

Université Libre de Bruxelles

IGEAT

Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire

Diplôme d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement

Valorisation des prairies dans le système de poly-culture élevage

Productivité et biodiversité

Travail de Fin d'Etudes présenté par

Alain Kramp

En vue de l'obtention du grade académique de
Diplômé d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement

Année académique 2002-2003

Directeur : **Prof. Bernard Godden**

Université Libre de Bruxelles

IGEAT

Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire

Diplôme d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement

Valorisation des prairies dans le système de poly-culture élevage

Productivité et biodiversité

Travail de Fin d'Etudes présenté par

Alain Kramp

En vue de l'obtention du grade académique de
Diplômé d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement

Année académique 2002-2003

Directeur : **Prof. Bernard Godden**

Remerciements

Je tiens à adresser mes plus sincères remerciements à Monsieur le Professeur Bernard Godden qui m'a proposé le thème de ce travail, et qui m'a apporté la motivation pour réaliser une recherche orientée vers les sciences naturelles, un domaine qui, au départ, n'était pas mien. Outre sa guidance et ses conseils, il m'a fait bénéficier de son expérience et de ses connaissances scientifiques. Il m'a aussi permis de m'intégrer à une équipe de personnes compétentes, qui m'ont soutenu et informé alors que mes connaissances, surtout agronomiques et botaniques, étaient lacunaires.

Je remercie particulièrement Monsieur Philippe Couplet, assistant du professeur B. Godden, qui m'a appris à accepter la variabilité des expériences en milieu naturel, et qui m'a suivi dans ma démarche de recherche du début à la fin en me prodiguant ses conseils avisés et son amitié. De même, j'exprime ma gratitude à Monsieur José-Manuel Crucq, qui m'a guidé dans la réalisation des expériences de laboratoire.

Je tiens également à présenter mes remerciements aux personnes qui m'ont précédé au sein de l'Unité de Physiologie et Ecologie microbienne (UPEM) de l'Université Libre de Bruxelles, car ce sont elles qui ont oeuvré pour acquérir les données que j'utilise dans ce travail (les données que j'ai acquises serviront aux mémorants qui me suivront).

Je remercie Monsieur le Professeur Jean-Claude Verhaege qui m'a aidé à cibler mon travail, ainsi que tous les membres du jury qui ont accepté de participer à son évaluation.

Pour leurs conseils avisés, j'exprime toute ma reconnaissance à Alexandra Mariño (ingénieur agronome), Didier Croes (bio-informaticien), Pierre Vanhaegenborgh (psychologue), et enfin, à mes parents, sans qui ce travail n'aurait pas pu exister.

Résumé

Les prairies représentent une part importante de la surface agricole utile (SAU) en Région Wallonne, y compris dans une zone agricole mixte comme le Hainaut Occidental, où environ 35% de la SAU est couverte par celles-ci. Les prairies permanentes extensives jouent un rôle dominant dans le système de poly-culture élevage en tant qu'espace de pâturage et production d'herbe pour les foins hivernaux. La dynamique cyclique propre à ce système, favorise le recyclage des effluents d'élevages comme engrais de ferme à destination des cultures et des prairies.

Outre son rôle productif, les prairies permanentes extensives sont reconnues par l'Union Européenne, les instances politiques régionales et le citoyen, comme étant détentrice d'une part importante de la diversité spécifique. Plusieurs mesures agri-environnementales ont été mises en place, à ce jour, pour aider les agriculteurs à protéger et à favoriser la biodiversité des prairies.

La biodiversité et la productivité des prairies sont deux aspects qui semblent être en opposition. L'objectif de ce travail est de présenter des données permettant de comparer ces deux aspects, dans le cadre du système de poly-culture élevage, c.-à-d. suite à l'apport d'engrais de ferme diversifiés et à différents dosages. Plusieurs facteurs environnementaux, tels que les dates de fauches et la fertilité des sols, sont examinés dans le but de découvrir les tendances qui influencent la diversité des espèces et/ou les rendements en matière sèche. Dans un second temps, l'aspect qualitatif des herbes récoltées est aussi analysé.

Les données proviennent des sites d'essai mis en place dans le Hainaut Occidental par l'Unité de Physiologie et Ecologie Microbienne des Sols de l'Université Libre de Bruxelles. Sur chaque parcelle, des intrants fertilisants sous forme de fumiers mous, pailleux et compostés, de lisiers et de purins, sont appliqués à différents moments de l'année, et en quantités variables. Les données sont récupérées tout au long de la période de croissance végétale. La biodiversité est abordée au travers de l'identification des espèces florales présentes à différentes saisons, ainsi que de leur indice de dominance-abondance. La productivité est quantifiée par la pesée des herbes fauchées et séchées. La valeur nutritive et fourragère des espèces florales est ensuite déterminée par classification des espèces.

L'analyse des données, a permis de mettre en évidence la grande valeur des effluents d'élevage en tant qu'engrais de ferme apportés sur les prairies. Etant donné leur lente minéralisation, ils limitent les effets néfastes sur la diversité botanique, et modifient peu les proportions des différents groupes d'espèces présentes.

En conclusion, nos résultats suggèrent que les engrais de fermes permettent une gestion rationnelle et durable de la prairie dans le cadre du système de poly-culture élevage, en favorisant, non seulement, une productivité abondante et de qualité, mais aussi, une haute diversité botanique.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. AVANT PROPOS	3
2. LES PRAIRIES – DEFINITIONS	5
2.1 La Prairie permanente ou temporaire	7
2.2 La Prairie intensive ou extensive	7
3. LES FONCTIONS DE LA PRAIRIE EN UNION EUROPEENNE	9
3.1 Introduction – La PAC et l’environnement rural	9
3.2 Les Prairies extensives et l’environnement	12
3.3 Les Mesures agri-environnementales en Wallonie	14
3.4 Evolution des mesures agri-environnementales en Wallonie	14
4. LA PRAIRIE ET LE SYSTÈME DE POLY-CULTURE ÉLEVAGE	17
4.1 Le Système de poly-culture élevage	17
4.2 La Prairie extensive dans le système de poly-culture élevage	20
MÉTHODOLOGIE	21
5. LES ESSAIS SUR PRAIRIE	23
5.1 Situation et mise en place des essais sur prairie	23
5.2 Historique des sites d’expérimentation	24

5.3 Aspect météorologique de l'année 2002	25
6. OBJECTIFS DES EXPÉRIENCES SUR PRAIRIE	26
6.1 Types de données recueillies	27
7. MÉTHODOLOGIE	27
7.1 Analyses de sol	27
7.2 Apports en engrais de ferme	27
7.3 Analyses des intrants	34
7.4 Profils de sol	35
7.5 Etude de la flore des prairies	36
7.6 Aspect qualitatif de la flore	38
7.7 Fauches	39
RÉSULTATS ET ANALYSES	41
8. ENGRAIS DE FERME ET PRODUCTIVITÉ EN HERBE	42
8.1 Analyses de sol des sites d'Ellezelles et de Wasmes	42
8.2 Apports en engrais de ferme	44
8.3 Résultats des rendements en matière sèche	48
8.4 Analyse des résultats des rendements en matière sèche	54
9. ENGRAIS DE FERME ET BIODIVERSITÉ BOTANIQUE	58
9.1 Résultats de richesse spécifique	58
9.2 Analyses des résultats de richesse spécifique	60

10. DOMINANCE-ABONDANCE DES ESPÈCES BOTANIQUES	61
9.1 Résultats de dominance-abondance	61
9.2 Analyse des résultats de dominance-abondance	69
9.3 Plantes des prairies et état des sols	73
11. ENGRAIS DE FERME ET QUALITÉ FOURRAGÈRE	74
11.1 Répartition des espèces par groupe	74
11.2 Résultats graphiques des répartitions	74
11.3 Analyse des résultats de qualité fourragère	91
DISCUSSION ET CONCLUSION	95
12. DISCUSSION	97
13. CONCLUSION	103
BIBLIOGRAPHIE	105
ANNEXES	115

INTRODUCTION

1. Avant propos

L'agriculture se développe actuellement selon une série de nouveaux critères qui la mène bien au-delà de la simple production alimentaire. La production agricole se doit d'être harmonisée avec d'autres fonctions que réclame la société. Les aspects environnementaux, sociaux et culturels, voire symboliques, doivent se coordonner pour former un tout qui est l'espace rural, un patrimoine commun (Hervieu, 2002).

Cette demande sociale se concrétise aujourd'hui par une série de règles et de recommandations politiques élaborées par les Instances Européennes et appliquées par les politiques agricoles nationales et régionales. La Politique Agricole Commune (PAC) en est le fondement principal au sein de l'Union Européenne. La PAC est révisée de temps en temps en fonction d'objectifs réactualisés pour permettre d'améliorer la multi-fonctionnalité agricole tant désirée, tout en préservant la qualité de vie des agriculteurs contemporains.

Dans ce cadre européen, les prairies sont destinées à jouer un rôle important. Elles doivent être gérées de telle manière à favoriser une production de nourriture (viandes et laits) de qualité, mais aussi à augmenter la biodiversité et la qualité des paysages ruraux (Wilkins et Vidrih, 2000). Le tout devant être réalisé dans le respect durable des éléments naturels vivants et non-vivants.

Les aides économiques destinées aux agriculteurs sont versées suite à l'application par ceux-ci de mesures agri-environnementales qui vont aussi dans le sens du développement durable, se détachant petit à petit de la simple production quantitative et de la stabilisation des prix

agricoles sur les marchés. C'est la reconnaissance du rôle que jouent les agriculteurs et éleveurs quant à la préservation et à l'amélioration de l'environnement au sens large.

Ce travail de fin d'étude a pour objectif d'examiner la relation qui peut exister entre la productivité et la biodiversité des prairies, c.-à-d. entre l'aspect productif (et qualitatif) du fourrage ou du pâturage, et la diversité des espèces, un des aspects environnementaux demandés par la société. Cette relation n'est pas évidente et, au premier abord, elle semble même conflictuelle. Dès lors, la question posée est la suivante : quelles sont les mesures de gestion des espaces prairiaux qui offriraient la possibilité de les réconcilier pour le bénéfice de tous, d'une part, les agriculteurs cherchant à produire une alimentation de qualité tout en vivant décemment et, d'autre part, les citoyens en demande d'un environnement de qualité et d'une nourriture saine ?

Le sujet étant particulièrement vaste, il nous a été nécessaire de le délimiter de manière arbitraire, mais tout en conservant une transversalité multidisciplinaire propre aux études environnementales. Nous avons ainsi examiné les prairies dites permanentes et extensives faisant partie des systèmes d'exploitation agricole de poly-culture élevage. Ce choix nous donne la possibilité d'analyser la corrélation productivité – biodiversité dans un cadre dynamique prenant en compte l'ensemble d'un écosystème agricole qui se veut durable.

En outre, nous tentons aussi d'examiner la PAC et son application wallonne pour répondre à une deuxième question: Dans quelle mesure ces règlements, recommandations et aides financières relatifs à la gestion durable des prairies sont-ils adéquats et correctement appliqués par rapport aux desseins socio-politiques choisis ?

Les données que nous présentons dans ce travail pour supporter les thèses exposées sont tirées de deux sources distinctes, d'une part, les données de terrain et, d'autre part, celles provenant de la littérature.

Les données de terrain proviennent des essais en prairie effectués par le Professeur Bernard Godden et son équipe sur deux sites situés dans le Hainaut Occidental. Ces essais nous permettent de comparer les données de type biodiversité et productivité face à une série de variables que sont les différents intrants organiques utilisés comme fumure dans le système de poly-culture élevage. Les analyses effectuées en laboratoire afin de définir les quantités d'entrées et de sorties d'éléments nutritifs (N, P, K), le type de sol, etc. sont également prises en compte. Les outils informatiques nous permettent de présenter des statistiques quant aux résultats des données de terrains acquises sur plus d'une année.

Les autres données proviennent de l'importante littérature scientifique et législative que nous avons parcouru depuis plusieurs mois.

En somme, ce travail transversal se veut être pluridisciplinaire, tout en restant centré sur une problématique environnementale liée au monde rural et agricole wallon en particulier.

2. Les Prairies – Définitions

Près de 150 millions d'hectares de prairies sont recensés en Europe (Wilkins et Vidrih, 2000). Ces vastes zones herbagées sont un des éléments fondamentaux de nos paysages ruraux. Les prairies représentent une part importante des espaces agricoles, surtout dans les régions

d'élevage. A titre d'exemples, dans les Ardennes belges, les prairies extensives couvrent entre 70% et 98% de la surface agricole utile (SAU). Dans une région plus mixte, telle que le Hainaut Occidental, les prairies représentent encore près de 35% de la SAU. Il est donc important de repositionner la prairie eu égard aux politiques agricoles européennes pour tenir compte de son importance dans le monde rural.

Les prairies sont des espaces agricoles utilisés aux fins de produire une alimentation de qualité destinée au bétail. Le Petit Larousse (1999) en donne la définition suivante : « Terrain couvert d'herbe ou de plantes fourragères destinées à l'alimentation du bétail, par pâture, ou après fenaïson ou ensilage. » Il existe cependant de nombreuses autres manières pour définir une prairie. Celle-ci peut-être, en effet, permanente (synonyme de « naturelle »¹) ou temporaire, extensive ou intensive, de pâturage ou de fauche, ou encore mixte.

En Hainaut Occidental, comme d'ailleurs presque partout en Europe, les prairies sont des espaces semi-naturels : elles sont l'œuvre de l'homme. Alors que celui-ci se sédentarise, il entreprend d'élever des animaux domestiques. Pour nourrir ce bétail, il lui faut donc choisir des espaces de production herbagère, oeuvres de déboisements successifs, qui sont surtout les zones les moins aptes à recevoir d'autres cultures. Dès l'origine de l'agriculture, il y a moins de 10.000 ans, il semble donc que les prairies aient été considérées comme des zones de seconde valeur ou en transition entre deux cultures de plus grande « rentabilité » (Mazoyer et Roudart, 2002). Cette considération pour la prairie reste encore valable aujourd'hui chez une grande partie des agriculteurs.

¹ Terme repris dans une partie de la littérature française.

La prairie peut ainsi être considérée comme un espace entretenu et géré par l'agriculteur. C'est lui qui choisit de la créer, de l'entretenir ou de l'abandonner. C'est lui aussi qui est responsable de son état quant à la valeur écologique qu'elle représente, et de l'impact environnemental qu'elle a ou non, particulièrement sur le système hydrologique.

2.1 La Prairie permanente ou temporaire

La prairie permanente est, comme sa dénomination l'indique, une prairie restant en place pour une longue période de temps. Elle se caractérise par grande diversité floristique où l'on peut rencontrer, sous nos latitudes tempérées, un nombre d'espèces différentes souvent supérieur à 20. Elle est peu ou non travaillée mécaniquement. Elle sert essentiellement au pâturage du bétail (Toussaint, 1992).

La prairie temporaire, quant à elle, se caractérise par une durée de vie et de production nettement plus brève, en général limitée de un à trois ans. Il s'agit d'une culture d'herbe au même titre que d'autres cultures telles que les céréales. Elle existe dans le cadre de la rotation des cultures. Sa composition floristique est relativement bien contrôlée puisqu'elle est semée et maintenue par l'agriculteur. Le nombre d'espèces différentes qu'on y trouve est bien moindre que dans le cas de la prairie permanente. Il est généralement de trois à six espèces. La prairie temporaire est plutôt destinée à la fauche des foins ou à l'ensilage (Toussaint, 1992).

2.2 La Prairie intensive ou extensive

Une prairie intensive est destinée à produire un maximum d'herbe par les méthodes et les techniques utilisées actuellement. L'agriculteur y apporte des engrais minéraux ou organiques, la retourne et la sème selon ses besoins en espèces à haute productivité et à haute

valeur nutritive. Elle est fauchée en général plusieurs fois par an, et peut aussi être pâturée en avant ou en arrière saison. Il s'agit alors d'une prairie dite mixte (Parente, 1996). Le summum de l'intensification est la prairie intensive flamande, une culture unique de ray-grass (sélections tétra- ou hexa-ploïdes)² recevant un maximum d'engrais minéraux et organiques (Verbruggen et al., 1996).

Les prairies extensives sont des zones de peu d'intrants où le pâturage du bétail suffit en général à retourner la matière organique nécessaire à sa conservation. La charge en bétail y est d'ailleurs nettement plus légère. La fauche y est moins fréquente et plus espacée dans le temps, voire totalement non-existante. Les prairies extensives sont moins travaillées par l'homme. Elles se trouvent en général sur des sols de moindre qualité, au relief accidenté ou empierre. Leur productivité totale en matière végétale est donc moindre. (Parente, 1996)

La productivité des prairies, bien que très variable en fonction d'un nombre de facteurs, varie pour une prairie temporaire intensive entre 10 à 15 tonnes/ha.an, et pour une prairie permanente extensive entre 8 à 10 tonnes/ha.an en Wallonie, selon Toussaint (1992).

Les prairies sont des zones d'habitat et de passage pour la faune auxiliaire de l'agriculture. Elles abritent un grand nombre d'espèces d'insectes pollinisateurs (abeilles, bourdons, ...), de prédateurs (carabes, araignées, ...), et d'animaux utiles dans la lutte contre les ravageurs de l'agriculture. Les prairies sont aussi des zones où circulent, vivent et se reproduisent les oiseaux et le petit gibier. En somme, les prairies sont des écosystèmes riches en biodiversité et ont une haute valeur écologique.

² Exemples, les mélanges de semences Matra Plus de Clovis-Matton ou Mik Way Plus, qui contiennent 5 variétés de *Lolium perenne* dont 3 sont tétraploïdes.

Les prairies humides ou sèches (les prairies calcaires par exemple) sont des écosystèmes à part entière. La diversité florale et les usages que l'on peut en faire du point de vue agricole sont très différents par rapport à la prairie normale. Ce Travail de fin d'étude se concentrera sur les prairies normales.

3. Les Fonctions de la prairie en Union Européenne

3.1 Introduction – La PAC et l'environnement rural

Suite au Traité de Rome instaurant, en 1957, la Communauté Economique Européenne, une première version de la Politique agricole commune est constituée en 1958. Cette première PAC avait comme objectif de permettre à l'Europe de réaliser sa révolution verte et de se rendre autosuffisante au niveau alimentaire. Son succès est incontestable, mais les conséquences négatives pour l'environnement et la société rurale en furent nombreuses. Bien que sortant du domaine de ce travail, il faut remarquer que la PAC a détruit en 2 générations, le tissu social du monde rural en étant surtout favorable aux grandes exploitations.

L'augmentation de la productivité et l'autosuffisance alimentaire, que se soit sous les auspices de la Politique Agricole Commune ou ailleurs, ont été de pair avec l'intensification et la mécanisation massive de l'agriculture. Les impacts négatifs sur l'environnement furent nombreux et, dans certains cas, catastrophiques. En voici une liste non exhaustive :

- Pollution des eaux souterraines par les nitrates, le phosphore et les sous-produits des pesticides et herbicides. A titre d'exemple, aux Pays-Bas, le surplus net en azote par hectare de terrain agricole se montait en 1995 à 321 kg, et celui du phosphore à 95 kg (Wilkins, 1996).

- Destruction du maillage écologique suite au remembrement des parcelles agricoles, avec comme corollaire direct une importante réduction de la biodiversité spécifique.
- Diminution importante des biotopes semi-naturels.
- Diminution parfois très importante de la qualité des sols par l'érosion et les écoulements de surface, mais aussi de la valeur écologique de la pédofaune.
- Modification drastique des paysages ruraux suite à l'arrachage des haies, au comblement des fossés, au drainage des zones humides et à la diminution des surfaces agricoles utiles en prairies.
- Diminution générale de la biodiversité à tous les niveaux.
- Abandon des zones les moins productives, avec comme conséquence, un phénomène de « fermeture » des paysages dans certaines régions.
- Augmentation de la pollution de l'air surtout par l'ammoniac et les amines secondaires.

(Godden, 2002 ; « Indicateurs d'intégration des préoccupations environnementales dans la politique agricole commune. », 2000 ; « Agriculture, environnement, développement rural : faits et chiffres - Les défis de l'agriculture. », 1999)

Suite à l'Acte Unique de 1986 et la grande réforme de la PAC de 1992, l'agriculture commence à prendre en compte la dimension environnementale. L'agriculteur est reconnu dans son rôle de gestionnaire environnemental au niveau des paysages, de la faune, de la flore, des sols et des eaux. Le développement du milieu social rural est aussi mis en avant. La directive CE 2078/92 impose aux pays membres de mettre en place un programme de subventions liées aux mesures agri-environnementales. Celles-ci proposent la dissociation partielle des revenus agricoles de la production agricole, et valorise la gestion durable de l'espace rural. La Région Wallonne appliqua la directive en 1994-1995 et la révisa en 1999-

2000. Les résultats restent mitigés. Néanmoins, on peut constater des conséquences positives pour l'environnement, ainsi qu'une nouvelle prise de conscience chez les agriculteurs de leur rôle de gestionnaires environnementaux (Godden, « Agriculture, forêts et environnement. » 2002 ; « Etat d'application du règlement (CEE) NO. 2078/92 – Evaluation des Programmes agri-environnementaux. », 1998).

