 | 11.1846762 | 0.9731857 |
| CU2:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU1:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU2:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU2:FP | -1.1500000 | -12.666879 | 10.3668787 | 0.9999962 |
| CU1:P-CU2:FP | -9.2500000 | -20.948258 | 2.4482581 | 0.2331623 |
| CU2:P-CU2:FP | -4.2500000 | -15.616325 | 7.1163248 | 0.9531614 |
| TEM:P-CU2:FP | -3.6617647 | -14.479989 | 7.1564591 | 0.9739278 |
| CU1:P-TEM:FP | -8.1000000 | -17.044505 | 0.8445051 | 0.1060284 |
| CU2:P-TEM:FP | -3.1000000 | -11.605779 | 5.4057787 | 0.9595710 |
| TEM:P-TEM:FP | -2.5117647 | -10.269915 | 5.2463857 | 0.9801566 |
| CU2:P-CU1:P | 5.0000000 | -3.749801 | 13.7498009 | 0.6582615 |
| TEM:P-CU1:P | 5.5882353 | -2.436704 | 13.6131741 | 0.3950960 |
| TEM:P-CU2:P | 0.5882353 | -6.944609 | 8.1210795 | 0.9999994 |

| Tukey multiple comparisons of means | | | | |
|--|--------------|-------------|--------------|-----------|
| 95% family-wise confidence level | | | | |
| Fit: aov(formula=H1~mesures*Pratiques) | | | | |
| \$mesures | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2-CU1 | 0.3275331 | 0.11379030 | 0.54127597 | 0.0014077 |
| TEM-CU1 | 0.2196538 | 0.01674167 | 0.42256598 | 0.0308818 |
| TEM-CU2 | -0.1078793 | -0.26345649 | 0.04769786 | 0.2267436 |
| \$Pratiques | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| FP-F | 0.03180343 | -0.1749609 | 0.23856778 | 0.9276523 |
| P-F | -0.11387248 | -0.2795547 | 0.05180972 | 0.2325631 |
| P-FP | -0.14567591 | -0.3298717 | 0.03851988 | 0.1474830 |
| \$mesures:Pratiques` | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2:F-CU1:F | 0.432580094 | -0.18161119 | 1.046771380 | 0.3796406 |
| TEM:F-CU1:F | -0.001237813 | -0.62236933 | 0.619893708 | 1.0000000 |
| CU1:FP-CU1:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU1:F | 0.235271154 | -0.44514434 | 0.915686644 | 0.9703524 |
| TEM:FP-CU1:F | 0.240536337 | -0.36804578 | 0.849118452 | 0.9361548 |
| CU1:P-CU1:F | -0.118649633 | -0.73284092 | 0.495541653 | 0.9994213 |
| CU2:P-CU1:F | 0.063331139 | -0.54062291 | 0.667285186 | 0.9999944 |
| TEM:P-CU1:F | 0.111454642 | -0.47587362 | 0.698782908 | 0.9994922 |
| TEM:F-CU2:F | -0.433817908 | -0.81558789 | -0.052047930 | 0.0147081 |
| CU1:FP-CU2:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU2:F | -0.197308940 | -0.66944154 | 0.274823657 | 0.9139792 |
| TEM:FP-CU2:F | -0.192043758 | -0.55303703 | 0.168949513 | 0.7383254 |
| CU1:P-CU2:F | -0.551229727 | -0.92160101 | -0.180858446 | 0.0003593 |
| CU2:P-CU2:F | -0.369248956 | -0.72238412 | -0.016113795 | 0.0337610 |
| TEM:P-CU2:F | -0.321125452 | -0.64500574 | 0.002754837 | 0.0536887 |
| CU1:FP-TEM:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-TEM:F | 0.236508967 | -0.24461744 | 0.717635375 | 0.8118388 |
| TEM:FP-TEM:F | 0.241774150 | -0.13090476 | 0.614453062 | 0.4926696 |
| CU1:P-TEM:F | -0.117411820 | -0.49918180 | 0.264358158 | 0.9856368 |
| CU2:P-TEM:F | 0.064568952 | -0.30050347 | 0.429641372 | 0.9996981 |
| TEM:P-TEM:F | 0.112692455 | -0.22416341 | 0.449548318 | 0.9757201 |
| CU2:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU1:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU2:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU2:FP | 0.005265182 | -0.45954709 | 0.470077451 | 1.0000000 |
| CU1:P-CU2:FP | -0.353920787 | -0.82605338 | 0.118211810 | 0.2975612 |
| CU2:P-CU2:FP | -0.171940016 | -0.63067605 | 0.286796014 | 0.9525154 |
| TEM:P-CU2:FP | -0.123816512 | -0.56043161 | 0.312798588 | 0.9915117 |
| CU1:P-TEM:FP | -0.359185970 | -0.72017924 | 0.001807301 | 0.0521434 |
| CU2:P-TEM:FP | -0.177205198 | -0.52049181 | 0.166081413 | 0.7682668 |
| TEM:P-TEM:FP | -0.129081694 | -0.44219461 | 0.184031221 | 0.9199207 |
| CU2:P-CU1:P | 0.181980772 | -0.17115439 | 0.535115932 | 0.7698796 |
| TEM:P-CU1:P | 0.230104275 | -0.09377601 | 0.553984565 | 0.3678792 |
| TEM:P-CU2:P | 0.048123504 | -0.25589623 | 0.352143236 | 0.9998684 |