L'Agenda 2000 et la nouvelle réforme de la PAC continue sur cette voie d'amélioration environnementale tout en reconnaissant encore plus les fonctions économiques, sociales, spatiales et environnementales de l'agriculture européenne. Etant donné la globalisation croissante des marchés agricole et la nécessité pour l'agriculture européenne d'être plus compétitive, les nouvelles mesures semblent vouloir se déplacer, encore davantage, de l'aide à la production vers l'aide à la protection de la nature (« Agenda 2000 - Renforcer l'Union et préparer l'élargissement. », 1999 ; Lughofer, 2003 ; « La Révision à mi-parcours de la PAC : vers une agriculture durable. », 2002).

La dernière réforme de la PAC, actuellement en cours (2002-2003), va plus loin en intégrant davantage le développement rural au 6ème Programme d'action pour l'environnement de l'Union Européenne. Elle tente ainsi de diminuer les aides financières liées à la production pour les remplacer par des aides au développement rural. Il propose l'éco-conditionnalité de celles-ci, renforce la sécurité alimentaire, favorise les actions au niveau de la biodiversité, de la préservation des paysages, de l'emploi et du social tout en intégrant les mesures dans une gestion intégrée des territoires de l'Union (« La Commission propose d'autres réformes de la politique agricole commune (PAC). », 2003 ; « Reform of the Common Agricultural Policy: A Long Term Perspective for Sustainable Agriculture. Impact Analysis. », 2003 ; « La Commission publie des études sur les incidences des propositions de

réforme de la PAC. », 2003 ; « Le 6ème Programme d'action pour l'environnement de l'Union Européenne - Engagements et obligations juridiquement contraignants. », 2002 ; « Réflexions pour l'avenir de la politique agricole commune - Synthèse des travaux du Conseil de septembre 2002 à mai 2003. », 2003).

Les résultats des MAE suite aux dernières réformes de la PAC sont assez positifs puisque déjà en 1998, 20% de la surface agricole de l'Union était concernée par celles-ci. Les réductions d'intrants agricoles viennent en premier quant au taux de participation, suivit par la diminution de la charge en bétail et la diversification des cultures (Primdahl et al., 2003).

3.2 Les Prairies extensives et l'environnement

La PAC considère les prairies comme des zones agricoles de grande valeur écologique et de conservation. Voici les rôles qu'elle leur reconnaît :

- Protection des nappes aquifères et des cours d'eau. Les prairies étant constamment couvertes de végétation, elles retiennent plus durablement les engrais qui y sont appliqués ainsi que les produits phytopharmaceutiques qui y sont épandus. De la même manière, les tournières, qui sont des bandes de prairies extensives situées en bord de champ ont pour rôle premier d'empêcher les intrants agricoles de fuir vers les eaux de surface par écoulement ou vers les eaux souterraines par percolation. Les prairies limitent donc les pollutions possibles des eaux.
- Préservation des sols contre l'érosion. Les prairies évitent au sol de s'éroder car la couverture végétale qui s'y trouve réduit les écoulements d'eau en surface et empêche les vents d'emporter les particules superficielles du sol. Celui-ci conserve ainsi sa qualité.

- Préservation des paysages. Les prairies font partie du paysage rural depuis des millénaires. Il est important, au niveau social, de pouvoir s'identifier avec le paysage rural propre à sa région. D'un point de vue esthétique, une bonne proportion de prairies permet de conserver une certaine « ouverture » dans les paysages. Dans le cas contraire ceux-ci seraient envahis par les forêts et se « refermeraient. » En outre, soulignons que de beaux paysages favorisent le développement économique et social des campagnes, entre autre par l'impact du tourisme rural.
- Préservation de la biodiversité. Les prairies qui jalonnent les paysages ruraux européens sont autant de maillages d'un tissu composé d'espaces semi-naturels. Ceux-ci servent de refuge et de voie de communication aux différentes espèces sauvages présentes dans les campagnes. La réduction de l'espace agricole réservé aux prairies au cours de la deuxième moitié du XXème siècle, ainsi que l'urbanisation et la construction des voies de communication, telles que les routes et autoroutes, ont fortement contribué à morceler les espaces nécessaires à la reproduction des espèces sauvages. Nombre d'entre elles ont maintenant disparu. Dans le cadre de Natura 2000, l'Union Européenne a pour ambition de recréer un maillage d'écosystèmes naturels et semi-naturels suffisamment dense afin de permettre la recolonisation des espèces qui leurs sont propres.
- Amélioration de la qualité de l'air et réduction des concentrations atmosphériques en gaz à effet de serre. Le rôle des prairies en tant que puits de carbone est très important. En effet, les prairies absorbent une part non négligeable du dioxyde de carbone présent dans l'air et, de ce fait, elles aident à réduire le réchauffement climatique. A cet égard, les prairies sont d'ailleurs plus efficaces que les forêts sous nos latitudes, car elles continuent à absorber le CO₂ en hiver, alors que les forêts caducifoliées sont grandement mises à nu. Ce rôle semble être souvent sous évalué et n'a pas encore été

chiffré de manière certaine. La matière organique des prairies et la microflore associée peuvent aussi fixer le méthane (CH₄), un gaz à effet de serre redoutable (20 fois plus puissant que le CO₂).

(Destain et al., 2000 ; Godden, 2002 ; Janssens, Ivan A. et al., 2003 ; Poiret, 2003 ; Parris, 2002 ; « Décret relatif à la conservation des sites Natura 2000 ainsi que de la faune et de la flore sauvage, » 2002)

3.3 Les Mesures agri-environnementales en Wallonie

Les mesures agri-environnementales visent à encourager sur base volontaire, une agriculture plus respectueuse de l'environnement. Les agriculteurs sont donc rétribués pour leur contribution positive sur la qualité de l'environnement. Il y a deux types de mesures agri-environnementales : Celles dites « horizontales » qui s'appliquent partout sur le territoire de la Région Wallonne, et celles, dites « verticales » qui concernent des zones sélectionnées par le gouvernement en tant que zones sensibles. Les parcs et réserves naturelles ainsi que les zones de captage des eaux potabilisables en sont deux exemples (Godden, 2002 ; Dassonville, 2002 ; « Décret relatif à la conservation des sites Natura 2000 ainsi que de la faune et de la flore sauvage, » 2002 ; « Arrêté du Gouvernement wallon modifiant l'arrêté du Gouvernement wallon du 11 mars 1999 relatif à l'octroi de subventions agri-environnementales," 2001).

3.4 Evolution des mesures agri-environnementales en Wallonie

Selon l'Arrêté du 8 décembre 1994 : Concernant les prairies, les mesures applicables étaient les suivantes :

- Fauches tardives (après le 1^{er} juillet en zone précoce, et après le 15 juillet en zone tardive) et diversification des semis en prairies temporaires ;

- Installation de tournières de conservation et bandes de prairies extensives ;
- Maintien de faible charge en bétail (entre 0,6 et 1 Unité de Gros Bétail/ha (UGB)) ;
- Fauches très tardives avec limitation des intrants. Cette dernière étant limitée aux zones de protection des eaux souterraines, en zone vulnérable, en zone de parc naturel ou de protection spéciale (ex : zone reprise dans la directive européenne « habitat ») ;
- Mesures conservatoire en zone humide (concerne les prairies humides).

Ces mesures sont appliquées par l'agriculteur selon un plan à court terme (1an) ou à moyen terme (5 ans), élaboré en collaboration avec l'Administration (le Ministère de l'Agriculture). Un soutien technique et un encadrement sont aussi prévus dans l'Arrêté. Il faut ajouter que ces mesures agri-environnementales rémunérées sont prévues comme faisant partie d'une gestion environnementale de toute l'exploitation concernée, c.-à-d. l'ensemble des parcelles et des pratiques agricoles est pris en compte. Il s'agit bien d'appliquer le code des bonnes pratiques agricoles et de gérer adéquatement les effluents et les épandages de telle manière à ne point provoquer d'autres préjudices environnementaux.

Signalons encore que les subventions sont plafonnées à certains montants déterminés, et qu'un dossier complet doit être remis à l'Administration. Les zones précoces et tardives y sont définies géographiquement. A titre d'exemple, l'adoption de la mesure « fauche tardive » donnait lieu à une prime de 5000 francs par hectare et par an.

L'Arrêté du 11 mars 1999, est une révision des mesures faisant suite à la directive européenne CE/746/96 et au règlement européen 435/97. Les mesures agri-environnementales (MAE) en matière de prairie restent principalement inchangées, mais sont précisées ainsi que leurs applications :

- Les primes versées pour les applications MAE peuvent être majorées de maximum 5% lorsqu'un « plan de gestion globale conforme à l'esprit d'une exploitation respectueuse de l'environnement » est mis en œuvre ;
- Tous les engagements sont pris pour une durée de cinq ans ;
- Le plafond pour les primes liées aux prairies est dorénavant limité à 450 euros/ha/an,
- Les dates de fauches tardives sont modifiées au 20 juin (zone précoce) et au 1^{er} juillet (zone tardive).

A titre d'exemple, pour un fauchage tardif, la prime est fixée à 125 euros/ha/an et la fertilisation maximum autorisée est de 40 unités d'azote/ha ou de 20 tonnes de fumier ou de compost. Les épandages de produits phytopharmaceutiques sont interdits.

Cet Arrêté a été modifié par l'Arrêté du 15 décembre 2000 qui prend en compte les nouveaux règlements européens 1257/99, 1750/1999, 2603/1999 et le nouveau Plan wallon de développement rural (25 septembre 2000). L'Arrêté du 15 décembre 2000 ne fait que modifier les modalités d'application des MAE sans en changer la nature.

L'Arrêté ministériel de modification du 12 juin 2001 n'apporte aucun changement quant aux MAE destinées aux prairies.

Les MAE sont considérées publiquement en tant que priorité de développement par le gouvernement wallon comme en témoigne le Contrat d'avenir pour la Wallonie. Celui-ci stipule clairement dans sa stratégie que le gouvernement wallon « rémunérera les exploitations [agricoles] qui participeront aux programmes de préservation de l'environnement et au maintien du paysage rural ou de la biodiversité (par exemple dans le

cadre de NATURA 2000) » (« Fiche 56 »). En outre, le gouvernement wallon agira dans le domaine de la biodiversité « en veillant à établir un réseau biodiversifié plus dense et en sensibilisant les agriculteurs, notamment dans le cadre des mesures agri-environnementales » (« Fiche 72 »). On y retrouve aussi cette volonté de reconnaître la multi-fonctionnalité de l'agriculture : « Le rôle séculaire de la production agricole sera enrichi par d'autres activités compatibles avec les différentes fonctions du milieu rural » (« Fiche 73 »).

Un bilan des résultats de l'application des MAE en Région Wallonne a été rédigé par le Ministre Happart (2003). Celui-ci se dit satisfait mais prône un renforcement de son action pour augmenter le nombre d'agriculteurs participants. Il est vrai que le taux de participation aux MAE est en relation directe avec la qualité de l'information et des conseils prodigués par les employés gouvernementaux. Le suivi des agriculteurs dans leur démarche est aussi nécessaire.

4. La Prairie et le système de poly-culture élevage

4.1 Le Système de poly-culture élevage

Un système de poly-culture élevage est un système agricole dynamique dans lequel la production animale et la production végétale sont étroitement liées. On considère généralement que ce lien existe au sein d'une seule entité productrice. Ce n'est cependant pas obligatoire, ni systématique, puisqu'il y a des accords inter-entreprises. Ceux-ci sont d'ailleurs souvent bénéfiques (Baars, 1998).

La dynamique tourne autour des échanges de matière organique d'un secteur de l'entreprise à l'autre, ce qui permet de nombreux recyclages tout en limitant les pertes préjudiciables à l'environnement. Ces échanges cycliques permettent en outre de limiter les intrants extérieurs et de compenser les exportations de matières qui se font au sein du système. La représentation suivante (fig. 1) en est assez démonstrative.

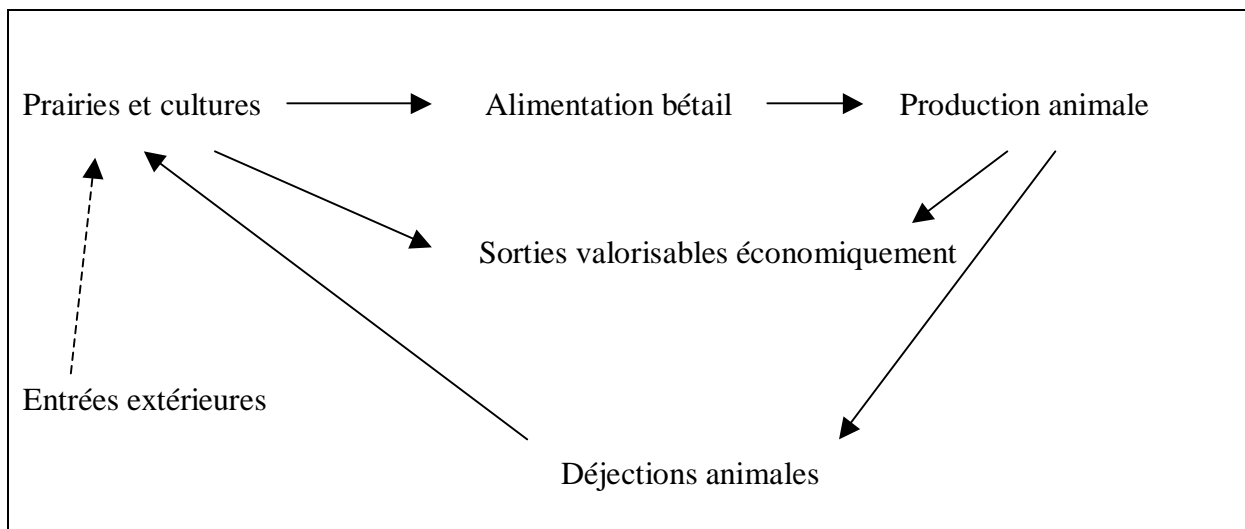


Figure 1. Schéma dynamique du système de poly-culture élevage.

Comme nous le voyons, les matières organiques circulent d'un stock à un autre dans le système de polyculture élevage. Dans certains systèmes intensifs hyper-spécialisés, la dynamique cyclique n'existe pas et toute la production fonctionne selon un schéma linéaire d'entrées et de sorties. Les sorties non rentabilisées (ex : les déjections animales) sont donc considérées comme des déchets dont il faut se débarrasser, créant ainsi des sources de pollution à haut risque pour l'environnement (fig. 2).

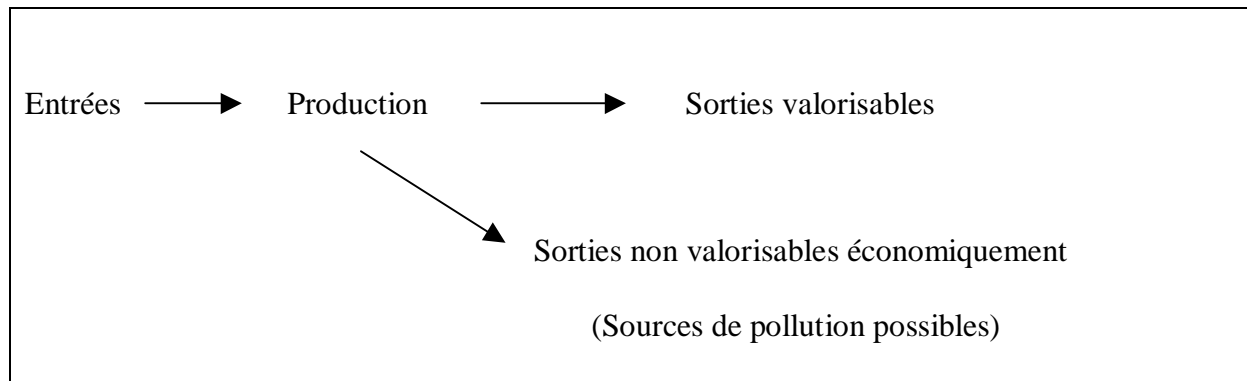


Figure 2. Schéma linéaire du système intensif spécialisé.

Nous remarquons dès à présent que le système de poly-culture élevage est plus rentable énergétiquement que le système spécialisé intensif. En effet, les sorties non rentabilisables du point de vue économique deviennent des produits intermédiaires qui sont réutilisés comme entrées. Notons qu'en Belgique, jusqu'il y a peu, l'Institut pour la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (IRSIA) prônait la séparation systématique des productions animales et végétales.

Le système de poly-culture élevage va à l'encontre de la spécialisation et des découpages sectoriels de l'agriculture. Il propose une utilisation beaucoup plus rationnelle des ressources environnementales et, de ce fait, a tendance à être plus durable. Les différents facteurs de production sont peut-être moins contrôlables car ils sont directement dépendants de critères liés à la variabilité de la nature. Chaque facteur de production a un effet sur d'autres et sur l'ensemble du cycle, mais avec les techniques modernes et de bonnes connaissances environnementales ce « défaut » peut être grandement limité, et peut même devenir une « qualité » de l'exploitation, la rendant plus rentable économiquement (agriculture biologique).

Le système de poly-culture élevage est un véritable agro-écosystème dans lequel tous les ensembles biotiques et abiotiques doivent être pris en considération pour pouvoir maximiser la production économiquement valorisable tout en limitant les intrants quels qu'ils soient (Godden, communication orale ; Rabbinge et Van Latesteijn, 1998 ; Goewie, 1998 ; Hopkins et Pinto, 1998).

4.2 La Prairie extensive dans le système de poly-culture élevage

La prairie extensive et permanente joue un rôle très important dans la dynamique du système de polyculture élevage. Elle est, en premier lieu, une zone de production d'alimentation pour le bétail, que ce soit sous forme de fourrage en herbe pour l'hiver (après ensilage ou pas), ou sous forme d'herbe de pâturage durant les mois de croissance florale. Ajoutons que le pâturage permet aussi d'offrir une meilleure qualité de vie aux animaux d'élevage aussi bien au niveau de leur espace de vie que de leur alimentation.

La prairie est ensuite le lieu où les matières organiques recyclées entrent, sous forme de déjections directes lors du pâturage ou d'épandages (lisier, fumiers et composts). Ces matières organiques, si elles sont bien utilisées, permettent à la prairie de compenser les sorties faites précédemment et de réintroduire les éléments nutritifs nécessaires à la croissance végétale.

La prairie dans les systèmes de poly-culture élevage est donc un élément central dans le cycle des matières nutritives qui existe entre les producteurs primaires, l'herbe, et secondaires, le bétail (Goewie, 1998).

METHODOLOGIE

5. Les Essais sur prairie

5.1 Situation et mise en place des essais sur prairie

Dans le cadre de la convention de la Région Wallonne *Valorisation des engrais de ferme en Hainaut* deux sites d'essais ont été mis en place au printemps de l'année 2002 dans le Hainaut Occidental. Le premier se situe sur le territoire de la commune de Wasmes dans les limites du Parc Naturel des Plaines de l'Escaut, et le second se situe sur le territoire de la commune d'Ellezelles dans le Parc Naturel du Pays des Collines. Le site d'Ellezelles est toujours en fonction aujourd'hui, mais les essais situés à Wasmes ont été arrêtés en juin 2003 et transférés sur une parcelle de prairie dans le village voisin de Baugnies.

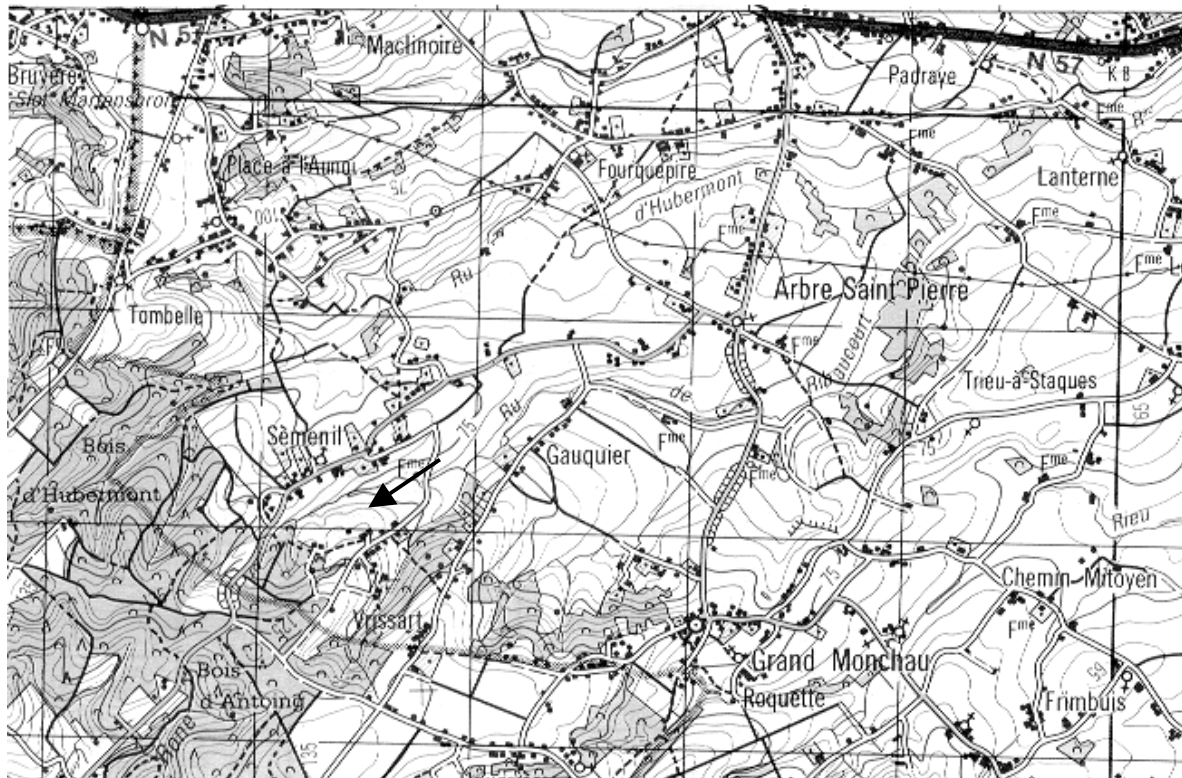


Figure 3. Carte de la région d'Ellezelles indiquant l'emplacement du site d'essai au lieu dit Sèmenil.