| Tukey multiple comparisons of means | | | | |
|--|--------------|--------------|---------------|-----------|
| 95% family-wise confidence level | | | | |
| Fit: aov(formula=D1~mesures*Pratiques) | | | | |
| \$mesures | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2-CU1 | 0.019371515 | 0.003312510 | 0.035430521 | 0.0142128 |
| TEM-CU1 | 0.013352783 | -0.001892488 | 0.028598053 | 0.0974493 |
| TEM-CU2 | -0.006018732 | -0.017707614 | 0.005670149 | 0.4364908 |
| \$Pratiques | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| FP-F | 0.004226359 | -0.01130834 | 0.019761054 | 0.7912087 |
| P-F | -0.005730193 | -0.01817829 | 0.006717903 | 0.5144166 |
| P-FP | -0.009956552 | -0.02379562 | 0.003882514 | 0.2031119 |
| \$mesures:Pratiques` | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2:F-CU1:F | 0.026580953 | -0.019564693 | 0.0727265985 | 0.6486080 |
| TEM:F-CU1:F | -0.001505063 | -0.048172146 | 0.0451620187 | 1.0000000 |
| CU1:FP-CU1:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU1:F | 0.014385802 | -0.036735425 | 0.0655070291 | 0.9919329 |
| TEM:FP-CU1:F | 0.017286657 | -0.028437559 | 0.0630108722 | 0.9501325 |
| CU1:P-CU1:F | -0.006141035 | -0.052286681 | 0.0400046109 | 0.9999648 |
| CU2:P-CU1:F | 0.004323363 | -0.041053135 | 0.0496998605 | 0.9999974 |
| TEM:P-CU1:F | 0.007686143 | -0.036441221 | 0.0518135065 | 0.9997305 |
| TEM:F-CU2:F | -0.028086016 | -0.056769299 | 0.0005972665 | 0.0594485 |
| CU1:FP-CU2:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU2:F | -0.012195151 | -0.047667591 | 0.0232772894 | 0.9713583 |
| TEM:FP-CU2:F | -0.009294296 | -0.036416575 | 0.0178279832 | 0.9719106 |
| CU1:P-CU2:F | -0.032721988 | -0.060548859 | -0.0048951162 | 0.0100420 |
| CU2:P-CU2:F | -0.022257590 | -0.048789471 | 0.0042742909 | 0.1706253 |
| TEM:P-CU2:F | -0.018894810 | -0.043228703 | 0.0054390835 | 0.2543260 |
| CU1:FP-TEM:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-TEM:F | 0.015890865 | -0.020257301 | 0.0520390318 | 0.8886423 |
| TEM:FP-TEM:F | 0.018791720 | -0.009208529 | 0.0467919693 | 0.4458708 |
| CU1:P-TEM:F | -0.004635972 | -0.033319254 | 0.0240473110 | 0.9998460 |
| CU2:P-TEM:F | 0.005828426 | -0.021600329 | 0.0332571815 | 0.9988452 |
| TEM:P-TEM:F | 0.009191206 | -0.016117572 | 0.0344999851 | 0.9603977 |
| CU2:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU1:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU2:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU2:FP | 0.002900855 | -0.032021592 | 0.0378233011 | 0.9999991 |
| CU1:P-CU2:FP | -0.020526837 | -0.055999277 | 0.0149456032 | 0.6430065 |
| CU2:P-CU2:FP | -0.010062439 | -0.044528364 | 0.0244034850 | 0.9897284 |
| TEM:P-CU2:FP | -0.006699659 | -0.039503585 | 0.0261042675 | 0.9991323 |
| CU1:P-TEM:FP | -0.023427692 | -0.050549971 | 0.0036945878 | 0.1436919 |
| CU2:P-TEM:FP | -0.012963294 | -0.038755230 | 0.0128286421 | 0.7928234 |
| TEM:P-TEM:FP | -0.009600514 | -0.033125428 | 0.0139244013 | 0.9241087 |
| CU2:P-CU1:P | 0.010464398 | -0.016067483 | 0.0369962785 | 0.9368869 |
| TEM:P-CU1:P | 0.013827178 | -0.010506715 | 0.0381610711 | 0.6650003 |
| TEM:P-CU2:P | 0.003362780 | -0.019478942 | 0.0262045029 | 0.9999240 |