Chaque site est divisé en 60 parcelles de superficie égales, de 12 m² et est établi sur un terrain homogène (vérifié par sondages pédologiques et analyses) ne comportant pas de pente abrupte ou marquée. Remarquons cependant que le site de Wasmes est tout à fait plat, alors que celui d'Ellezelles est très légèrement pentu. Mais cela n'est pas significatif quant à l'écoulement des eaux en surface car cette pente ne dépasse pas le degré. Nous les considérerons donc comme plats.

Chaque parcelle est formée par un rectangle de 4 m sur 3 m délimité grâce à l'utilisation d'un faisceau laser de précision. Les parcelles sont séparées de leurs voisines par un espace dégagé et fréquemment fauché de 0.55 à 1.5m de large. De cette manière nous évitons tout contact entre les engrais qui y sont épandus. Les sites sont divisés en quatre zones, et chaque zone contient un nombre identique de parcelles. Les expériences sont répétées quatre fois sur chaque site, une fois sur chaque zone. Grâce à cette méthodologie d'expérimentation statistique, il est possible de recueillir des données correctes qui sont extrapolables à plus grande échelle, tout en limitant au maximum la marge d'erreur.

5.2 Historique des sites d'expérimentation

Les deux sites sont des prairies permanentes de longue date. Elles servaient de pâturage aux bovins pour le site d'Ellezelles, et aux équins pour le site de Wasmes. Il faut remarquer que la charge en bétail du site de Wasmes était excessive par moment, et que de ce fait le sol était dégradé par le surpiétinement (Godden, 2003).

La nappe d'eau, bien que variant avec les saisons, est nettement plus haute à Wasmes où le site est situé dans une large vallée de faible altitude (45 m). Une zone humide se trouve d'ailleurs à environ cent mètres du site. Lors du prélèvement d'échantillons de sol, nous y

avons trouvé des niveaux d'eau avant l'hiver qui étaient de l'ordre des -30 à -45 cm. Cette faible profondeur du niveau d'eau aurait tendance à limiter le développement des racines en profondeur (Kaufman et al., 1989), et à modifier l'habitat de la prairie concernée. D'après Nielsen et al., le niveau d'eau influence directement la diversité, car au plus le niveau d'eau est haut, au plus la diversité floristique est importante (1998). Notons cependant que les niveaux détectés avant l'hiver, étaient fortement descendus au printemps.

A Ellezelles, en revanche, le site se trouve en haut d'une petite colline (altitude 75 m). Nous verrons plus loin s'il existe des différences sur la diversité ou la dominance floristique, et/ou sur la productivité (quantitative et qualitative) entre les différents sites. Un autre impact possible du niveau d'eau dans le sol pourrait être l'entraînement des éléments nutritifs (surtout NH_4 et PO_4) en profondeur et dans la nappe elle-même, comme le démontre Hoffmann et al. dans leur étude comparative entre deux prairies, l'une drainée et l'autre pas (2000).

5.3 Aspect météorologique de l'année 2002

Le temps a un impact très profond sur la productivité en herbe des prairies. Il nous semble donc important de mentionner les caractéristiques de celui-ci au cours des périodes qui nous concernent. Nos données concernent l'ensemble de la Belgique et sont des moyennes pour tout le pays. Elles proviennent de l'Institut royal météorologique de Belgique.

L'année 2002 a été marquée dans son ensemble par une pluviosité très abondante (1077,8 mm) et des températures élevées (valeur moyenne de $11,2^\circ\text{C}$). L'ensoleillement a par contre été déficitaire avec seulement 1480 heures de Soleil (normale : 1555 heures). C'est durant l'été que les extrêmes furent atteints avec d'importantes précipitations, (surtout durant le mois

d'août), et des températures supérieures à la normale. L'ensoleillement fût à cette période restreint, et quelques orages très violents eurent lieu. Les saisons de printemps et d'automne furent relativement normales, sauf pour la température qui était restée supérieure à la normale (Vandiepenbeeck, 2003).

Du point de vue agronomique ces conditions météorologiques de l'année 2002 se traduisent par une période de croissance végétale commençant tôt et durant plus longtemps que de coutume. Le déficit d'ensoleillement (surtout en mai, juillet, août et septembre), et les très fortes mais brèves précipitations de l'été n'ont par contre pas favorisé une récolte en herbe surabondante dans les prairies wallonnes. Les rendements doivent donc être considérés comme normal. Une étude de Stypinski (1998) sur 15 années consécutives n'a pas mis en évidence de corrélation directe entre un seul facteur climatique et le rendement en herbe, mais plutôt entre le ratio précipitation/température de l'air (surtout au printemps) et le rendement.

6. Objectifs des expériences sur prairie

L'objectif de ces essais sur prairie est avant tout de déterminer l'efficacité des engrais de ferme pour les prairies dans les systèmes de poly-culture élevage. Les aspects qui seront discutés plus avant sont les suivants :

1. Chiffrer les effets des effluents d'élevage en tant qu'engrais de ferme sur les rendements en herbes des prairies (aspects quantitatifs) ;
2. Déterminer quelles sont les évolutions de la diversité floristique et des dominances par rapport aux différents engrais de ferme appliqués, ainsi que par rapport à leurs

dosages. La flore sera aussi considérée sous l'aspect qualité fourragère (valeur nutritive et appétence) ;

3. Comparer les aspects 1. et 2. ;

6.1 Types de données recueillies

1. Productivités en herbe, masse humide et masse sèche, en fonction des apports d'engrais de ferme appliqués sur chaque parcelle ;
2. Relevés de flore (diversité et dominance) en début et en fin de saison de croissance végétale (en mai et en août).

7. Méthodologie

7.1 Analyses de sol

Une analyse de sol complète a été effectuée pour les sols des deux sites. Ces analyses ont été réalisées par la Station Provinciale d'analyses agricole de La Hulpe sur des prélèvements de sol précédant la réalisation des essais. Elles comportent des données sur le type de sol et sa composition en sables et argiles, son niveau d'acidité, le pourcentage d'humus, et sa composition minérale.

7.2 Apports en engrais de ferme

Après délimitation soigneuse des parcelles, des applications d'engrais de ferme rapides et lents et en différentes quantités ont été faites : la première au début du printemps (en avril) et la seconde au début de l'été (en juillet). Ces engrais ont été systématiquement analysés avant application pour déterminer la quantité d'azote qui est introduite, et se conformer le mieux

possible au protocole établi. Ces applications sont faites à la main (avec fourche, pelle, louche) et les quantités sont mesurées l'aide d'une balance. Les périodes d'épandage choisies correspondent, pour le premier apport, à la période de plus grande croissance végétale au sortir de l'hiver ; et pour le second, avant le déficit hydrique et en période de croissance modérée au début de l'été (fig. 4).

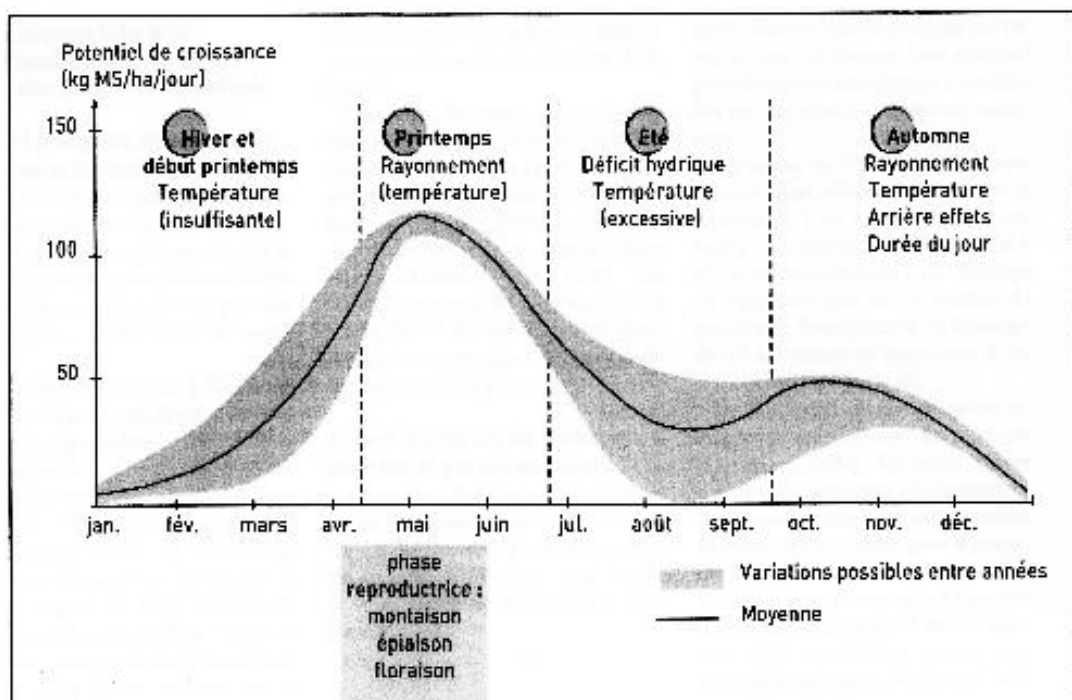


Figure 4. Evolution de la vitesse de croissance potentielle de la prairie au cours de l'année (in Bodet, 2002).

Cette courbe est une moyenne annuelle puisque la croissance des végétaux dépend avant tout de facteurs variables d'une année à l'autre et qui sont la température, l'intensité lumineuse et les précipitations (Martens, 1956).

Les tableaux présentés aux pages suivantes montrent la disposition des parcelles, le type d'engrais de ferme appliqué à chacune d'entre elles, et les dosages (tableau 1 : Ellezelles et tableau 2 : Wasmes).

Légende :

L : Lisier

FP : Fumier pailleux

FM : Fumier mou

FC : Fumier composté

T : Parcelle témoin (ne reçoit aucun intrant)

RP : Simulation de restitution pâturage (trois applications)

AP : Parcelle avec application précoce de lisier

MAE - C : Mesure agri-environnementale de *fauches tardives* avec application de compost (20T/ha)

MAE - P : Mesure agri-environnementale de *fauches tardives* avec épandage de purin (20m³/ha)

MAE - L : Mesure agri-environnementale de *fauches tardives* avec épandage de lisier (20T/ha)

Les nombres représentent les quantités d'azote appliquées en unité d'azote par hectare.

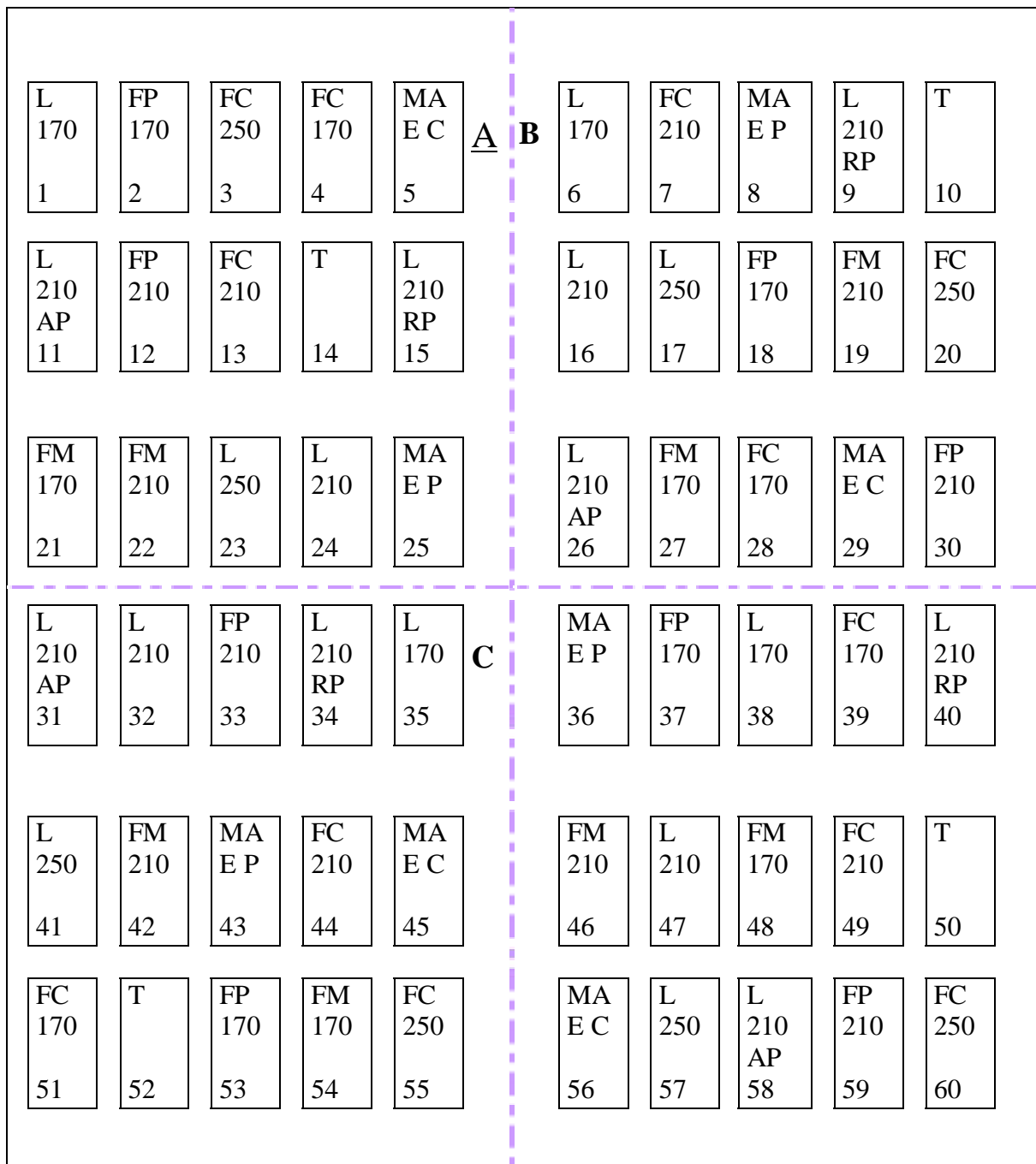


Figure 5. Plan de la situation des parcelles et des applications en effluents d'élevage, Ellezelles.

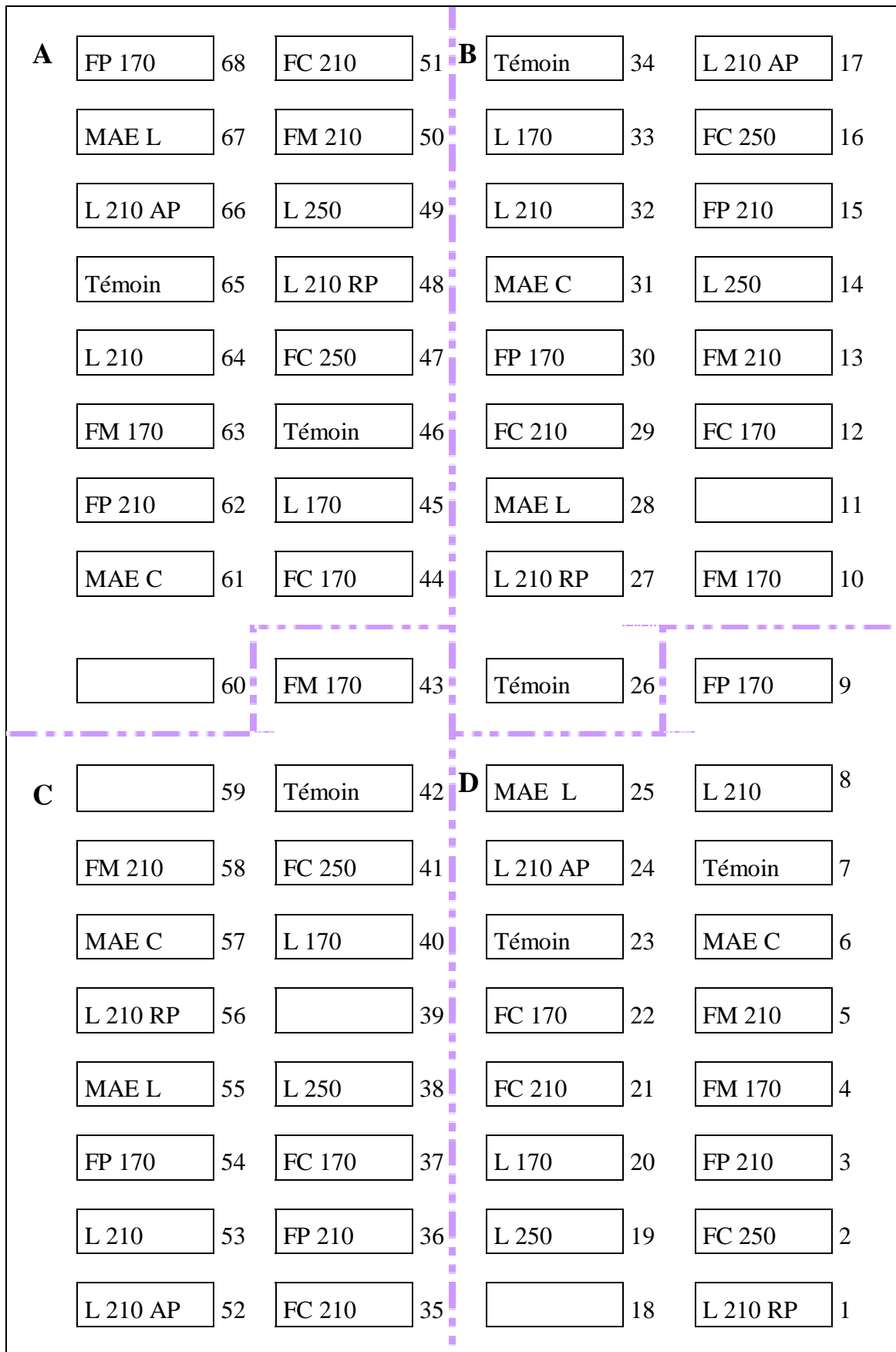


Figure 6. Plan de la situation des parcelles et des applications en effluents d'élevage, Wasmes.

Les effluents d'élevage sont des fertilisants organiques d'origine agricole, c'est-à-dire les déjections d'animaux, en mélange ou non avec d'autres composants tels que des litières, Parmi les effluents d'élevage que nous utilisons, on retrouve notamment : le fumier bovin qui est un mélange solide de litière, d'urine et d'excréments. Le fumier peut être pailleux c'est-à-dire caractérisé par un taux de matière sèche important (il provient de la stabulation paillée du bétail) ou mou, c'est-à-dire caractérisé par un taux de matière sèche inférieur à 15 %. Le lisier est un mélange de fèces et d'urines, sous forme liquide ou pâteuse, qui provient de la stabulation des bovins sur des caillebotis. Le purin sont les urines seules diluées ou non, s'écoulant des lieux de résidence des animaux.

Le fumier composté est un fumier plutôt pailleux, ayant subi un traitement mécanique d'aération permettant sa décomposition aérobie; un fumier est composté lorsque sa température, après s'être élevée à plus de 60 °C, est redescendue à moins de 35 °C, pour bien faire, deux fois (Godden, 1986 ;). Suite à ce processus le fumier composté a acquis une texture fine, proche de celle de la terre. Il est aussi devenu inodore. De plus lors de l'épandage, la perte d'azote par volatilisation, qui est l'ordre de 10 à 15% pour le fumier non composté, est réduite à néant, car l'azote est entièrement présent sous forme organique, non-volatile. Le compostage a comme propriété supplémentaire de neutraliser, et donc, de ne pas disséminer de semence d'adventices, telles que le rumex ou le lamier blanc, ni de germes pathogènes. Le fumier composté est une matière organique d'usage agricole très pratique et sain. (Godden, 1986 ; Godden, 2002 ; Godden et Couplet, 2002 ; Luxen et al., 2002).

Les effluents d'élevage étudiés dans le cadre de ce travail sont les mêmes que ceux utilisés par les agriculteurs de la région. L'expérience sur prairie est composée d'un total de 14 traitements différents, ainsi que d'un essai témoin sans intrant. En voici leur description :

Le lisier bovin est appliqué aux doses de 170, 210, et 250 unités d'azote par hectare par an (u N/ha.an) en apport de printemps et d'été. Un des essais est une restitution au pâturage (RP), où l'apport est fractionné en trois sur toute la période de pâturage. Un autre, est fait à une date précoce (AP) en une ou deux applications, la première ayant lieu au milieu du mois de mars, juste au moment où le sol s'est suffisamment réchauffé pour que la croissance végétale puisse reprendre. La dose annuelle restituée pour ces deux essais, est de 210 u N/ha (Godden et Couplet, 2002).

Les fumiers mous et pailleux (sec) sont apportés aux doses de 170 et 210 u N/ha.an. Les doses supérieures ne sont pas étudiées car elles paraissent exagérées. En effet, la végétation serait recouverte et étouffée par endroit à cause de l'épandage qui est moins homogène avec ces types de matière (Godden et Couplet, 2002).

Le fumier composté est apporté aux doses de 170, 210 et 250 u N/ha.an. Le fumier composté peut être apporté en plus grande quantité car son épandage ne provoque pas le recouvrement de la végétation.

Les prairies gérées en MAE reçoivent des apports de 20 T/ha.an de purin, de lisier ou de fumier composté. Cela correspond aux pratiques des agriculteurs de la région qui participent à la mesure agri-environnementale de *fauchages tardifs*. Les apports en engrais de ferme sont faits après la première fauche (au mois de juillet), dans le but d'éviter une croissance hâtive de l'herbe, ce qui risquerait d'affecter négativement la qualité de l'herbe qui est récoltée tardivement lors de la première fauche (Godden et Couplet, 2002).

7.3 Analyses des intrants

Les engrais de ferme ont été analysés en laboratoire de telle manière à déterminer :

1. Le pourcentage de matière sèche présent. Les apports contenant 15% de matière sèche ou plus sont considéré comme des engrais de ferme à action lente ou semi-rapide. Cela représente la vitesse d'accessibilité, par minéralisation des éléments nutritifs, pour la croissance végétale. Il faut cependant remarquer que les résultats des analyses nous parviennent après les applications et que de ce fait, nous sommes obligés de faire une estimation préalable.
2. La quantité d'azote présente dans la matière organique (en kg N/T). C'est sur cette donnée que l'on se base pour calculer les quantités d'engrais de ferme à appliquer sur chaque parcelle. Les effluents d'élevage ont des concentrations différentes en azote en fonction de leur provenance, il est donc important de les analyser systématiquement.
3. Les quantités de phosphore, potassium, calcium et magnésium sont déterminées de telle manière à pouvoir connaître les entrées de ces éléments qui sont faites par les apports en matière organique. Il s'agit d'éléments principaux nécessaires à la croissance des plantes. Il est important de connaître ces quantités importées car, comme l'a démontré Mac Naeidhe (1997), les épandages d'engrais organiques d'élevage peuvent sur plusieurs années modifier les concentrations d'éléments présents dans le sol. Il a remarqué que c'est fréquemment le potassium qui se retrouve importé en trop grande quantité par rapport à ce qui est exporté annuellement dans la matière organique fauchée (décroissance du rapport K/Mg). Baars et Younie, par contre, nous enseignent qu'en système extensif (ex : agriculture biologique), le K est le facteur limitant sur les sols sablonneux, car ses sols ne retiennent que peu cet élément (cité dans Baars, 1999).

Les parcelles étant colonisées par un mélange de légumineuses, de graminées et d'autres espèces végétales, l'apport d'azote atmosphérique par ces légumineuses n'est pas négligeable. Il représente une fraction relativement importante du total d'azote importé, et est fonction de la proportion de légumineuses présentes sur les parcelles. Les essais que nous avons choisis pour ces expériences représentent des prairies typiques de la région qui sont des mélanges légumineuses/graminées/autres. L'apport atmosphérique d'azote n'est pas directement étudié ici, puisque notre intérêt se situe plutôt sur la disponibilité des stocks d'azote dans le sol par rapport aux entrées faites. Les profils de sols sont d'ailleurs faits à des périodes de peu de fixation d'azote atmosphérique par les légumineuses qui sont en latence (entrée et sortie de l'hiver). Ces périodes sont par contre, celles de plus grand risque de lessivage de l'azote (Godden et Couplet 2002 ; Godden et Couplet, 2003 ; Godden, communication orale).

7.4 Profils de sol

Les profils de sols ont été réalisés sur chaque parcelle au moyen de carotages aléatoires faits sur trois profondeurs (0-15 cm, 15-30 cm et 30-45 cm). Les quantités d'azote présentes sont déterminées par analyse au laboratoire CRIA (ULB) de Nivelles. Ces carotages manuels sont réalisés juste avant et juste après l'hiver. De cette manière il est possible de savoir si l'azote a tendance à se lixivier et à descendre vers la nappe d'eau souterraine, ce qui créerait une pollution ; ou bien s'il reste à une faible profondeur où il est accessible à la croissance végétale. On peut donc observer la mobilité de l'azote en fonction des différents types de fumure, et en fonction des quantités épandues³. Ces données ne seront pas analysées dans le cadre de ce travail, faute de place. Le risque de pollution par lixiviation des éléments minéraux sera cependant discuté dans le cadre de la gestion environnementale des prairies.

³ Etant donné la grande quantité de données, ces données ne seront pas incluses dans ce document.

7.5 Etude de la flore des prairies

Les relevés de flore sont faits en début et en fin de saison de croissance végétale de manière à pouvoir prendre en compte les espèces qui se développent tôt dans la saison, ainsi que celles qui apparaissent plus tardivement. Les relevés incluent les noms des espèces présentes ainsi que leur dominance et leur abondance.

Les relevés de flore sont effectués visuellement par deux personnes compétentes (V. Desmet et B. Godden à Ellezelles, B. Godden et N. Dassonville à Wasmes). La méthode choisie est celle de De Vries qui permet de comparer les taux de dominance-abondance des espèces botaniques (Dassonville, 2002). Cette méthode fût sélectionnée en concertation avec d'autres personnes ayant mis en place des essais sur prairie en Belgique (Fourrage-Mieux, Agra-Ost...). De cette manière les résultats ont pu être comparés pour différentes régions de la Belgique.

La méthode consiste à diviser chaque parcelle virtuellement en cinq zones distinctes mais égales : le centre et les quatre « coins. » Un relevé de toutes les espèces est noté pour chacune de ces zones. Un coefficient de dominance-abondance allant de 0.1 à 3 est ensuite indiqué pour chaque espèce :

- 0,1 signifie que l'espèce est présente mais qu'elle est non dominante et que sa biomasse par rapport au total est non significative.
- 1 signifie que l'espèce est présente mais qu'elle ne domine pas sur l'ensemble des espèces présente sur la zone de parcelle concernée. Elle doit cependant occuper un minimum de 5% du total de la surface concernée.

- 2 est indiqué pour une espèce qui est co-dominante avec au moins deux autres espèces, ou bien que cette espèce est subordonnée à une autre espèce dominante. La surface d'implantation de l'espèce marquée par un 2 doit être importante.
- 3 est la note réservée à une espèce clairement dominante, ou co-dominante avec une seule autre espèce.

L'ensemble des notes des cinq zones est ensuite additionné pour chaque espèce et pour arriver à un total par espèce et par parcelle, puis des calculs sont faits pour déterminer les variations de dominance pour chaque traitement en matière organique. Cela nous donne donc un résultat qui comprend le nombre et les noms de toutes les espèces présentes, et les dominances de chacune d'entre elles.

Signalons encore que la méthode choisie pour étudier la flore des prairies doit être considérée comme un indicateur de l'ensemble de la biodiversité des prairies. Nous estimons que la diversité floristique est représentative de la biodiversité totale ou en tous cas, du potentiel de biodiversité totale. L'entomologiste Eric de Heusch, avec qui nous avons effectué des prises d'insectes sur différentes zones herbacées dans le cadre de son travail de fin d'étude est d'accord avec cette interprétation. Ensemble, nous avons pu constater que les zones les plus diversifiées en plantes étaient celles où les pièges avaient recueilli le plus d'espèces d'insecte différentes. Cela reste cependant à confirmer dans la suite de son travail de recherche.

Nous avons choisi dans le cadre de ce travail, de ne pas prendre en compte le critère de rareté des espèces. Ce critère nous semble particulièrement subjectif puisqu'il dépend de plusieurs facteurs sur lesquels nous n'avons pas de contrôle. Il est en effet impossible à ce stade de déterminer quel est le potentiel total de nos prairies d'essai à accueillir un grand nombre

espèces différentes. Cela dépend entre autre, du maillage écologique des environs immédiats. Le botaniste Nicolas Dassonville rappelle d'ailleurs que les critères de rareté sont établis pour de larges zones géographiques, et une espèce de plante dite rare peut très bien être abondante en un seul endroit de cette zone du à des conditions particulières (2002).

7.6 Aspect qualitatif de la flore

Plutôt que de qualifier les plantes des prairies selon leur rareté, nous avons préféré inclure une échelle de valeur fourragère pour les espèces de graminée les plus communes, puisque le rôle fondamental de l'espace prairial est d'offrir une alimentation de qualité au bétail.

Nous avons choisi pour ce faire, de reprendre la méthode de M. Pierre Luxen (Agra-Ost), qui donne un critère de valeur fourragère pour les graminées, en faisant référence à l'appétence, la digestibilité et la concentration en protéine. Les graminées sont classées par catégorie : bonnes, moyennes et médiocres. Les deux autres classes de végétaux sont : légumineuses et « autres. » Cette dernière catégorie reprend en son sein toutes les espèces qui d'un point de vue fourrager seraient à minimiser.

7.7 Fauches

Les fauches des parcelles ont pour objectif de quantifier la productivité en herbe en fonction des engrais de ferme appliqués. La fauche est effectuée de telle manière à reproduire celle qui est faite par l'agriculteur avec l'aide de son tracteur et d'une faucheuse. Pour ce faire, nous utilisons une tondeuse-faucheuse de petite taille mais puissante, car les herbes sont parfois très hautes, surtout sur les parcelles de fauche tardive (MAE). La lame est positionnée au plus haut, et la coupe s'effectue à une hauteur par rapport au sol d'environ 10 cm. Cela correspond à la hauteur de fauche du tracteur agricole.

Le produit de chaque parcelle est pesé pour donner un poids de matière humide, puis un échantillon en est prélevé. Celui-ci est emballé dans un sachet en plastique microporeux, qui facilite son séchage ultérieur, et est pesé tel quel. Il est ensuite séché au laboratoire du CRIA à Nivelles, dans une étuve ventilée à 70 °C pendant un minimum de deux jours. Une fois complètement sec, l'échantillon est pesé à nouveau, ce qui nous donne le poids de la matière sèche par rapport au poids frais. La productivité pour chaque parcelle est ensuite déterminée et notée en tonne de matière sèche par hectare. Ces résultats permettent de comparer l'efficacité de chaque engrais de ferme par rapport aux parcelles témoins qui ne reçoivent aucun intrant.

Trois fauches consécutives sont effectuées sur les parcelles de chaque site. Une première fauche est effectuée entre la mi-mai et début juin, une deuxième en été, et la troisième à l'automne. Les dates de coupe sont choisies en fonction des conditions météorologiques.

RESULTATS ET ANALYSES

8. Engrais de ferme et productivité en herbe

Dans ce chapitre, nous comparons les résultats obtenus quant à la productivité en herbe, par rapport aux différents traitements apportés. Les valeurs obtenues sur chaque site ne sont pas intégrées car de cette manière nous pouvons comparer les deux sites entre-eux.

8.1 Analyses de sol des sites d'Ellezelles et de Wasmes

Les deux tableaux suivants présentent les résultats des analyses de sol des sites d'Ellezelles et de Wasmes.

Argiles	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Type de sol
14.3%	21.5%	48.8%	13.6%	1.8%	Limon fin
pH KCl	Humus	P	K	Ca	Mg
5.8	4.7%	5 mg/100g	9 mg/100g	165 mg/100g	27 mg/100g

Tableau 1. Analyse du sol du site d'essai situé à Ellezelles

Argiles	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Type de sol
13.3%	17.0%	46.9%	19.6%	3.2%	Limon fin
pH KCl	Humus	P	K	Ca	Mg
6.2	2.6%	12 mg/100g	22 mg/100g	169 mg/100g	18 mg/100g

Tableau 2. Analyse du sol du site d'essai situé à Wasmes

Il s'agit de deux sols dont les textures sont de type *limoneux fin*. Les constituants de base sont présents dans des proportions similaires à Wasmes aussi bien qu'à Ellezelles. Le sol de Wasmes est cependant un peu plus sablonneux que celui d'Ellezelles, et aura donc tendance à être un peu plus aéré. La percolation des eaux de pluie y sera aussi légèrement plus rapide. Les deux sols sont légèrement acides, bien que celui de Wasmes le soit un peu moins.

Les proportions d'humus sont par contre assez inégales avec 2.6% pour le sol de Wasmes et 4.7% pour celui d'Ellezelles. Le sol de Wasmes est donc à priori moins apte à retenir l'eau et à favoriser la décomposition rapide des éléments nutritifs importés. L'autre différence importante concerne les taux d'éléments phosphore et potassium d'Ellezelles, qui peuvent être considéré comme bas pour des sols agricoles (Godden et Couplet, 2002). La différence dans les taux de ces éléments nutritifs peut induire des variations dans la productivité aussi bien que dans la diversité floristique. Nous verrons ce qu'il en est.

8.2 Apports en engrais de ferme

Le tableau suivant présente le protocole d'apports en matière organique pour le site d'essai d'Ellezelles.

MO	Apport	t/ha	Dates	MS/M F	N total kg/t MF	Total N (kg/ha)	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha
Fumier pailleux 170	1°	21	17/04/02	21%	3.08	64	40	119	55	22
	2°	20	08/07/02		5.13	100	38	111	52	20
	total	41				164	78	230	107	42
Fumier pailleux 210	1°	21	17/04/02	21%	3.08	64	40	119	55	22
	2°	27	08/07/02		5.13	36	51	152	71	28
	total	48				201	92	271	126	50
Fumier composté 170	1°	25	17/04/02	22%	5.87	147	93	228	157	55
	2°	5	08/07/02		4.31	23	20	48	33	12
	total	30				170	113	276	191	67
Fumier composté 210	1°	29	17/04/02	22%	5.87	170	108	264	182	64
	2°	9	08/07/02		4.31	38	33	81	56	20
	total	38				209	141	345	238	83
Fumier composté 250	1°	33	17/04/02	22%	5.87	195	124	303	210	73
	2°	13	08/07/02		4.31	54	47	115	79	28
	total	46				250	171	418	289	101
MAE Compost	total	20	08/07/02	22%	5.87	117	74	182	126	44
MAE Purin	total	20	15/07/02	17%	3.80	76				
Fumier mou 170	1°	21	17/04/02	17%	4.88	102	33	95	50	16
	2°	15	08/07/02		4.60	68	23	68	36	12
	total	36				170	56	163	86	28
Fumier mou 210	1°	29	19/04/02	17%	4.88	142	46	133	70	23
	2°	15	08/07/02		4.60	68	23	68	36	12
	total	44				210	69	201	106	35
Lisier 170	1°	42	19/04/02	9%	3.26	138	54	145	50	31
	2°	7	08/07/02	7%	4.10	30	9	25	9	5
	total	49				168	64	170	59	37
Lisier 210	1°	52	19/04/02	9%	3.26	171	67	179	62	39
	2°	9	08/07/02	7%	4.10	38	12	31	11	7
	total	61				209	79	211	73	46
Lisier 210 (apport précoce)	1°	52	12/03/02	9%	3.26	171	67	179	62	39
	2°	9	08/07/02	7%	4.10	38	12	31	11	7
	total	61				209	79	211	73	46
Lisier 210 (restitution pâturage)	1°	19	19/04/02	9%	3.26	62	24	65	23	14
	2°	29	22/05/02	7%	2.80	80	36	97	34	21
	3°	27	10/08/02	7%	3.11	85	35	93	32	20
	total	75				228	96	256	88	55
Lisier 250	1°	62	19/04/02	9%	3.26	203	80	213	74	46
	2°	11	08/07/02	7%	4.10	45	14	38	13	8
	total	73				249	94	251	87	54

MAE : Mesure agri-environnementale de fauches tardives.

Tableau 3. Apports en engrais de ferme sur le site d'Ellezelles

Tous les apports sur le site d'Ellezelles ont été faits suivant le protocole. Les engrais de ferme ont des proportions différentes de constituants suivant leur type. Les engrais comportant 21% et 22% de matière sèche (MS) sont les matières organiques à action lente, car ils se minéralisent lentement dans le sol. Pour le fumier composté les taux habituels de minéralisation sont de 25 à 30% la première année, et d'environ 20% la deuxième (B. Godden, communication orale). Le fumier mou et le purin ont des taux de MS de 17% ce qui en fait des matières organiques semi-rapides. Les autres fumures, avec 9% et 7%, sont les plus rapides.

Il est remarquable de noter que les taux d'azote sont fort différents, non seulement d'un effluent d'élevage à l'autre, mais aussi pour un même type. Les fumiers pailleux, par exemples, contiennent 3,08 N kg/t de matière fraîche (MS) pour le premier et 5,13 N kg/t pour le second. Il est donc important de connaître ces taux pour pouvoir faire des apports contrôlés. Les autres éléments nutritifs repris dans les analyses sont plus équilibrés. Il faut cependant rappeler que les matières organiques utilisées dans ces essais sont représentatives de celles épandues par les agriculteurs de la région. Elles proviennent d'ailleurs de fermes situées à proximité des sites d'expérimentation.

Le traitement Lisier 210 en restitution de pâturage est un peu élevé puisqu'il atteint 228 unités d'azote par hectare, mais cela ne représente que 8,5% de différence avec le protocole.

Le tableau suivant présente le protocole d'apports en matière organique pour le site d'essai de Wasmes.

MO	Apport	t/ha	Dates	MS/ MF	N total kg/t MF	Total N (kg/ha)	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha
Fumier pailleux 170	1°	21	29/04/02	21%	6.11	127	67	165	120	41
	2°	8	03/07/02		5.40	43	26	63	46	15
	total	29				170	93	228	166	56
Fumier pailleux 210	1°	21	29/04/02	21%	6.11	127	67	165	120	41
	2°	6	03/07/02		5.40	31	19	46	33	11
	total	27				158	86	211	154	52
Fumier composté 170	1°	25	30/04/02	22%	5.94	149	84	201	128	43
	2°	5	03/07/02		4.31	22	17	40	26	9
	total	30				170	101	241	153	52
Fumier composté 210	1°	29	30/04/02	22%	5.94	173	98	234	148	51
	2°	9	03/07/02		4.31	37	29	68	43	15
	total	38				209	127	302	192	65
Fumier composté 250	1°	33	30/04/02	22%	5.94	198	112	268	170	58
	2°	12	03/07/02		4.31	52	40	97	61	21
	total	45				250	153	365	231	79
MAE Compost	total	20	03/07/02	22%	4.20	84	67	161	102	35
MAE Lisier	total	20	12/07/02	9%	3.40	68	20	65	30	18
Fumier mou 170	total	25	29/04/02	23%	6.73	168	74	190	110	35
Fumier mou 210	total	29	29/04/02	23%	6.73	196	86	222	129	40
Lisier 170	total	42	02/05/02	8%	4.19	178	43	137	63	37
Lisier 210	total	52	02/05/02	8%	4.19	220	53	170	78	46
Lisier 210 (apport précoce)	total	52	10/03/02	8%	4.19	220	53	170	78	46
Lisier 210 (restitution pâturage)	1°	19	02/05/02	8%	4.19	80	19	62	28	17
	2°	19	05/07/02	6%	3.80	73	20	62	28	17
	3°	19	02/09/02	7%	4.00	76	19	62	28	17
	total					229	58	186	85	50
Lisier 250	total	62	02/05/02	8%	4.19	261	64	202	92	55

MAE : Mesure agri-environnementale de fauches tardives.

Tableau 4. Apports en engrais de ferme sur le site de Wasmes.

Ici aussi, tous les apports ont été réalisés selon le protocole, mais il existe quelques différences notables : Les fumiers mous et lisiers ont été apportés en une seule fois, contrairement à Ellezelles, où ils ont été épandus en deux fois. Les apports en unité d'azote par hectare sont incorrects pour le fumier pailleux à 210 u N/ha, où seulement 158 unités ont été apportées. Il s'agit d'une erreur importante dont il faudra tenir compte. Tous les apports en lisier sont un petit peu trop élevés par rapport au protocole, surtout les parcelles traitées en restitution au pâturage où 229 unités d'azote ont été appliquées au lieu des 210 prévus. Mais les parcelles d'Ellezelles ont, pour ce même traitement, reçu une dose presque identique (228 u N/ha). Le fumier mou 210 est lui apporté en quantités légèrement inférieures à celle prévue: 196 au lieu de 210, soit 6.6 % de moins, ce qui est presque insignifiant. Les taux de matière sèche de chaque engrais sont assez similaires à ceux d'Ellezelles, sauf pour le fumier mou qui contient 23% de matière sèche. Cela en fait une matière organique à minéralisation lente. Alors que le fumier pailleux avait été apporté en deux doses presque égales sur le site d'Ellezelles, il est ici épandu en une première dose importante et une seconde assez faible.