| Tukey multiple comparisons of means | | | | |
|--|---------------|-------------|-------------|-----------|
| 95% family-wise confidence level | | | | |
| Fit: aov(formula=J1~mesures*Pratiques) | | | | |
| \$mesures | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2-CU1 | 0.0143838552 | -0.01067014 | 0.03943785 | 0.3582478 |
| TEM-CU1 | 0.0136562113 | -0.01012826 | 0.03744069 | 0.3581840 |
| TEM-CU2 | -0.0007276439 | -0.01896372 | 0.01750843 | 0.9949520 |
| \$Pratiques | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| FP-F | 0.004735848 | -0.01950016 | 0.028971860 | 0.8859549 |
| P-F | -0.008057990 | -0.02747853 | 0.011362552 | 0.5819404 |
| P-FP | -0.012793838 | -0.03438446 | 0.008796787 | 0.3354966 |
| \$mesures:Pratiques` | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2:F-CU1:F | 0.0169224409 | -0.05507037 | 0.08891526 | 0.9976363 |
| TEM:F-CU1:F | -0.0043467102 | -0.07715303 | 0.06845961 | 0.9999999 |
| CU1:FP-CU1:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU1:F | 0.0032359003 | -0.07651943 | 0.08299123 | 1.0000000 |
| TEM:FP-CU1:F | 0.0158168151 | -0.05551852 | 0.08715215 | 0.9984350 |
| CU1:P-CU1:F | -0.0118430197 | -0.08383583 | 0.06014979 | 0.9998242 |
| CU2:P-CU1:F | -0.0047806260 | -0.07557348 | 0.06601222 | 0.9999998 |
| TEM:P-CU1:F | 0.0009077592 | -0.06793629 | 0.06975181 | 1.0000000 |
| TEM:F-CU2:F | -0.0212691512 | -0.06601856 | 0.02348025 | 0.8382406 |
| CU1:FP-CU2:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU2:F | -0.0136865407 | -0.06902786 | 0.04165478 | 0.9966334 |
| TEM:FP-CU2:F | -0.0011056259 | -0.04341968 | 0.04120843 | 1.0000000 |
| CU1:P-CU2:F | -0.0287654607 | -0.07217876 | 0.01464784 | 0.4635466 |
| CU2:P-CU2:F | -0.0217030670 | -0.06309602 | 0.01968989 | 0.7530510 |
| TEM:P-CU2:F | -0.0160146817 | -0.05397851 | 0.02194915 | 0.9096896 |
| CU1:FP-TEM:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-TEM:F | 0.0075826105 | -0.04881292 | 0.06397814 | 0.9999619 |
| TEM:FP-TEM:F | 0.0201635253 | -0.02352027 | 0.06384732 | 0.8588635 |
| CU1:P-TEM:F | -0.0074963095 | -0.05224572 | 0.03725310 | 0.9997986 |
| CU2:P-TEM:F | -0.0004339158 | -0.04322611 | 0.04235828 | 1.0000000 |
| TEM:P-TEM:F | 0.0052544695 | -0.03423030 | 0.04473924 | 0.9999648 |
| CU2:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU1:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU2:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU2:FP | 0.0125809148 | -0.04190234 | 0.06706417 | 0.9979140 |
| CU1:P-CU2:FP | -0.0150789200 | -0.07042024 | 0.04026240 | 0.9934914 |
| CU2:P-CU2:FP | -0.0080165263 | -0.06178756 | 0.04575450 | 0.9999163 |
| TEM:P-CU2:FP | -0.0023281410 | -0.05350625 | 0.04884997 | 1.0000000 |
| CU1:P-TEM:FP | -0.0276598348 | -0.06997389 | 0.01465422 | 0.4822414 |
| CU2:P-TEM:FP | -0.0205974411 | -0.06083600 | 0.01964111 | 0.7761994 |
| TEM:P-TEM:FP | -0.0149090558 | -0.05161078 | 0.02179267 | 0.9259541 |
| CU2:P-CU1:P | 0.0070623937 | -0.03433056 | 0.04845535 | 0.9997690 |
| TEM:P-CU1:P | 0.0127507790 | -0.02521305 | 0.05071461 | 0.9751281 |
| TEM:P-CU2:P | 0.0056883853 | -0.02994748 | 0.04132425 | 0.9998598 |

Annexe 9 : Résultats de l'analyse des variances pour les indices de diversité fonctionnelle par parcelle

| Tukey multiple comparisons of means | | | | |
|--|--------------|-------------|--------------|-----------|
| 95% family-wise confidence level | | | | |
| Fit: aov(formula=test\$FEve~mesures*Pratiques) | | | | |
| \$mesures | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2-CU1 | 0.003767383 | -0.04608746 | 0.05362223 | 0.9820171 |
| TEM-CU1 | 0.029105669 | -0.01822296 | 0.07643429 | 0.3090128 |
| TEM-CU2 | 0.025338285 | -0.01094960 | 0.06162617 | 0.2222088 |
| \$Pratiques | diff | lwr | upr | p adj |
| FP-F | -0.006090963 | -0.05431810 | 0.042136173 | 0.9506051 |
| P-F | -0.057394829 | -0.09603968 | -0.018749975 | 0.0020096 |
| P-FP | -0.051303865 | -0.09426696 | -0.008340773 | 0.0153777 |
| \$`mesures:Pratiques` | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2:F-CU1:F | -0.052271427 | -0.19552962 | 0.090986765 | 0.9593019 |
| TEM:F-CU1:F | -0.023239765 | -0.16811675 | 0.121637216 | 0.9998545 |
| CU1:FP-CU1:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU1:F | -0.014112662 | -0.17281744 | 0.144592119 | 0.9999985 |
| TEM:FP-CU1:F | -0.040288497 | -0.18223837 | 0.101661374 | 0.9914644 |
| CU1:P-CU1:F | -0.097949306 | -0.24120750 | 0.045308886 | 0.4202123 |
| CU2:P-CU1:F | -0.118732501 | -0.25960289 | 0.022137888 | 0.1661128 |
| TEM:P-CU1:F | -0.070435910 | -0.20742839 | 0.066556568 | 0.7720339 |
| TEM:F-CU2:F | 0.029031663 | -0.06001499 | 0.118078314 | 0.9792783 |
| CU1:FP-CU2:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU2:F | 0.038158766 | -0.07196468 | 0.148282214 | 0.9699741 |
| TEM:FP-CU2:F | 0.011982930 | -0.07221762 | 0.096183479 | 0.9999412 |
| CU1:P-CU2:F | -0.045677879 | -0.13206582 | 0.040710062 | 0.7445747 |
| CU2:P-CU2:F | -0.066461073 | -0.14882874 | 0.015906596 | 0.2106181 |
| TEM:P-CU2:F | -0.018164482 | -0.09370855 | 0.057379580 | 0.9972305 |
| CU1:FP-TEM:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-TEM:F | 0.009127103 | -0.10309412 | 0.121348330 | 0.9999992 |
| TEM:FP-TEM:F | -0.017048733 | -0.10397492 | 0.069877456 | 0.9993536 |
| CU1:P-TEM:F | -0.074709542 | -0.16375619 | 0.014337109 | 0.1705174 |
| CU2:P-TEM:F | -0.095492736 | -0.18064473 | -0.010340738 | 0.0169308 |
| TEM:P-TEM:F | -0.047196145 | -0.12576672 | 0.031374429 | 0.5959169 |
| CU2:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU1:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU2:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU2:FP | -0.026175836 | -0.13459184 | 0.082240169 | 0.9971501 |
| CU1:P-CU2:FP | -0.083836645 | -0.19396009 | 0.026286804 | 0.2782447 |
| CU2:P-CU2:FP | -0.104619839 | -0.21161858 | 0.002378902 | 0.0601408 |
| TEM:P-CU2:FP | -0.056323248 | -0.15816235 | 0.045515856 | 0.6963417 |
| CU1:P-TEM:FP | -0.057660809 | -0.14186136 | 0.026539740 | 0.4180449 |
| CU2:P-TEM:FP | -0.078444003 | -0.15851453 | 0.001626523 | 0.0592002 |
| TEM:P-TEM:FP | -0.030147412 | -0.10318002 | 0.042885194 | 0.9193644 |
| CU2:P-CU1:P | -0.020783194 | -0.10315086 | 0.061584475 | 0.9961346 |
| TEM:P-CU1:P | 0.027513397 | -0.04803067 | 0.103057459 | 0.9597346 |
| TEM:P-CU2:P | 0.048296591 | -0.02261506 | 0.119208241 | 0.4255504 |

| Tukey multiple comparisons of means | | | | |
|--|--------------|--------------|---------------|-----------|
| 95% family-wise confidence level | | | | |
| Fit: aov(formula=test\$FDis~mesures*Pratiques) | | | | |
| \$mesures | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2-CU1 | 7.673504e-03 | -0.006508369 | 0.02185538 | 0.4009817 |
| TEM-CU1 | 7.752949e-03 | -0.005710307 | 0.02121620 | 0.3560597 |
| TEM-CU2 | 7.944462e-05 | -0.010243127 | 0.01040202 | 0.9998117 |
| \$Pratiques | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| FP-F | -0.002249723 | -0.01596857 | 0.011469126 | 0.9181975 |
| P-F | -0.016859139 | -0.02785218 | -0.005866098 | 0.0013944 |
| P-FP | -0.014609416 | -0.02683084 | -0.002387994 | 0.0152532 |
| \$mesures:Pratiques` | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2:F-CU1:F | 0.026166707 | -0.01458499 | 0.0669184013 | 0.5067985 |
| TEM:F-CU1:F | 0.016865615 | -0.02434657 | 0.0580777953 | 0.9229749 |
| CU1:FP-CU1:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU1:F | 0.012352255 | -0.03279343 | 0.0574979371 | 0.9933075 |
| TEM:FP-CU1:F | 0.020367426 | -0.02001210 | 0.0607469509 | 0.7896600 |
| CU1:P-CU1:F | 0.003954679 | -0.03679702 | 0.0447063733 | 0.9999970 |
| CU2:P-CU1:F | -0.002099071 | -0.04217152 | 0.0379733815 | 1.0000000 |
| TEM:P-CU1:F | 0.002705979 | -0.03626335 | 0.0416753077 | 0.9999998 |
| TEM:F-CU2:F | -0.009301092 | -0.03463159 | 0.0160294102 | 0.9577875 |
| CU1:FP-CU2:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU2:F | -0.013814451 | -0.04514053 | 0.0175116257 | 0.8868866 |
| TEM:FP-CU2:F | -0.005799281 | -0.02975124 | 0.0181526830 | 0.9970936 |
| CU1:P-CU2:F | -0.022212028 | -0.04678622 | 0.0023621684 | 0.1073924 |
| CU2:P-CU2:F | -0.028265777 | -0.05169635 | -0.0048352004 | 0.0074335 |
| TEM:P-CU2:F | -0.023460728 | -0.04495024 | -0.0019712163 | 0.0223081 |
| CU1:FP-TEM:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-TEM:F | -0.004513359 | -0.03643618 | 0.0274094582 | 0.9999441 |
| TEM:FP-TEM:F | 0.003501811 | -0.02122550 | 0.0282291190 | 0.9999434 |
| CU1:P-TEM:F | -0.012910936 | -0.03824144 | 0.0124195657 | 0.7801659 |
| CU2:P-TEM:F | -0.018964686 | -0.04318730 | 0.0052579306 | 0.2445816 |
| TEM:P-TEM:F | -0.014159636 | -0.03651008 | 0.0081908069 | 0.5251378 |
| CU2:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU1:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU2:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU2:FP | 0.008015170 | -0.02282520 | 0.0388555421 | 0.9952691 |
| CU1:P-CU2:FP | -0.008397577 | -0.03972365 | 0.0229285000 | 0.9941654 |
| CU2:P-CU2:FP | -0.014451326 | -0.04488854 | 0.0159858862 | 0.8390240 |
| TEM:P-CU2:FP | -0.009646277 | -0.03861576 | 0.0193232085 | 0.9764045 |
| CU1:P-TEM:FP | -0.016412747 | -0.04036471 | 0.0075392169 | 0.4171758 |
| CU2:P-TEM:FP | -0.022466496 | -0.04524362 | 0.0003106277 | 0.0560269 |
| TEM:P-TEM:FP | -0.017661447 | -0.03843654 | 0.0031136476 | 0.1580354 |
| CU2:P-CU1:P | -0.006053749 | -0.02948433 | 0.0173768277 | 0.9954546 |
| TEM:P-CU1:P | -0.001248700 | -0.02273821 | 0.0202408118 | 0.9999999 |
| TEM:P-CU2:P | 0.004805050 | -0.01536671 | 0.0249768098 | 0.9974057 |