Les parcelles traitées au compost, et destinées à la fauche tardive (MAE) ont reçu des apports en azote très différents entre les deux sites, car les deux composts sont de provenances différentes (Wasmès : 84 u N/ha ; et Ellezelles : 117 u N/ha). Il y a moins de différence entre les parcelles MAE traitées au purin et celles traitées avec du lisier (MAE – P : 76 u N/ha ; et MAE – L : 68 u N/ha). Ce sont les quantités de matière organique en poids qui sont comptabilisées dans le cadre des mesures agri-environnementales, et non les quantités exactes d'azote épandues, qui demandent, elles, d'effectuer des analyses.

8.3 Résultats des rendements en matière sèche

Les tableaux suivants présentent les résultats des rendements de l'année 2002, calculés en tonne de matière sèche par hectare (MS t/ha), pour chaque parcelle des sites d'Ellezelles et de Wasmes. La sixième colonne donne le rendement moyen par type d'engrais et par dosage appliqué. La septième colonne donne le pourcentage de productivité obtenu par traitement par rapport à celui des parcelles témoins. Les deux dernières colonnes donnent les résultats des écarts types et les coefficients de variabilités pour chaque traitement.

M.O.	Fauche 1 (MS t/ha)	Fauche 2 (MS t/ha)	Fauche 3 (MS t/ha)	Rendement total (MS t/ha)	Moyenne rendement total (MS t/ha)	Comparaison Rendement témoin	E.T.	C.V. (%)
Témoin	5.8	1.9	1.0	8.71	7.71	100%	0.93	12.1
Témoin	5.2	2.1	1.0	8.24				
Témoin	4.3	1.7	1.2	7.18				
Témoin	3.9	1.3	1.5	6.70				
FP 170	5.6	2.4	1.4	9.43	8.77	113.75%	0.44	5.0
FP 170	5.0	2.3	1.3	8.61				
FP 170	5.0	2.1	1.5	8.57				
FP 170	4.0	3.0	1.5	8.48				
FP 210	6.3	3.0	0.9	10.13	9.22	119.53%	0.79	8.6
FP 210	4.9	3.0	1.5	9.40				
FP 210	5.1	2.6	1.4	9.10				
FP 210	4.5	2.4	1.3	8.23				
FC 170	5.9	2.1	1.1	9.10	8.28	107.45%	0.61	7.4
FC 170	5.1	1.9	1.4	8.30				
FC 170	5.8	1.3	1.1	8.13				
FC 170	4.1	2.1	1.4	7.62				
FC 210	4.3	2.2	1.3	7.76	7.49	97.20%	0.24	3.3
FC 210	3.5	3.1	1.0	7.62				
FC 210	4.9	1.7	0.8	7.37				

FC 210	3.8	2.1	1.3	7.22				
FC 250	6.7	2.5	1.2	10.37	8.88	115.23%	1.20	13.5
FC 250	5.5	2.2	1.4	9.09				
FC 250	4.4	2.9	1.3	8.62				
FC 250	3.8	2.1	1.5	7.46				
MAE - C	5.0	1.3	1.5	7.73	7.01	90.89%	0.95	13.5
MAE - C	5.4	1.4	0.8	7.56				
MAE - C	5.1	1.1	0.9	7.10				
MAE - C	4.0	0.9	0.7	5.64				
MAE - P	5.1	1.8	1.4	8.31	8.11	105.25%	0.28	3.5
MAE - P	4.6	2.1	1.5	8.26				
MAE - P	4.7	2.0	1.4	8.19				
MAE - P	4.2	2.3	1.2	7.69				
FM 170	5.5	2.5	1.3	9.30	8.73	113.20%	0.64	7.3
FM 170	5.9	1.9	1.3	9.04				
FM 170	5.2	2.3	1.2	8.73				
FM 170	4.7	1.8	1.4	7.83				
FM 210	5.9	3.6	1.5	10.96	10.22	132.54%	0.56	5.4
FM 210	5.8	3.1	1.4	10.30				
FM 210	5.6	2.9	1.4	9.93				
FM 210	5.8	2.5	1.4	9.68				
L 170	6.7	2.0	1.4	10.10	9.11	118.12%	1.22	13.4
L 170	5.2	2.8	1.9	9.92				
L 170	5.9	1.9	1.2	8.98				
L 170	4.6	1.9	1.0	7.43				
L 210	8.0	2.2	1.1	11.34	9.91	128.58%	1.26	12.7
L 210	6.4	2.7	1.2	10.39				
L 210	5.3	3.1	1.2	9.54				
L 210	4.1	2.5	1.8	8.38				
L 210 – AP	6.5	2.3	0.7	9.46	8.43	109.28%	0.79	9.4
L 210 – AP	4.6	2.5	1.5	8.53				
L 210 – AP	6.3	1.2	0.6	8.11				
L 210 – AP	4.0	2.3	1.3	7.60				
L 210 – RP	7.3	2.6	1.3	11.22	9.43	122.26%	1.96	20.8
L 210 – RP	6.9	2.9	1.2	10.96				

L 210 – RP	4.8	2.4	1.1	8.25				
L 210 – RP	4.2	2.3	0.8	7.28				
L 250	5.1	2.1	1.7	8.87	8.43	109.28%	0.62	7.3
L 250	5.5	2.3	0.9	8.68				
L 250	5.5	2.3	0.8	8.64				
L 250	3.6	2.4	1.5	7.52				

M.O. : Type de matière organique appliqué ; MS : Matière sèche ; E.T. : Ecart type ; C.V. : Coefficient de variabilité ; C : Compost ; P : Purin ; AP : Apport précoce ; RP : Restitution au pâturage

Tableau 5. Rendements en matière sèche obtenus sur le site d’Ellezelles.

M.O.	Fauche 1 (MS t/ha)	Fauche 2 (MS t/ha)	Fauche 3 (MS t/ha)	Rendement total (MS t/ha)	Moyenne rendement total (MS t/ha)	Comparaison Rendement témoin	E.T.	C.V. (%)
Témoin	1.88	2.84	1.37	6.09	5.52	100%	0.46	8.3
Témoin	2.35	2.52	1.02	5.88				
Témoin	2.36	2.56	0.88	5.79				
Témoin	2.86	2.02	0.82	5.70				
Témoin	1.92	1.97	1.40	5.30				
Témoin	2.37	1.57	1.04	4.98				
Témoin	1.55	2.25	1.13	4.93				
FP 170	3.21	3.69	1.10	8.00	6.19	112.2%	1.22	19.6
FP 170	2.56	2.48	0.74	5.78				
FP 170	2.15	2.50	1.01	5.65				
FP 170	1.83	1.89	1.63	5.34				
FP 210	3.09	3.94	0.73	7.76	6.92	125.4%	0.73	10.6
FP 210	2.89	3.06	1.27	7.23				
FP 210	2.78	2.81	1.03	6.62				
FP 210	2.19	2.85	1.04	6.07				
FC 170	2.48	3.94	0.78	7.20	5.91	107.0%	1.13	19.1
FC 170	2.47	2.62	1.39	6.47				
FC 170	2.32	1.84	1.01	5.16				

FC 170	1.91	1.88	0.99	4.79				
FC 210	2.56	4.50	0.90	7.96	6.40	116.0%	1.30	20.2
FC 210	2.97	3.12	0.89	6.98				
FC 210	2.03	2.00	1.45	5.49				
FC 210	2.74	1.75	0.71	5.20				
FC 250	2.92	2.23	1.21	6.36	6.03	109.3%	0.26	4.3
FC 250	3.28	2.04	0.78	6.10				
FC 250	1.76	3.18	0.93	5.88				
FC 250	2.43	1.98	1.37	5.79				
MAE - C	5.19	1.63	1.04	7.85	7.05	127.7%	0.72	10.2
MAE - C	4.19	2.06	1.20	7.45				
MAE - C	4.59	0.97	0.97	6.52				
MAE - C	3.78	1.62	0.97	6.36				
MAE - L	7.06	1.00	0.94	9.00	7.06	127.9%	1.42	20.1
MAE - L	4.88	1.41	0.62	6.91				
MAE - L	4.74	1.11	0.88	6.73				
MAE - L	3.45	1.21	0.93	5.59				
FM 170	3.46	3.55	0.98	7.99	6.10	110.5%	1.54	25.2
FM 170	2.77	2.26	1.69	6.72				
FM 170	1.97	2.28	0.70	4.95				
FM 170	2.20	1.20	1.34	4.74				
FM 210	2.69	3.64	0.99	7.32	5.99	108.5%	1.07	17.8
FM 210	2.27	2.83	1.28	6.38				
FM 210	2.26	1.90	0.97	5.13				
FM 210	1.79	1.96	1.38	5.13				
L 170	2.48	3.10	1.14	6.72	6.24	113.1%	0.53	8.4
L 170	3.31	2.40	0.94	6.65				
L 170	2.90	2.06	1.01	5.97				
L 170	2.38	2.10	1.15	5.64				
L 210	3.62	2.81	1.27	7.70	6.26	113.3%	1.03	20.8
L 210	2.98	2.49	1.45	6.92				
L 210	2.33	2.49	0.76	5.58				
L 210	1.80	2.18	0.83	4.81				
L 210 – AP	2.33	8.09	1.44	11.86	7.68	139.2%	2.91	37.9
L 210 – AP	3.33	3.23	0.94	7.50				

L 210 – AP	1.61	2.67	1.49	5.77				
L 210 – AP	2.52	2.23	0.85	5.60				
L 210 – RP	3.74	3.01	0.73	7.47	6.25	113.2%	0.83	13.2
L 210 – RP	3.14	1.79	1.04	5.96				
L 210 – RP	2.75	2.14	1.04	5.93				
L 210 – RP	2.60	2.34	0.70	5.64				
L 250	3.14	4.81	0.76	8.71	7.04	127.6%	1.62	23.0
L 250	2.30	4.49	0.78	7.58				
L 250	3.35	2.18	1.50	7.02				
L 250	1.74	1.78	1.33	4.86				

M.O. : Matière organique ; MS : Matière sèche ; E.T. : Ecart type ; C.V. : Coefficient de variabilité ; C : Compost ; AP : Apport précoce ; RP : Restitution au pâturage

Tableau 6. Rendements en matière sèche obtenus sur le site de Wasmes.

Les figures 7 et 8 suivantes permettent une comparaison visuelle aisée des résultats des moyennes de chaque rendement.

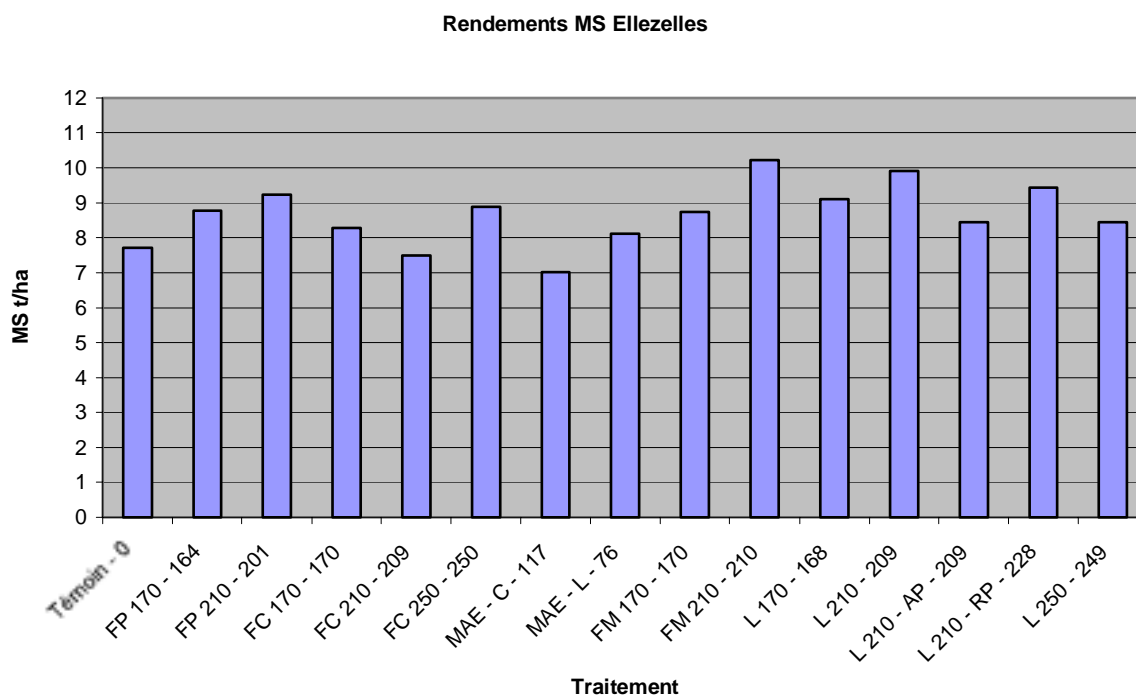


Figure 7. Rendements moyens des différents traitements appliqués sur le site d'Ellezelles.

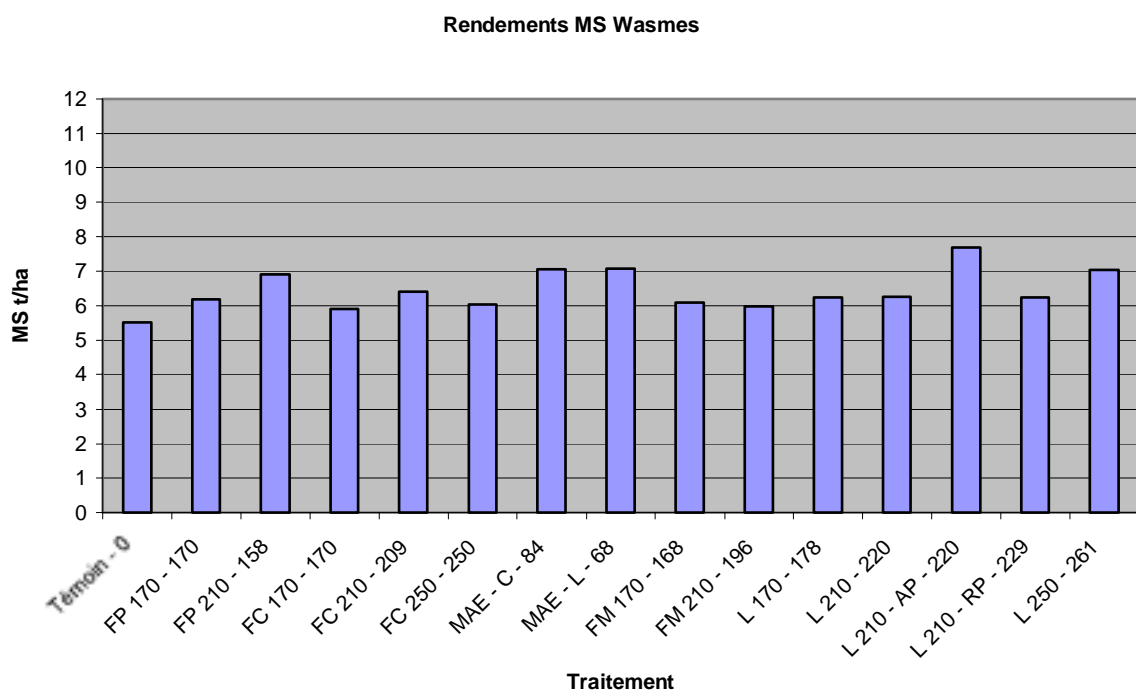


Figure 8. Rendements moyens des différents traitements appliqués sur le site de Wasmes

8.4 Analyse des résultats des rendements en matière sèche

Dans l'ensemble, les dosages croissants de matière organique épandue donnent des rendements croissants. Cette remarque, valable pour les deux sites d'expérimentation, tient compte des écarts types enregistrés, qui sont parfois importants.

Les moyennes des rendements pour chaque traitement vont de 5,52 MS t/ha (Témoin) à 7,68 MS t/ha (L 210-Apport précoce) pour le site de Wasmes, et de 7,01 t/ha (MAE-Compost) à 10,22 t/ha (FM 210) pour le site d'Ellezelles. Les parcelles témoins donnent des rendements qui reflètent le niveau de fertilité du sol. Le sol d'Ellezelles, avec un rendement de 7,71 MS t/ha, est nettement plus fertile que celui de Wasmes (5,52 MS t/ha). Il y a deux raisons à cela : Le sol de la prairie de Wasmes était dégradé par le surpiétinement équin lorsqu'il a été choisi pour servir de site d'essai, alors que celui d'Ellezelles était occupé par des bovins et était resté sain (Godden et Couplet, 2003). La proportion d'humus du sol de Wasmes est inférieure à celle d'Ellezelles, et la quantité de minéraux accessibles pour la croissance végétale saisonnière est donc plus limitée. Il est probable que l'élément limitant sur les parcelles témoins de Wasmes fut l'azote puisque l'analyse de sol montrait des taux de potassium et de phosphore très corrects.

Les meilleurs rendements sont obtenus, pour Ellezelles, avec les traitements FM 210 (moyenne de 10,22 MS t/ha) et L 210 (9,91 MS t/ha). Sur le site Wasmes, les rendements les meilleurs sont observés avec l'apport en matière organique L 210 – AP (7,68 MS t/ha) qui domine grâce à une parcelle qui a exceptionnellement bien produit (parcelle N° 24 : 11,86 MS t/ha), et avec le traitement L 250 (7,04 MS t/ha). Les parcelles de Wasmes fauchées tardivement ont aussi bien produit : MAE – C (7,05 MS t/ha) et MAE – L (7,06 MS t/ha), ce qui prouve que la fauche tardive ne réduit pas systématiquement la productivité en MS.

Les engrais de ferme ont donné dans l'ensemble de meilleurs résultats sur le site de Wasmes avec un indice de production moyen par rapport aux parcelles témoins de 117,9% ; alors qu'à Ellezelles, nous obtenons une production moyenne de seulement 113,1%. Bien qu'elle ne soit pas énorme, la différence peut s'expliquer par le fait que le sol du site de Wasmes était détérioré alors que celui d'Ellezelles était sain. Les apports en MO ont donc comblé un manque qui existait dans le sol et qui limitait la croissance végétale. L'humus du sol d'Ellezelles, a lui, conservé une bonne partie des intrants pour les libérer plus progressivement.

Les parcelles traitées en restitution de pâturage (trois applications de fumure) L 210 – RP (6,25 MS t/ha) ne montrent pas de différences de productivité par rapport à l'application L 210 (6,26 MS t/ha) sur le site de Wasmes. A Ellezelles, une petite différence est remarquée (L 210 : 9,91 MS t/ha ; L 210 – RP : 9,43 MS t/ha). Au vu des coefficients de variation existants entre parcelles ayant subi le même traitement, ce n'est pas une différence significative. On pouvait cependant s'attendre à un rendement moins efficace sur les parcelles ayant reçu la dose d'engrais en trois fois, car une partie de celui-ci n'était disponible que plus tardivement.

La comparaison entre les rendements de L 210 et de L 210 – Apport précoce (AP) donne un résultat étonnant pour le site d'Ellezelles où L 210 a produit 9,91 MS t/ha (128,6%) contre L210-AP : 8,43 MS t/ha (109,28%). Même les rendements de la première fauche des parcelles traitées en apport précoce, à Ellezelles, ne sont pas supérieurs à ceux de L210. A Wasmes par contre, L 210 produit 6,26 MS t/ha (113,3%) contre 7,68 MS t/ha (139,2%) pour le traitement L 210 – AP. Mais la différence est surtout due à cette seule parcelle qui a produit de manière exceptionnelle (11,86 MS t/ha). Si nous retirons cette donnée à la moyenne nous n'obtenons plus qu'un rendement moyen pour les trois parcelles restantes de 6,29 MS t/ha ce qui est très

proche du 6,26 MS t/ha du traitement L 210. La conclusion que l'on pourrait tirer de cette expérience (qui est toujours en cours) est qu'il est inutile d'épandre le lisier (ou d'autres fumures organiques) avant que les plantes n'en aient le plus grand besoin, c.-à-d. au moment de la croissance la plus rapide (entre avril et mai, voir figure 4).

Les parcelles fauchées tardivement (MAE) ont reçu des traitements différents : lisier, compost ou purin, en quantité fixe de 20 tonnes. Cela conduit à des apports en azote et des résultats de rendement très différents :

- MAE – Compost – 84 u N/ha donne un rendement moyen de 7.05 MS t/ha (127,7%) à Wasmes ;
- MAE – Compost – 117 u N/ha donne 7,01 MS t/ha (90,1%) à Ellezelles ;
- MAE – Lisier – 68 u N/ha donne 7,06 MS t/ha (127,9%) à Wasmes ;
- MAE – Purin – 76 u N t/ha produit 8,11 MS t/ha (105,3%) à Ellezelles.