| Tukey multiple comparisons of means | | | | |
|---|---------------|--------------|---------------|-----------|
| 95% family-wise confidence level | | | | |
| Fit: aov(formula\$RaoQ~mesures*Pratiques) | | | | |
| \$mesures | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2-CU1 | 0.0060213299 | -0.005140581 | 0.017183241 | 0.4031461 |
| TEM-CU1 | 0.0054599443 | -0.005136375 | 0.016056264 | 0.4359972 |
| TEM-CU2 | -0.0005613856 | -0.008685815 | 0.007563043 | 0.9849408 |
| \$Pratiques | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| FP-F | -0.001455127 | -0.01225261 | 0.0093423590 | 0.9439624 |
| P-F | -0.011791394 | -0.02044352 | -0.0031392676 | 0.0048982 |
| P-FP | -0.010336267 | -0.01995520 | -0.0007173385 | 0.0323871 |
| \$`mesures:Pratiques` | | | | |
| | diff | lwr | upr | p adj |
| CU2:F-CU1:F | 0.0207514673 | -0.01132235 | 0.0528252829 | 0.4963937 |
| TEM:F-CU1:F | 0.0115390634 | -0.02089718 | 0.0439753065 | 0.9648999 |
| CU1:FP-CU1:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU1:F | 0.0098269742 | -0.02570515 | 0.0453590983 | 0.9928100 |
| TEM:FP-CU1:F | 0.0152523968 | -0.01652850 | 0.0470332947 | 0.8309407 |
| CU1:P-CU1:F | 0.0036830976 | -0.02839072 | 0.0357569132 | 0.9999887 |
| CU2:P-CU1:F | -0.0008396856 | -0.03237890 | 0.0306995290 | 1.0000000 |
| TEM:P-CU1:F | 0.0030430646 | -0.02762793 | 0.0337140606 | 0.9999964 |
| TEM:F-CU2:F | -0.0092124039 | -0.02914890 | 0.0107240885 | 0.8581265 |
| CU1:FP-CU2:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-CU2:F | -0.0109244930 | -0.03557983 | 0.0137308452 | 0.8841943 |
| TEM:FP-CU2:F | -0.0054990704 | -0.02435058 | 0.0133524370 | 0.9897853 |
| CU1:P-CU2:F | -0.0170683697 | -0.03640961 | 0.0022728689 | 0.1257105 |
| CU2:P-CU2:F | -0.0215911528 | -0.04003230 | -0.0031500055 | 0.0105545 |
| TEM:P-CU2:F | -0.0177084027 | -0.03462183 | -0.0007949802 | 0.0333554 |
| CU1:FP-TEM:F | NA | NA | NA | NA |
| CU2:FP-TEM:F | -0.0017120892 | -0.02683710 | 0.0234129167 | 0.9999998 |
| TEM:FP-TEM:F | 0.0037133334 | -0.01574841 | 0.0231750793 | 0.9994715 |
| CU1:P-TEM:F | -0.0078559658 | -0.02779246 | 0.0120805265 | 0.9372009 |
| CU2:P-TEM:F | -0.0123787490 | -0.03144327 | 0.0066857766 | 0.4914800 |
| TEM:P-TEM:F | -0.0084959988 | -0.02608702 | 0.0090950238 | 0.8260392 |
| CU2:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU1:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| CU2:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:P-CU1:FP | NA | NA | NA | NA |
| TEM:FP-CU2:FP | 0.0054254226 | -0.01884764 | 0.0296984843 | 0.9983429 |
| CU1:P-CU2:FP | -0.0061438767 | -0.03079921 | 0.0185114615 | 0.9964529 |
| CU2:P-CU2:FP | -0.0106666598 | -0.03462241 | 0.0132890934 | 0.8813631 |
| TEM:P-CU2:FP | -0.0067839097 | -0.02958448 | 0.0160166617 | 0.9883856 |
| CU1:P-TEM:FP | -0.0115692992 | -0.03042081 | 0.0072822082 | 0.5678311 |
| CU2:P-TEM:FP | -0.0160920824 | -0.03401893 | 0.0018347618 | 0.1124838 |
| TEM:P-TEM:FP | -0.0122093322 | -0.02856047 | 0.0041418049 | 0.3025245 |
| CU2:P-CU1:P | -0.0045227831 | -0.02296393 | 0.0139183642 | 0.9968224 |
| TEM:P-CU1:P | -0.0006400330 | -0.01755346 | 0.0162733895 | 1.0000000 |
| TEM:P-CU2:P | 0.0038827502 | -0.01199353 | 0.0197590302 | 0.9968840 |

Annexe 10 : Tableau représentant les résultats des tests de Spearman

Tableau 5 : Résultats du test de Spearman, indiquant le degré de liaison existant entre les variables locales, paysagères et spatiales. Les résultats significatifs sont représentés par * ≤ 0.05 , ** ≤ 0.01 , *** ≤ 0.001 . Les colonnes représentées sont : N : azote, P : phosphore, K : potassium, UGB : unité gros bétail, Bois, Prairies, Cultures, Gel, Peupleraie, ZU : zone urbaine, Haie, Cours d'eau, Plan d'eau, Distance cours d'eau X et Y : les coordonnées spatiales des parcelles.

| | N | P | K | UGB | Bois | Prairies | Cultures | Gel | Peupleraie | ZU | Haie | Cours d'eau | Plan d'eau | distance cours d'eau | X | Y |
|-------------------------|---------|---------|---------|--------|-----------|----------|----------|----------|------------|-----------|--------|-------------|------------|-------------------------|----------|-------|
| N | 1 *** | | | | | | | | | | | | | | | |
| P | 0.23 | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | 0.23 | 1 *** | | | | | | | | | | | | | | |
| UGB | 0.26 * | 0.33 ** | 1 *** | | | | | | | | | | | | | |
| Bois | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.19 | 1 *** | | | | | | | | | | | |
| Prairies | 0.1 | 0.12 | 0.12 | -0.01 | -0.43 *** | 1 *** | | | | | | | | | | |
| Cultures | 0.09 | 0.34 ** | 0.34 ** | 0.26 * | 0.48 *** | -0.38 ** | 1 *** | | | | | | | | | |
| Gel | 0.14 | 0.29 * | 0.29 * | 0.13 | 0.55 *** | 0.08 | 0.26 * | 1 *** | | | | | | | | |
| Peupleraie | -0.06 | -0.22 | -0.22 | 0.02 | 0.07 | -0.09 | -0.29 * | -0.05 | 1 *** | | | | | | | |
| ZU | 0.19 | 0.22 | 0.22 | 0.17 | 0.24 * | -0.18 | 0.21 | 0.09 | 0.08 | 1 *** | | | | | | |
| Haie | -0.13 | 0.09 | 0.09 | 0 | 0.01 | 0.04 | 0.05 | -0.16 | 0.2 | 0.39 *** | 1 *** | | | | | |
| Cours d'eau | 0.32 ** | 0.31 ** | 0.31 ** | 0.12 | 0.36 ** | 0.16 | 0.22 | 0.55 *** | -0.09 | 0.33 ** | 0.27 * | 1 *** | | | | |
| Plan d'eau | -0.25 * | -0.02 | -0.02 | -0.03 | 0.15 | 0.02 | 0.03 | 0.11 | -0.36 ** | -0.48 *** | -0.1 | -0.1 | 1 *** | | | |
| distance cours d'eau | -0.02 | -0.13 | -0.13 | -0.13 | -0.03 | -0.37 ** | -0.02 | -0.28 * | 0.19 | -0.03 | 0.05 | -0.38 ** | -0.34 ** | 1 *** | | |
| X | -0.18 | 0.02 | 0.02 | -0.03 | -0.75 *** | 0.47 *** | -0.38 ** | -0.3 * | 0.03 | -0.2 | 0.21 | -0.07 | 0.01 | -0.2 | 1 *** | |
| Y | -0.18 | 0.08 | 0.08 | -0.02 | -0.71 *** | 0.32 ** | -0.35 ** | -0.33 ** | -0.02 | -0.09 | 0.29 * | 0.01 | 0.01 | -0.17 | 0.96 *** | 1 *** |

Annexe 11 : Courbes rang fréquence en fonction des mesures et des pratiques culturelles

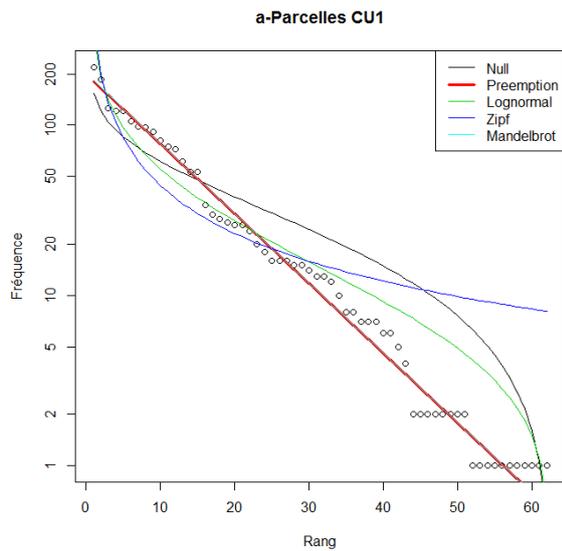


Figure 22 : Ensemble des courbes rang fréquence en fonction des différents modèles. La courbe noire représente l'ajustement du modèle Null avec un AIC de 658.81. La courbe rouge représente l'ajustement du modèle de Preemption avec un AIC de 303.19 (le plus faible), la courbe verte représente l'ajustement du modèle de Lognormal avec un AIC de 466.20, la courbe violette le modèle de Zipf avec un AIC de 811.43 et enfin le courbe bleu ciel le modèle de Mandelbrot avec un AIC de 307.18.