Il n'y a pas de corrélation directe entre les quantités d'azote appliquées et la productivité sur un même site. Mais il s'agit bien sûr de MO différentes, et nous savons déjà que le fumier composté se minéralise lentement, sur plusieurs années. Malgré des doses azotées supérieures à celles des fumures rapides, il donne des résultats de rendement presque égaux (Wasmes). Les résultats sont étonnants à plus d'un titre, puisque avec des doses azotées nettement inférieures à celles des autres traitements, nous obtenons des rendements, à Wasmes, vraiment très bons. A Ellezelles, les rendements sont médiocres voire carrément mauvais. On pouvait s'attendre, en fauche tardive, à avoir des rendements inférieurs à ceux des autres traitements, car la fauche a tendance à favoriser la pousse, cependant, les résultats que nous obtenons laisseraient entendre que sur un sol dégradé avec peu d'humus, les fauches tardives produisent très bien, alors que sur un sol sain, la productivité est réduite, voire inférieure à la moyenne

témoin. Nous concluons en répétant que le fauchage tardif ne réduit pas obligatoirement la productivité en matière sèche totale des prairies de fauche.

Y-a-t-il des différences marquantes de rendements entre les engrais de ferme lents (FP, FC) et rapides ou semi-rapides (FM, L, P) ? A Wasmes, les engrais lents ont produit en moyenne, tous traitements confondus 16,3% de plus que la moyenne des témoins, alors que les engrais rapides ont donné 19,2%. Et à Ellezelles, la différence entre rendements par rapport aux témoins est de 7,3% pour les fumures lentes, et de 17,3% pour les fumures rapides. Nous pouvons en conclure que les engrais rapides donnent un rendement supérieur l'année de l'apport. Cela semble normal puisque la minéralisation de ces derniers se fait plus rapidement. Signalons cependant que si les résultats de cette comparaison sont plus marqués pour le site d'Ellezelles, c'est surtout du aux mauvais rendements des traitements FC 210 et MAE – C. Si on compare les traitements deux à deux (au même doses d'azote) on obtient de tout :

- FP 170 – 8,77 MS t/ha est quasiment égal à FM 170 - 8,73 MS t/ha ;
- FP 210 – 9,22 MS t/ha est inférieur à FM 210 – 10,22 MS t/ha ;
- FC 250 – 8,88 MS t/ha est supérieur à L 250 – 8,43 MS t/ha.

Il faudra donc poursuivre les expériences pour pouvoir tirer des conclusions à ce sujet, d'autant plus que les fumiers lents et particulièrement les fumiers compostés agissent d'une année à l'autre. Lors d'essais d'apport de fumier composté marqué à l'azote ¹⁵N pour ray-grass, Godden & al. (1993) et Cheneby et al. (1994) avaient obtenu des coefficients de minéralisation de 25% la première année et 20 % les deux années suivantes. Les travaux de Pierre Limbourg et de Pierre Luxen menés en Ardenne et Haute Ardenne vont également dans ce sens. Il faut donc distinguer les effets à court terme et à plus longue échéance, en particulier dans le cadre d'une gestion durable de la fertilité. En effet le fumier composté

augmente significativement le taux d'humus dans le sol, de manière proportionnelle avec les doses apportées (Luxen et al., 2002).

9. Engrais de ferme et biodiversité botanique

9.1 Résultats de richesse spécifique

Les figures 9 et 10, ci-dessous, présentent les résultats obtenus grâce aux relevés de flores faits durant l'année 2002 sur les sites d'Ellezelles et de Wasmès. Ceux-ci ont permis de déterminer le nombre d'espèces botaniques total pour l'ensemble des quatre parcelles ayant reçu le même apport en engrais de ferme. D'autres données plus détaillées, relatives aux espèces présentes ou absentes sur les parcelles d'essai, sont présentées en annexe (voir annexe 1).

Sur le site d'Ellezelles, nous avons compté un total de 35 espèces, et sur la prairie de Wasmès, ce sont 36 espèces qui ont été relevées. Il s'agit des mêmes espèces botaniques. La plupart sont des espèces communes des prairies ou de zone herbagère. Ces chiffres peuvent être considérés comme bons, même pour des prairies permanentes extensives.

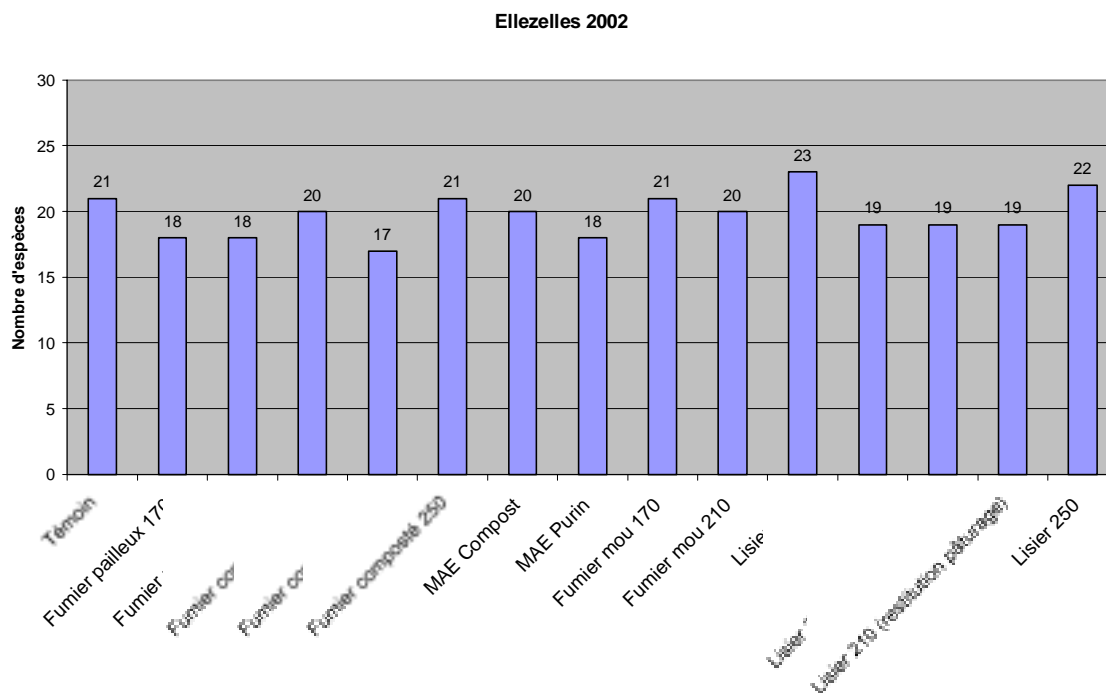


Figure 9. Diversité botanique spécifique en fonction des apports en engrais de ferme (site d'Ellezelles).

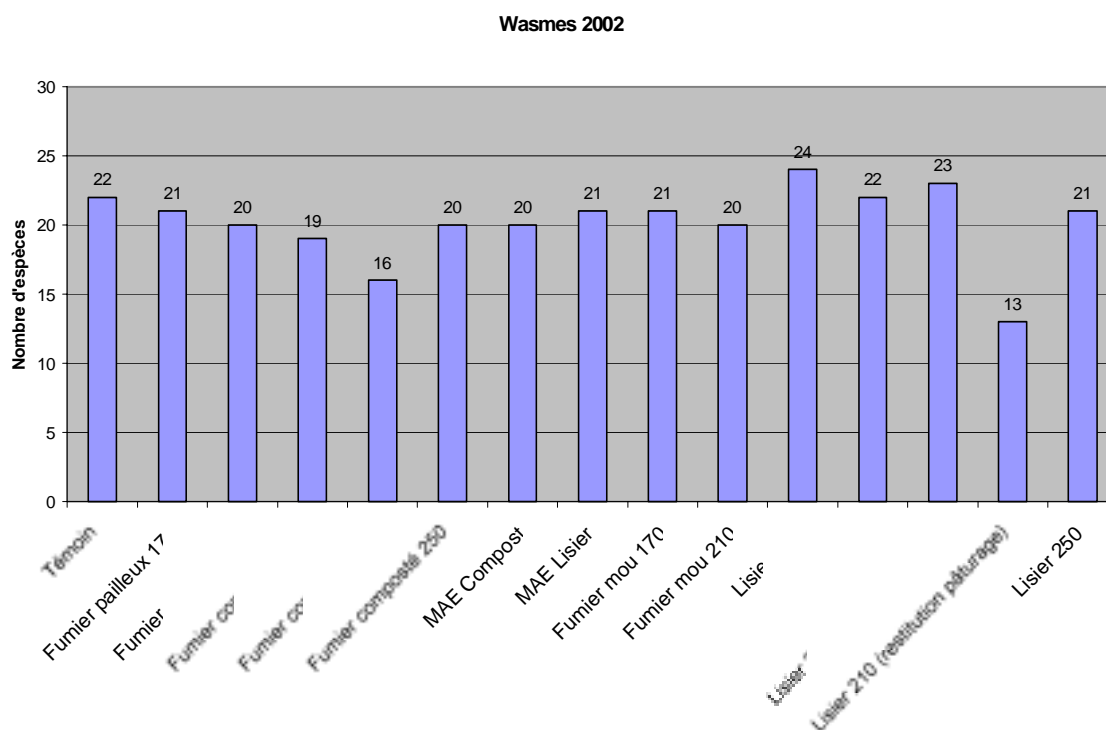


Figure 10. Diversité botanique spécifique en fonction des apports en engrais de ferme (site de Wasmes).

9.2 Analyses des résultats de richesse spécifique

A Ellezelles, les relevés de flore ont permis d'isoler entre 17 et 23 espèces botaniques différentes, en fonction des engrais apportés, alors qu'à Wasmes, on relevait entre 16 et 24 espèces différentes (sauf pour le traitement L 210-RP où seulement 13 espèces étaient présentes). Cela donne des moyennes, pour l'ensemble des traitements, de 19,7 espèces à Ellezelles, et de 20,2 espèces à Wasmes.

Les parcelles témoins ont une richesse botanique légèrement supérieure à celles ayant reçu des MO, avec 21 espèces à Ellezelles, et 22 à Wasmes.

Les engrais lents tous traitements confondus (FP, FC), ont permis de relever une moyenne de 18,8 espèces pour Ellezelles et de 19,2 espèces pour Wasmes. Les engrais rapides (FM, L, P) donnent des chiffres un rien plus haut avec 20,4 espèces différentes pour Ellezelles et 20,6 pour Wasmes. Ces différences sont trop faibles que pour être significatives, mais laisseraient apparaître que les engrais rapides ou semi-rapides auraient moins d'impact sur la diversité de la flore que les engrais lents.

Les fumiers compostés réputés pour leur faible impact sur le développement de la flore ont donné les chiffres moyens suivants. Ellezelles : 19,50 espèces différentes, et Wasmes : 18,75. Ces résultats sont inférieurs à ceux des témoins, ce qui laisserait penser que les fumiers compostés auraient un effet négatif sur la biodiversité. Cependant, on observe tellement de variations « aléatoires » de nombre entre parcelles que cela pourrait bien ne pas être le cas.

Les parcelles fauchées tardivement n'ont pas laissé apparaître de richesse spécifique particulière et atteignent des moyennes par parcelle de 19 espèces pour Ellezelles, et de 20,5 pour Wasmès .

Il y a généralement une très légère décroissance du nombre d'espèces en fonctions des dosages d'engrais apportés. Sur le site de Wasmès, par exemple, les fumiers pailleux et compostés donnent des résultats de 21 espèces différentes pour la dose 170 u N/ha.an et de 20 espèces pour la dose 210 u N/ha.an. Un regard attentif sur les résultats par parcelles, montre cependant que les espèces qui disparaîtraient suite à un traitement sont aléatoires. Elles appartiennent cependant toujours à des groupes d'espèces non dominantes.. Dans les exemples précédents, on distingue un nombre total de 7 ou de 8 espèces différentes entre les deux dosages d'engrais. Ce n'est donc pas systématiquement la ou les mêmes espèces qui disparaîtraient lorsque l'on augmente la dose d'engrais de ferme.

Le fumier composté ne montre pas cette tendance générale de décroissance de la biodiversité avec l'augmentation des doses. Il est cependant difficile de tirer d'autres conclusions par rapport à ces données relatives à la biodiversité numérique avant d'avoir répété cette expérience sur plusieurs années et sur des surfaces prairiales plus larges (100m² par exemple).

10. Dominance-abondance des espèces botaniques

9.1 Résultats de dominance-abondance

Pour présenter de manière lisible les résultats des relevés de flore effectués au cours de l'année 2002 (ils sont 1200), nous avons choisi la méthode utilisée par Nicolas Dassonville

(2002). Les indices de dominance-abondance, de chacun des cinq relevés par parcelle, sont additionnés pour chaque espèce, puis à nouveau pour toutes les parcelles ayant reçu les mêmes intrants, et finalement les valeurs de chacun des deux relevés saisonniers sont additionnés. Les résultats ainsi obtenus sont ensuite présentés sous forme graphique pour chacun des deux sites.

Voici dans les pages suivantes les figures présentant les résultats, d'abord pour le site d'Ellezelles et ensuite pour celui de Wasmes. L'axe des ordonnées indique l'indice de dominance-abondance pour chaque espèce végétale reprise sur l'axe des abscisses. Ces graphiques sont ensuite comparés, par rapport aux différents apports en engrais de ferme, de telle manière à essayer de découvrir des tendances phyto-sociologiques.

Les figures sont présentées dans l'ordre suivant :

Figure 11. Indice de dominance-abondance des espèces et apports en engrais de ferme – Ellezelles –Témoin.

Figure 12. Indice de dominance-abondance des espèces et apports en engrais de ferme – Wasmes –Témoin.

Figure 13. Indice de dominance-abondance des espèces et apports en engrais de ferme – Ellezelles –Fumier composté 210 u N.

Figure 14. Indice de dominance-abondance des espèces et apports en engrais de ferme – Wasmes – Fumier composté 210 u N.

Figure 15. Indice de dominance-abondance des espèces et apports en engrais de ferme – Ellezelles –Lisier 250 u N.

Figure 16. Indice de dominance-abondance des espèces et apports en engrais de ferme – Wasmes – Lisier 250 u N.

Les figures concernant les autres traitements sont annexées (voir annexe 1).

9.2 Analyse des résultats de dominance-abondance

Quelques espèces dominent sur l'ensemble des parcelles de chaque site. Ces mêmes espèces restent dominantes quel que soit l'engrais de ferme appliqué, même si la valeur de leur indice varie. Nous considérons qu'un indice total supérieur à 25 signifie que l'espèce est dominante. Un indice supérieur ou égal à 40 en fait une espèce très dominante. Rappelons ici qu'un indice de trois était le maximum donné dans chaque relevé. Le maximum pour un tapis composé d'une seule espèce serait donc de $3 \times 5 \times 4$ qui égalent 60, multiplié par deux relevés, l'un effectué fin-mai ou début-juin, et l'autre mi-octobre, ce qui nous donnerait un indice de dominance-abondance total de 120 maximum.

Sur les parcelles témoins du site d'Ellezelles, il y a 4 espèces dominantes (4 espèces avec un indice supérieur à 25), et qui sont le Ray-grass, le Pâturin commun, les Agrostis et le Trèfle blanc. Sur le site de Wasmes, le nombre d'espèces dominantes passe à 8, nous y trouvons le Ray-grass, le Pâturin commun, les Agrostis, la Houlique laineuse, le Vulpin genouillé, le Trèfle blanc et la Renoncule rampante. Des quatre espèces dominantes relevées sur les parcelles témoins du site d'Ellezelles, deux dépassent ou égalent l'indice de 40 (le Ray-grass et le Pâturin commun). Sur le site de Wasmes, ce sont 4 espèces qui arrivent au statut de très dominantes (Ray-grass, le Pâturin commun, le Trèfle blanc et la Renoncule rampante).

Sur les parcelles du site d'Ellezelles qui ont reçu une fumure organique au cours de l'année 2002, le nombre d'espèces très dominantes varie de 1 à 4. Il s'agit des mêmes espèces déjà recensées comme étant dominantes (indice > 25) sur les parcelles témoins. Le Ray-grass domine sur l'ensemble des autres espèces quel que soit l'apport ou son dosage en unités d'N/ha.

Sur les parcelles du site de Wasmès, entre 2 et 5 espèces sont très dominantes suite aux apports d'engrais de ferme. Alors qu'à Ellezelles, c'était le Ray-grass qui dominait systématiquement, ici ce n'est pas le cas. Il reste toujours dans la catégorie des dominants, mais d'autres espèces obtiennent un indice supérieur au sien. Dans un certain nombre de cas, l'indice de dominance-abondance du Ray-grass se retrouve en dessous de 40. Le Pâturin commun, par contre, obtient toujours un indice supérieur à 40, et la Renoncule rampante arrive à ce seuil ou au-delà 11 fois sur un total de 14 essais.

La dominance est donc plus partagée à Wasmès qu'à Ellezelles, et cela indépendamment du traitement, puisque le nombre d'espèces dominantes y est toujours plus important. Quelles sont les autres tendances que nous pouvons observer par rapport aux engrais de ferme?

Le fumier pailleux ne modifie pas les dominances observées sur les parcelles témoins, quelle que soit la dose épanchée. Cependant, l'indice de dominance-abondance du Trèfle blanc chute 3 fois sur 4 en dessous de celui relevé sur les parcelles témoins. Autre remarque, l'indice du pissenlit, une espèce non dominante, descend, ce qui semble indiquer que cette espèce se développe moins bien sur les sols qui ont reçu des apports fertilisants. A Ellezelles, le Ray-grass réagit au fumier pailleux en affermissant sa dominance-abondance, ce qui n'est pas le cas à Wasmès.

Les fumiers compostés ont la particularité intéressante de ne pas modifier les niveaux de dominance-abondance des différentes espèces présentes.

Nous n'observons pas de différence quant aux dominances d'espèces avec l'application de fumier mou, et ce quel qu'en soit la dose (Ellezelles: 4 ou 5 esp. > indice 25 ; Wasmès : 7 esp.

> indice 25). Les espèces dominantes sont les mêmes que sur les parcelles témoins. Une remarque cependant : à Wasmes, le fumier mou provoquerait la diminution de dominance du Trèfle Blanc. Ce n'est pas le cas à Ellezelles.

Les lisiers ne modifient pas non plus les dominances (Ellezelles: 4 ou 5 esp. > indice 25 ; Wasmes: 7 esp. > indice 25). A haute dose (250u N/ha.an), le Trèfle Blanc a tendance à diminuer en proportion à Wasmes, mais pas à Ellezelles où c'est le Fromental qui se développe.

Le lisier, appliqué en trois fois dans le cadre de l'expérience de restitution au pâturage, ne semble provoquer aucune différence de dominance quant à la flore présente, sauf à Ellezelles, où on constate une régression du Chiendent et un développement du Foulque. Cette différence n'est pas observée sur le site de Wasmes.

En apport précoce, les observations faites, sont exactement les mêmes que pour l'expérience précédente. En examinant le premier relevé de flore uniquement, c'est à dire l'état de la flore fin-mai, début juin, on se rend compte qu'à Wasmes, les espèces précoces comme le Vulpin genouillé et le Pâturin commun ont déjà atteint leur indice de dominance maximum. Sur le site d'Ellezelles, bien que les valeurs soient inférieures de moitié environ, le tableau des dominances est déjà similaire à celui rendant compte des dominances pour toute la saison de croissance. Il n'y a pas de changement saisonnier dans les dominances.

Les applications d'engrais de ferme sur les parcelles MAE fauchées tardivement provoquent, à Ellezelles, la diminution ou même la disparition sur certaines parcelles du Renoncule Acre, alors qu'à Wasmes, nous remarquons la disparition du Pâturin Annuel. Les dominances

restent identiques à ce qui a été observé précédemment (Ellezelles: 4 esp. >25 ; Wasmes: 7 esp. >25). L'application de fumier composté sur ces parcelles MAE ne provoque pas non plus de différence de dominance par rapport au lisier ou au purin.

Il semblerait, comme le montre le tableau suivant, que les engrais lents favorisent un plus grand nombre d'espèces très dominantes que les engrais rapides, quelle que soit la dose d'engrais apporté.

Type d'engrais	Site	Nombre moyen d'espèces très dominantes (indice > ou = 40)
Témoin (sans apport)	Ellezelles	2
	Wasmes	4
Fumier composté	Ellezelles	2.75
	Wasmes	3.75
Engrais « lents »	Ellezelles	2.50
	Wasmes	3.67
Engrais « rapides »	Ellezelles	2.25
	Wasmes	3.63

Tableau 7. Nombre d'espèces très dominantes en rapport avec le type d'engrais et le site d'essai.

Dans l'ensemble, les engrais de ferme ont un impact très modéré sur la dominance-abondance, du moins la première année. Nous constatons cependant qu'à Ellezelles les espèces très dominantes sont moins nombreuses qu'à Wasmes, ce qui laisserait entendre que le tapis floral est mieux partagé entre les espèces dominantes et non dominantes. Cependant, il faut remarquer que l'espèce la plus dominante à Ellezelles (le RGA) obtient des indices plus élevés qu'à Wasmes, souvent supérieur à 50 ou 60. Ce serait donc plutôt à Wasmes que le tapis floral serait le mieux partagé, mais entre espèces dominantes uniquement. Les espèces

non dominantes sont plus différenciées entre les deux sites, mais restent présentes à de très faibles indices.

9.3 Plantes des prairies et état des sols

Les plantes des prairies sont indicatrices d'un certain nombre de facteurs qui nous permettent de différencier les deux sites d'essai. La Houlque laineuse, les Agrostides, le Pâturin commun et le Trèfle blanc sont des espèces résistantes au piétinement. Ce sont les espèces que nous retrouvons en dominance supérieure sur le site de Wasmes, qui, nous le rappelons avait subi un piétinement excessif. Le Ray-grass, le Pâturin commun et le Chiendent sont des espèces typiques des sols argilo-limoneux. Ce sont des espèces dominantes sur nos deux sites (ENITA Clermont-Ferrand, 2003).

La Houlque laineuse et le Vulpin genouillé sont des espèces qui affectionnent particulièrement les sols humides. Elles sont surtout dominantes à Wasmes, où le sol est nettement plus humide. Il en est de même avec la Renoncule rampante, très présente à Wasmes, mais qui est envahissante et toxique. On y rencontre aussi, mais uniquement à Wasmes, la Fétuque des près, qui est une graminée de zone humide qui supporte bien les excès d'eau. Les espèces dominantes à Ellezelles et particulièrement le Ray-grass, le Pâturin commun, les Agrostides sont des espèces qui apprécient particulièrement les sols riches. On les retrouve aussi à Wasmes, mais elles y ont des indices inférieurs (exception : le Pâturin commun) (ENITA Clermont-Ferrand, 2003).

11. Engrais de ferme et qualité fourragère

11.1 Répartition des espèces par groupe

Il est intéressant d'examiner les données de la flore de telle manière à déterminer si les engrais de ferme favorisent une production de fourrage de qualité. En se basant sur les critères de qualité nutritive élaborés par Pierre Luxen (Agra-Ost), nous avons choisi de diviser l'entièreté de la flore prairiale en 5 groupes :

1. Graminées Bonnes (**GB**) ;
2. Graminées Moyennes (**GMoy**) ;
3. Graminées Médiocres (**GMéd**) ;
4. Légumineuses (bonne qualité fourragère) (**L**) ;
5. Autres (qualité fourragère moindre) (**A**).

11.2 Résultats graphiques des répartitions

Les résultats de l'année 2002, sont chiffrés en pourcentages de la production totale, qui correspondent à la somme des indices de dominance-abondance de chaque groupe d'espèces. Il faut être prudent dans la lecture des données, car ce sont des valeurs qui correspondent au tapis floral des prairies, et non au rendement en matière sèche. Les résultats sont reproduits ici sous forme de graphiques pour chaque traitement et pour chaque site d'essai.

Ellezelles Répartition totale

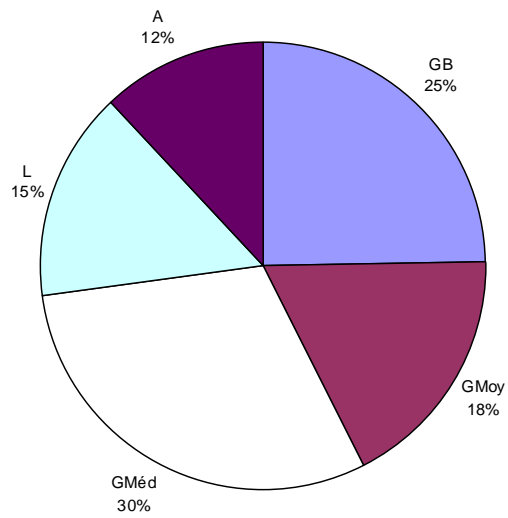


Figure 17. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles – Tous traitements confondus.

Ellezelles Témoin

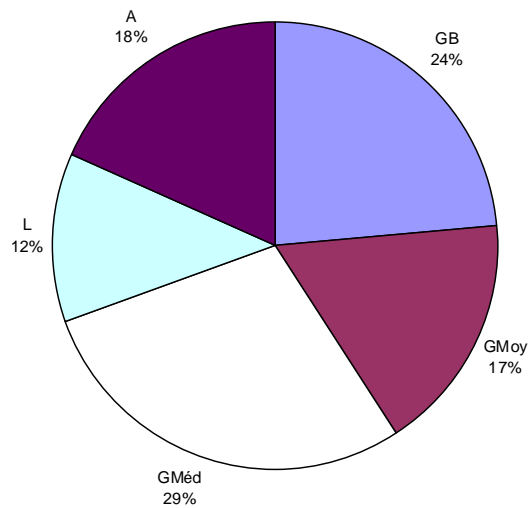


Figure 18. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles - Témoin.

Wasmes Répartition totale

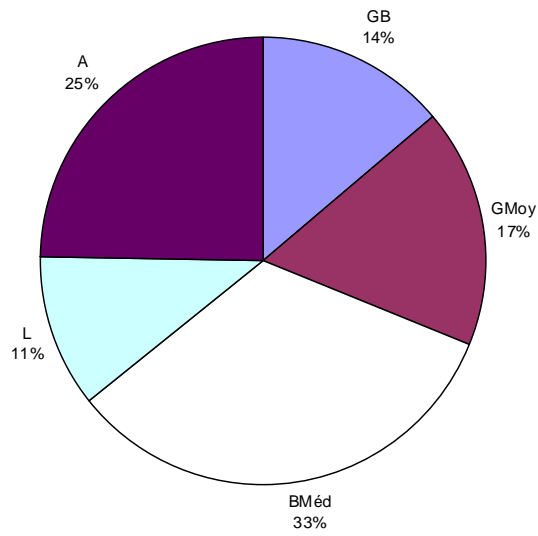


Figure 19. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – Tous traitements confondus.

Wasmes Témoin

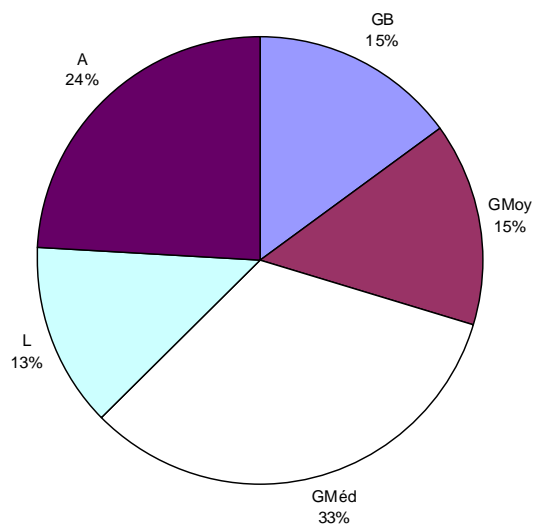


Figure 20. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes - Témoin

Ellezelles FP 170

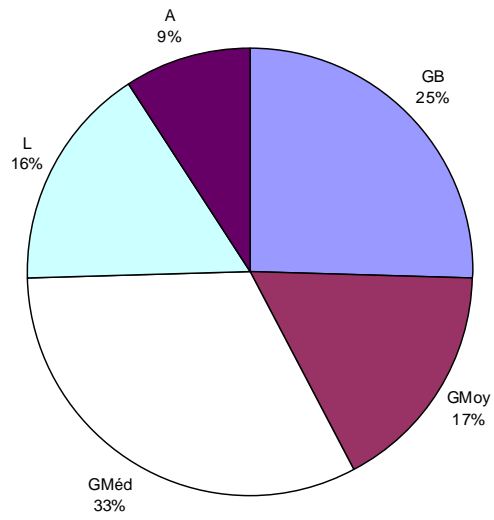


Figure 21. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles – FP 170.

Ellezelles FP210

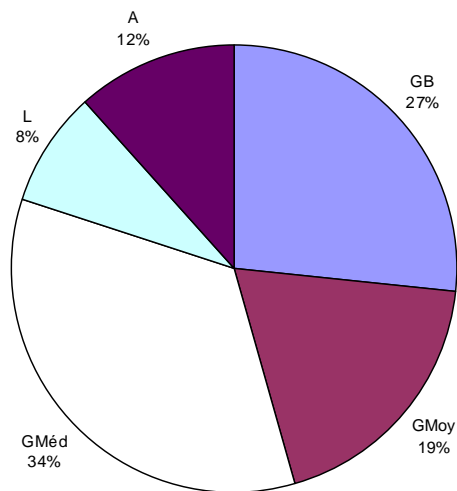


Figure 22. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles – FP 210.

Wasmes FP170

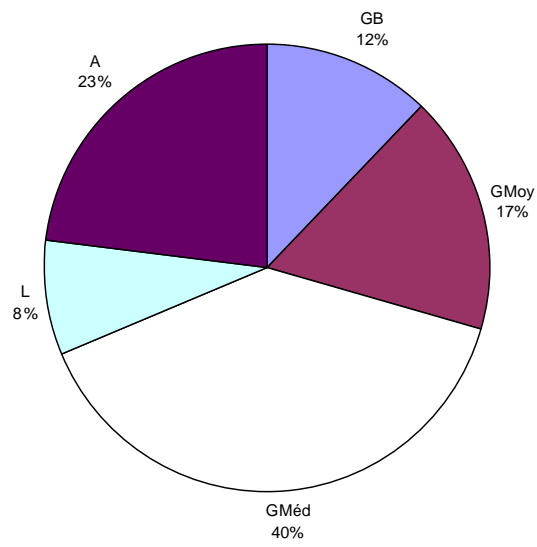


Figure 23. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – FP 170.

Wasmes FP210

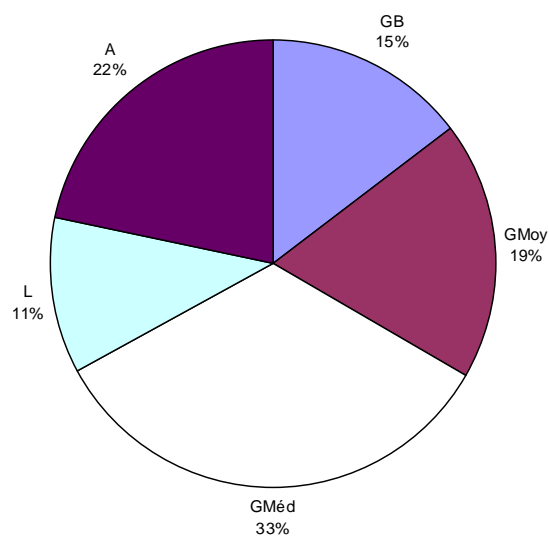


Figure 24. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – FP 210.

Ellezelles FC170

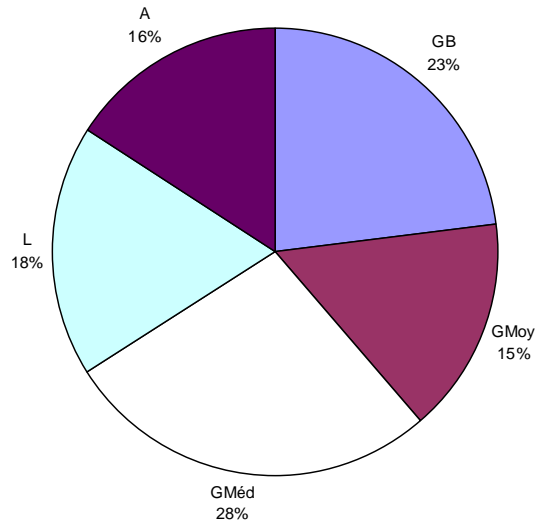


Figure 25. Proportion de dominance par groupe d'espèces– Ellezelles – FC 170.

Ellezelles FC210

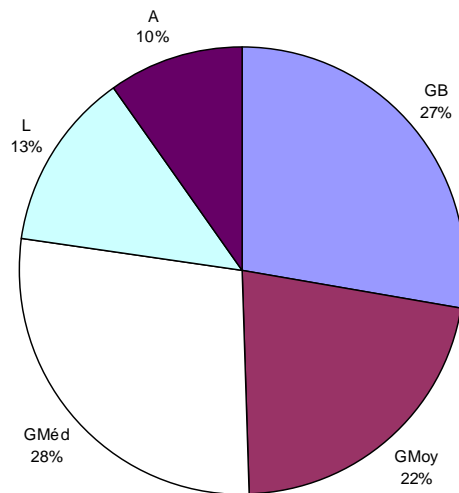


Figure 26. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles – FC 210.

Wasmes FC170

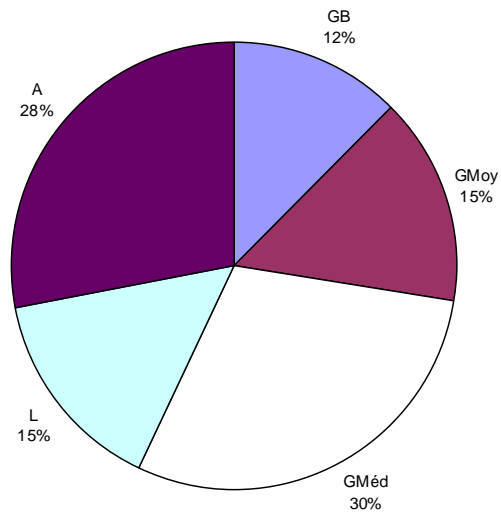


Figure 27. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – FC 170.

Wasmes FC210

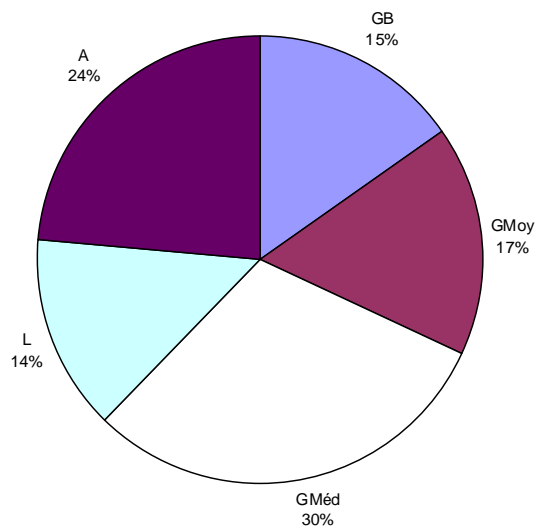


Figure 28. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – FC 210.

Ellezelles FC250

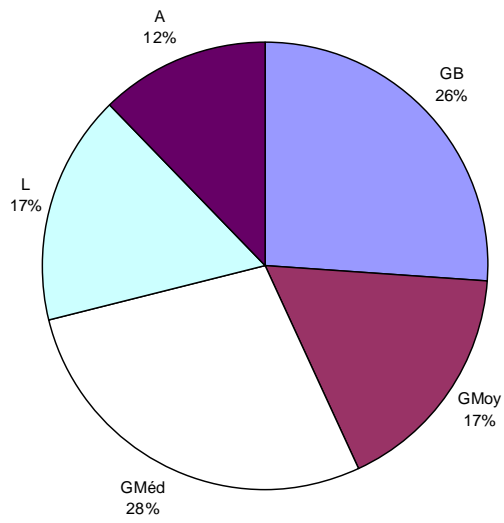


Figure 29. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles – FC 250.

Ellezelles MAE-C

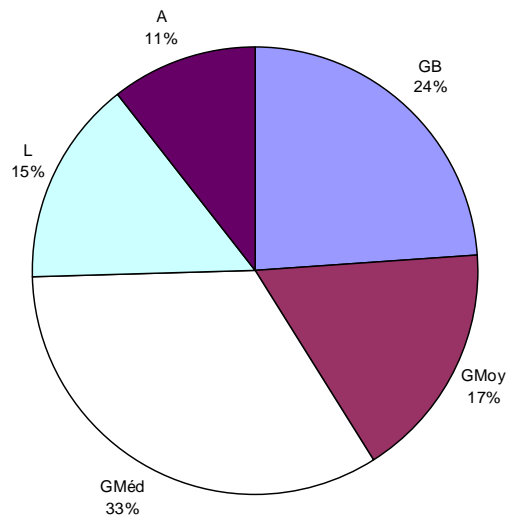


Figure 30. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles – MAE-C.

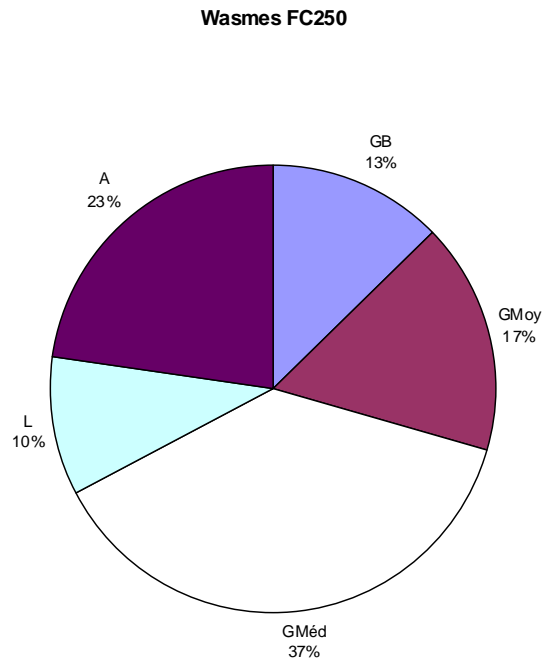


Figure 31. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – FC 250.

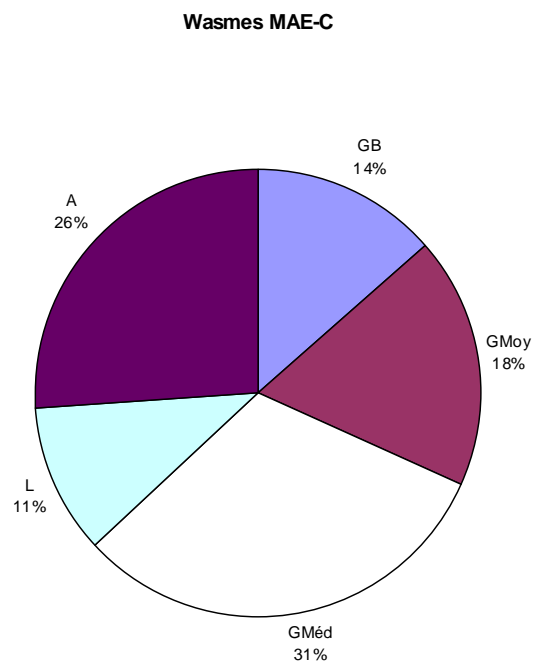


Figure 32. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – MAE-C.

Ellezelles MAE-P

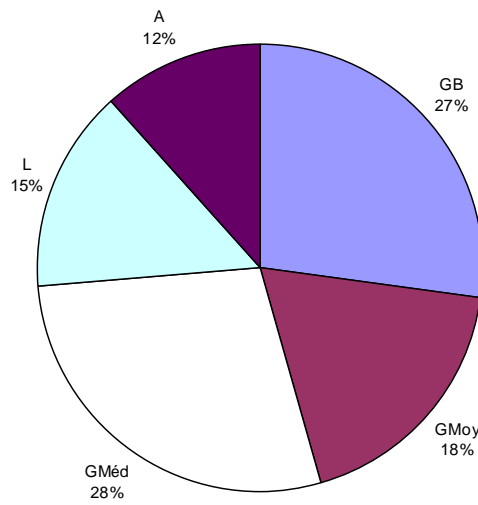


Figure 33. Proportion de dominance par groupe d'espèces- Ellezelles – MAE-P.

Ellezelles FM170

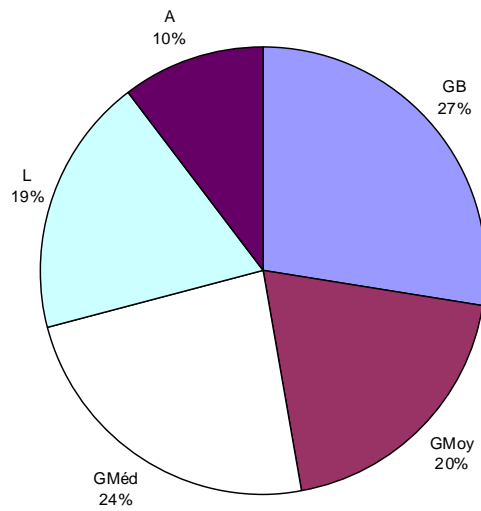


Figure 34. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles – FM 170.