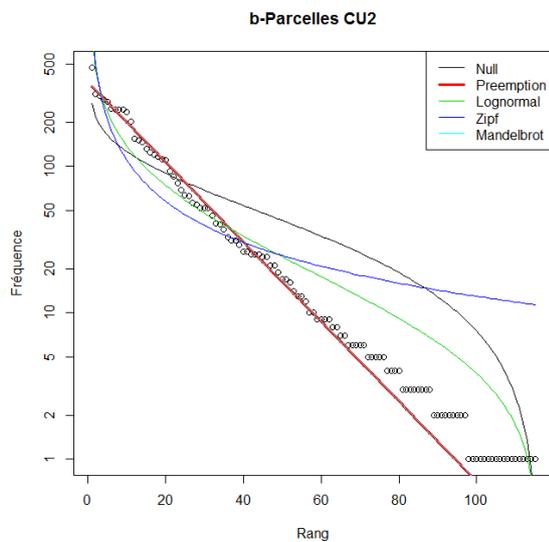


Figure 23 : Ensemble des courbes rang fréquence en fonction des différents modèles. La courbe noire représente l'ajustement du modèle Null avec un AIC de 2566.8. La courbe rouge représente l'ajustement du modèle de Preemption avec un AIC de 620.05 (le plus faible), la courbe verte représente l'ajustement du modèle de Lognormal avec un AIC de 1305.8, la courbe violette le modèle de Zipf avec un AIC de 2591.45 et enfin le courbe bleu ciel le modèle de Mandelbrot avec un AIC de 624.04.

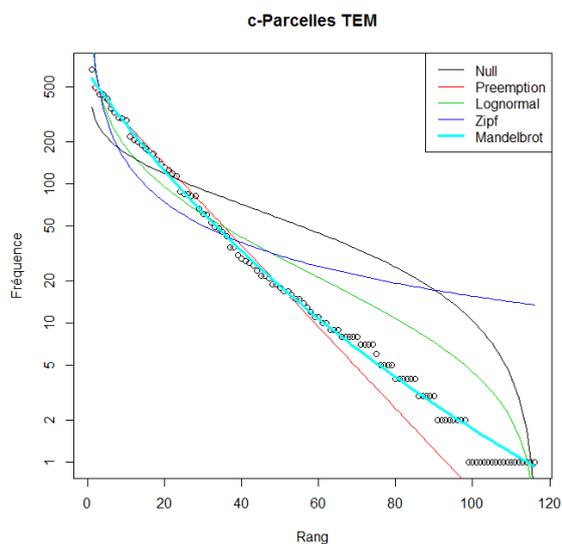


Figure 24 : Ensemble des courbes rang fréquence en fonction des différents modèles. La courbe noire représente l'ajustement du modèle Null avec un AIC de 3789.8. La courbe rouge représente l'ajustement du modèle de Preemption avec un AIC de 685.86, la courbe verte représente l'ajustement du modèle de Lognormal avec un AIC de 1553.8, la courbe violette le modèle de Zipf avec un AIC de 3239.1 et enfin le courbe bleu ciel le modèle de Mandelbrot avec un AIC de 577.6 (le plus faible).

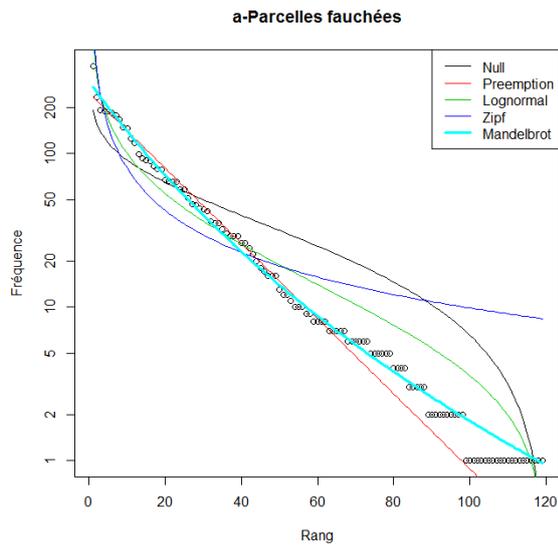


Figure 25 : Ensemble des courbes rang fréquence en fonction des différents modèles. La courbe noire représente l'ajustement du modèle Null avec un AIC de 1722.4. La courbe rouge représente l'ajustement du modèle de Preemption avec un AIC de 627.7, la courbe verte représente l'ajustement du modèle de Lognormal avec un AIC de 904.3, la courbe violette le modèle de Zipf avec un AIC de 1760.7 et enfin le courbe bleu ciel le modèle de Mandelbrot avec un AIC de 572.6 (le plus faible).

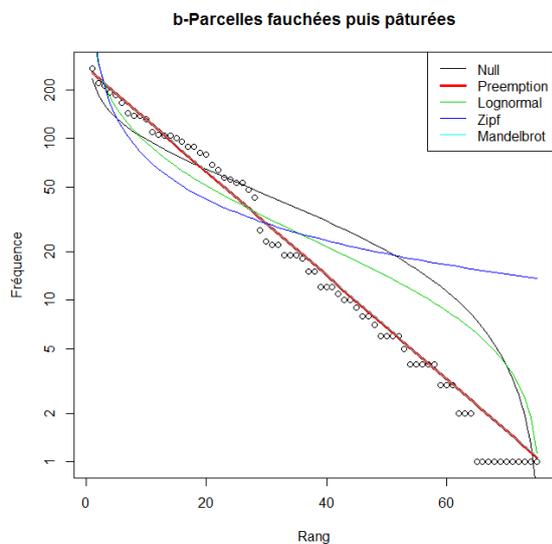


Figure 26 : Ensemble des courbes rang fréquence en fonction des différents modèles. La courbe noire représente l'ajustement du modèle Null avec un AIC de 962. La courbe rouge représente l'ajustement du modèle de Preemption avec un AIC de 401.2 (le plus faible), la courbe verte représente l'ajustement du modèle de Lognormal avec un AIC de 867.8, la courbe violette le modèle de Zipf avec un AIC de 1610.7 et enfin le courbe bleu ciel le modèle de Mandelbrot avec un AIC de 405.

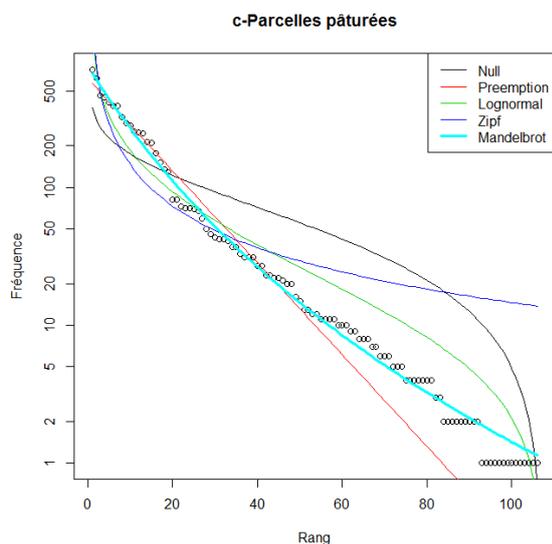


Figure 27 : Ensemble des courbes rang fréquence en fonction des différents modèles. La courbe noire représente l'ajustement du modèle Null avec un AIC de 4164.2. La courbe rouge représente l'ajustement du modèle de Preemption avec un AIC de 776.5 la courbe verte représente l'ajustement du modèle de Lognormal avec un AIC de 1589.7, la courbe violette le modèle de Zipf avec un AIC de 3179.8 et enfin le courbe bleu ciel le modèle de Mandelbrot avec un AIC de 586.6 (le plus faible).

Annexe 12 : Tableau représentant les résultats du test de Sperman

Tableau 6: Résultats du test de Sperman, indiquant le degré de liaison existant entre les coordonnées et les traits d'histoire de vie des espèces. Les résultats significatifs sont représentés par * ≤ 0.05 , ** ≤ 0.01 , *** ≤ 0.001 . Les colonnes représentées sont : Axe 1, Axe 2, Axe 3, Axe 4 : les coordonnées des axes 1, 2, 3 et 4, Klima_L : lumière, Boden_F : humidité, W : tolérance à l'humidité, R : acidité du sol, N : éléments nutritifs, H : humus, D : aération du sol.

| | Axe 1 | Axe 2 | Axe 3 | Axe 4 | Klima_L | Boden_F | W | R | N | H | D |
|---------|---------|--------|---------|-------|---------|-----------|-----------|--------|-----------|-----------|-------|
| Axe 1 | 1 *** | | | | | | | | | | |
| Axe 2 | -0.07 | 1 *** | | | | | | | | | |
| Axe 3 | -0.04 | 0.21 * | 1 *** | | | | | | | | |
| Axe 4 | 0 | -0.04 | -0.04 | 1 *** | | | | | | | |
| Klima_L | 0 | 0.05 | 0.06 | 0.14 | 1 *** | | | | | | |
| Boden_F | 0.25 ** | -0.12 | -0.18 * | 0.08 | -0.18 * | 1 *** | | | | | |
| W | 0.26 ** | -0.08 | 0 | 0.02 | 0.01 | 0.56 *** | 1 *** | | | | |
| R | -0.01 | 0.04 | 0.03 | -0.01 | 0.07 | 0 | 0.1 | 1 *** | | | |
| N | -0.03 | -0.09 | 0 | -0.05 | -0.01 | 0.11 | 0.03 | -0.06 | 1 *** | | |
| H | 0.19 * | -0.06 | -0.16 | 0.1 | 0 | 0.4 *** | 0.3 *** | -0.2 * | -0.36 *** | 1 *** | |
| D | -0.15 | 0.08 | 0.08 | -0.06 | 0.08 | -0.55 *** | -0.67 *** | 0 | -0.07 | -0.32 *** | 1 *** |