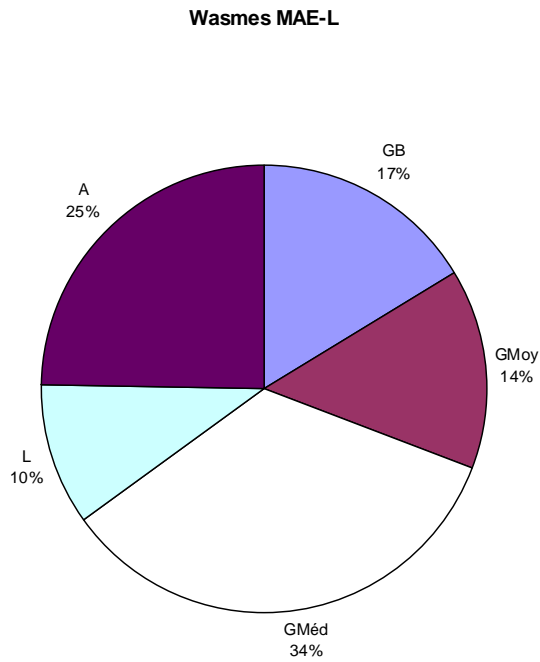


Figure 35. Proportion de dominance par groupe d'espèces– Wasmes – MAE-L.

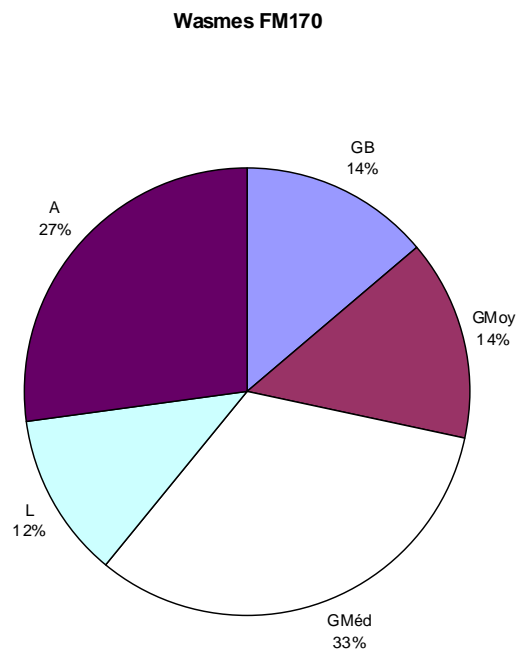


Figure 36. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – FM 170.

Ellezelles FM210

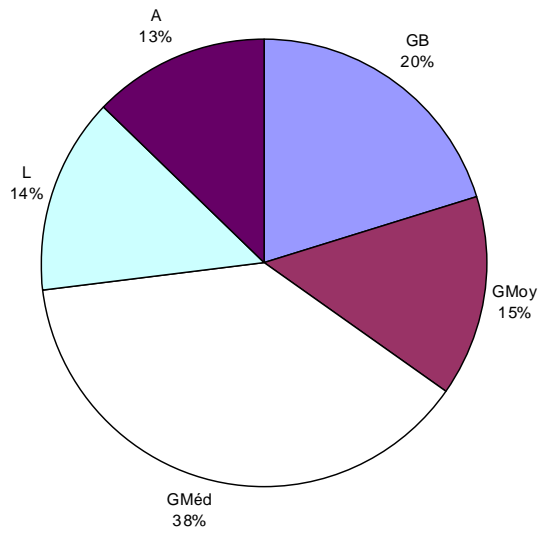


Figure 37. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles – FM 210.

Ellezelles L170

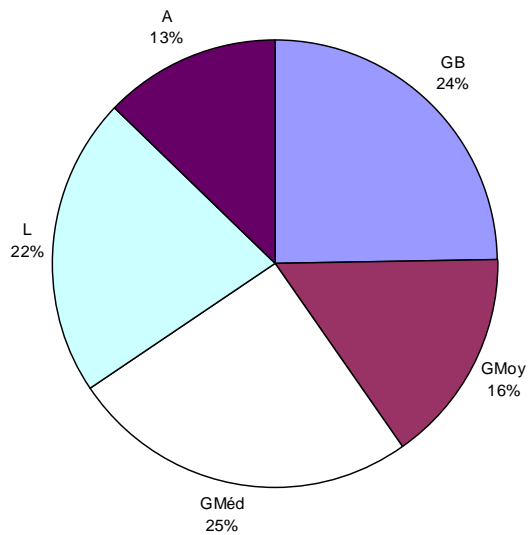


Figure 38. Proportion de dominance par groupe d'espèces– Ellezelles – L 170.

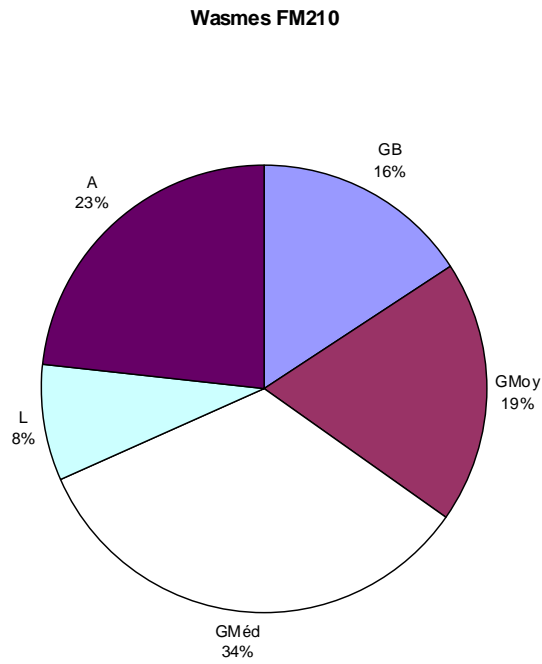


Figure 39. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – FM 210.

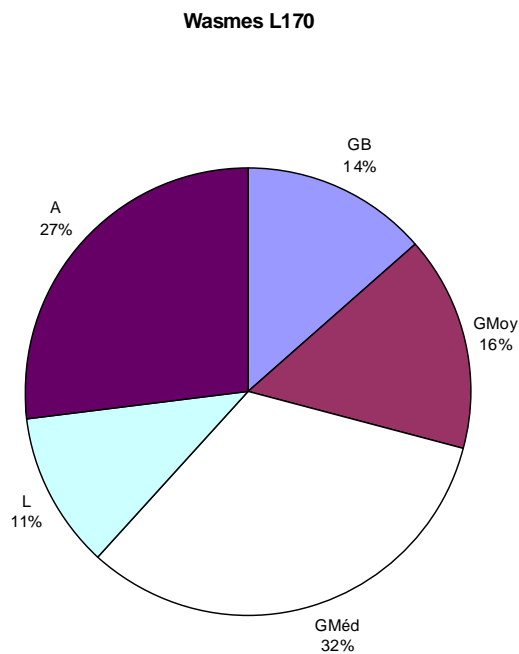


Figure 40. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – L 170.

Ellezelles L210

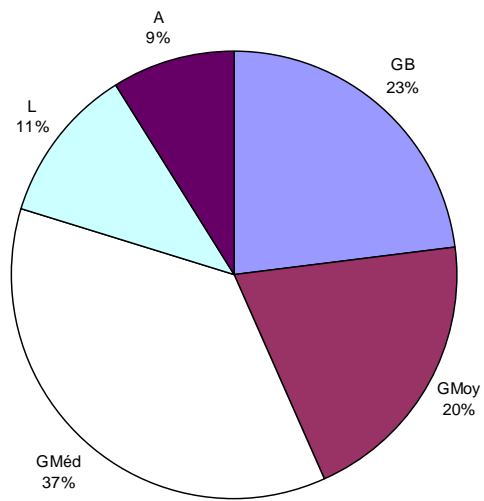


Figure 41. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles – L 210.

Ellezelles L210-AP

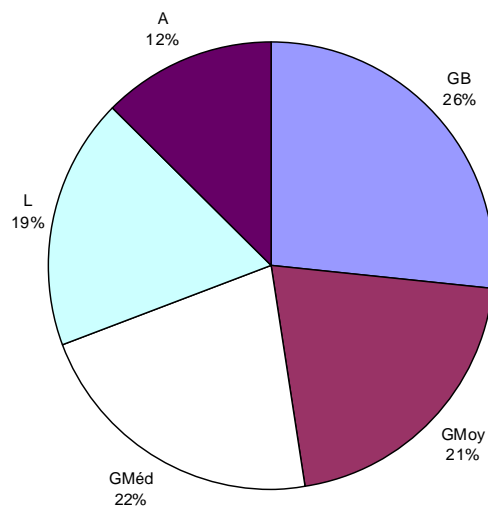


Figure 42. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles – L 210-AP.

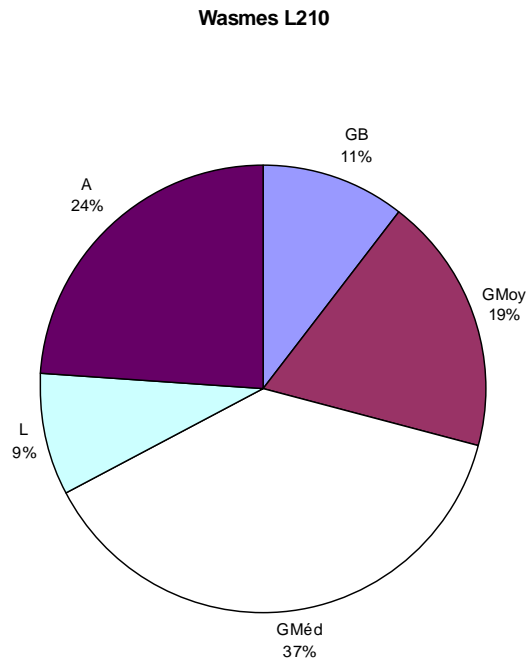


Figure 43. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – L 210.

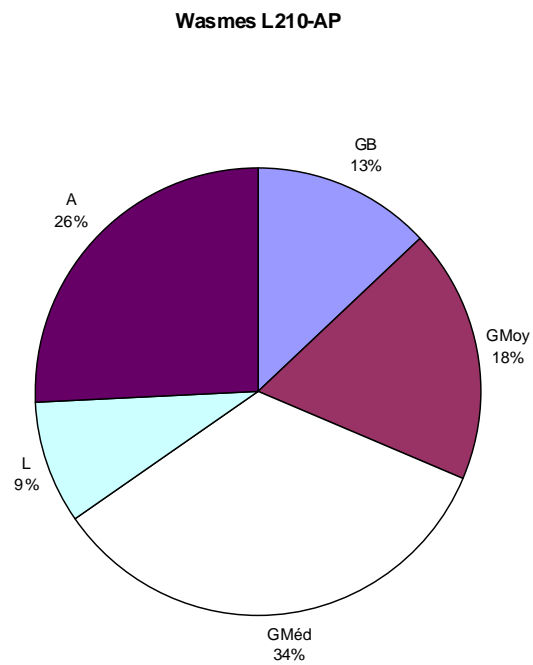


Figure 44. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – L 210-AP.

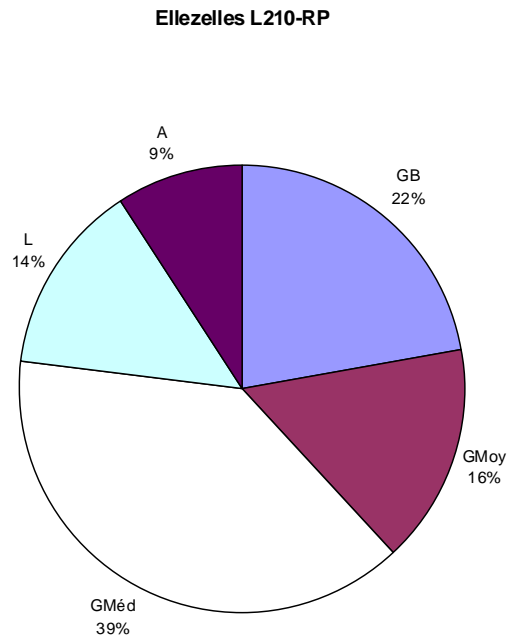


Figure 45. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles – L 210-RP.

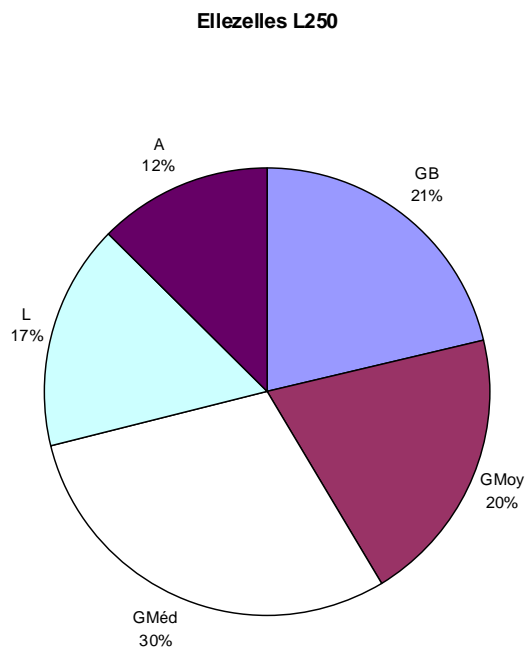


Figure 46. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Ellezelles L 250.

Wasmes L210-RP

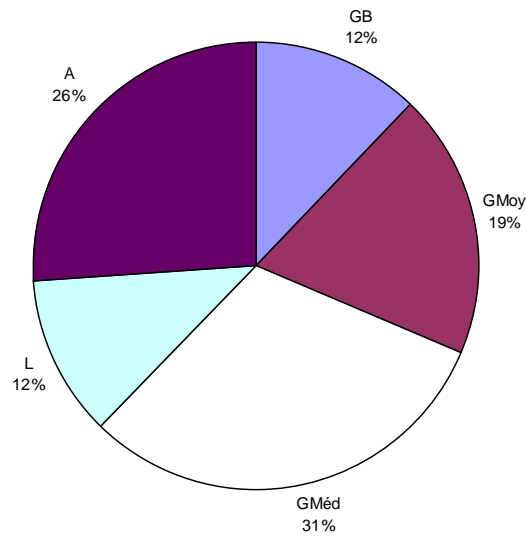


Figure 47. Proportion de dominance par groupe d'espèces – Wasmes – L 210-RP.

Wasmes L250

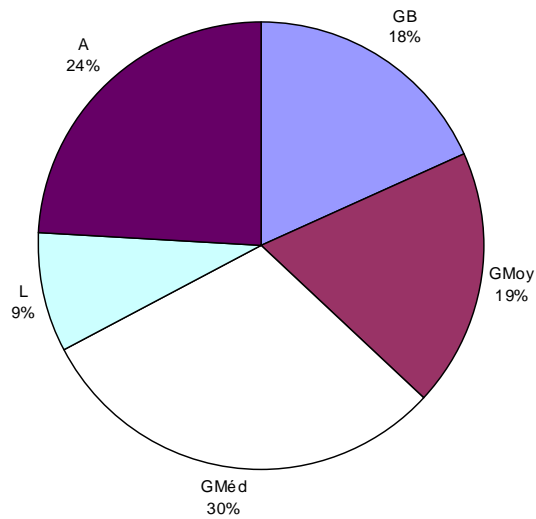


Figure 48. Proportion de dominance par groupe d'espèces– Wasmes – L 250.

11.3 Analyse des résultats de qualité fourragère

Les deux sites d'essai produisent, pour l'ensemble des parcelles, des proportions importantes de graminées (73% du total à Ellezelles, et 64% à Wasmes). Les légumineuses représentent 15% du rendement total à Ellezelles, et 11% à Wasmes, alors que les « autres » atteignent 12% du total pour le site d'Ellezelles et 25% pour celui de Wasmes. En additionnant les bonnes et moyennes graminées avec les légumineuses, nous obtenons la proportion en matière fourragère de qualité par rapport au total. Cette proportion est de 58% pour le site d'Ellezelles, et 42% pour le site de Wasmes. Le site d'Ellezelles est donc plus intéressant en matière de fourrage. Examinons maintenant les variations de qualité que produisent les différents intrants en matière organique par rapport aux témoins.

Les applications de fumier pailleux ont légèrement favorisé les graminées bonnes et moyennes sur le site d'Ellezelles, au détriment des légumineuses, mais seulement à haute dose (210 u N/ha), et dans une faible proportion. A Ellezelles toujours, donc sur un terrain de meilleure qualité humique, les proportions « d'autres » ont nettement régressé passant de 18% sur le témoin à 9% sur les parcelles traitée au FP 170, et puis à 12% pour le traitement FP 210. A Wasmes, les « autres » gardent la même proportion que pour le témoin (+/- 23%), et ce sont les graminées médiocres qui gagnent en représentativité passant de 33% à 40%.

En ce qui concerne les fumiers compostés, il est intéressant de constater que les proportions présentent ne sont pas modifiées par rapport au témoin, sur aucun des deux sites. Petite exception notée, à Ellezelles, les « autres » ont marqué une légère régression. A Wasmes, par contre, les « autres » semblent se développer à faible dose puis régresser à plus haute dose, mais ce n'est pas particulièrement marqué comme différence (de 28% à 23%).

Les parcelles traitées en MAE avec du compost, du purin ou du lisier, conservent les mêmes proportions entre groupes de plantes à Wasmes, mais marquent une régression des « autres » sur le site d'Ellezelles, en faveur d'une très légère augmentation des légumineuses. Rappelons cependant ici que la date de fauche affecte uniquement la valeur fourragère de la première fauche (voir plus loin : discussion).

Le fumier mou, un engrais de ferme mi-rapide, provoque la régression des légumineuses à la dose 210 u N/ha, sur le site de Wasmes. A Ellezelles, par contre, on observe de nouveau une diminution de la proportion d' « autres ». De plus, les graminées médiocres augmentent leur proportion de 29% à 38% avec l'apport FM 210, par rapport au témoin.

Les lisiers sont appliqués en trois doses différentes (170, 210, 250 u N/ha). On constate toujours la même régression des « autres » à Ellezelles. Sur ce site encore, les proportions de graminées médiocres sont passées à 37% avec le dosage à 210 u N/ha (29% sur le témoin). A Wasmes, on constate une régression lente des légumineuses, proportionnellement au dosage de lisier apporté (de 11% à 9%, témoin 13%), alors que les graminées moyennes passent de 16% à 19% (témoin : 15%).

Les apports précoces de lisier 210 (L 210 – AP) ne provoquent, à Wasmes, aucune différence par rapport aux parcelles à apport plus tardif. A Ellezelles cependant, les proportions relatives se modifient : Les « autres » passent de 9% à 12%, les légumineuses de 11% à 19%, les graminées bonnes et moyennes de 43% à 47%, alors que les graminées médiocres chutent de 37% à 22%. Cela représente une nette amélioration de la qualité fourragère.

Les essais de reproduction au pâturage (RP) provoquent, sur les deux sites d'essai, une augmentation des proportions de légumineuses, par rapport à l'apport L 210 classique. Leurs valeurs rejoignent celles des témoins.

Nous pouvons remarquer des différences importantes entre les deux sites, suite à l'examen attentif de ces graphiques. Du point de vue de l'éleveur, le site d'Ellezelles est meilleur puisque, non seulement il produit plus, mais les proportions de plantes à haute valeur nutritive y sont nettement plus élevées. Sur les deux sites, les légumineuses semblent profiter de l'application d'engrais à faible dose (170 u N/ha), puis régresser à leur niveau témoin à plus haute dose (dès 210 u N/ha). A Ellezelles, tous les apports d'engrais de ferme provoquent une régression des plantes classées dans la catégorie « autres », ce qui peut être considéré comme bénéfique du point de vue qualitatif. A Wasmes, les proportions restent plus équilibrées, quel que soit le traitement. Une autre constatation marquante de cette lecture des résultats, est que le fumier composté est celui qui apporte le moins de modification dans les valeurs de répartition par groupe de plante.

DISCUSSION ET CONCLUSION

12. Discussion

L'objectif principal de ce travail consistait à comparer la productivité en herbe de fourrage (aspect agricole) à la biodiversité botanique (aspect environnemental) des prairies extensives permanentes. Dans le cadre du système de poly-culture élevage, les variables considérées étaient les différents engrais de ferme, lents et rapides, apportés en plusieurs dosages. La date de fauche (fauche normale ou tardive) était aussi considérée en tant que facteur pouvant induire des variations dans les rendements en matière sèche, et quant à la diversité spécifique.

Un des éléments critiques du développement réussi d'un système agricole basé sur les prairies, est la conservation de l'équilibre des éléments nutritifs du sol. Une détérioration du niveau de fertilité du sol mène à une diminution de la quantité de fourrage nécessaire durant la période de pâturage, ainsi que pour l'alimentation hivernale du bétail. Le système de poly-culture élevage recycle les effluents d'élevage de telle manière à conserver ou restaurer cet équilibre nutritionnel.

Les éléments nutritifs principaux nécessaires à la croissance végétale que sont l'azote, le phosphore et le potassium, sont épandus sur le sol de la prairie sous forme organique, et deviennent accessibles aux plantes après minéralisation. Comme le montre nos expériences, ils favorisent une pousse accélérée de la végétation durant la saison de croissance. L'apport des effluents d'élevage, contenant ces éléments sous forme principalement organique, est proportionnel avec la productivité totale en herbe.

Il existe cependant une limite quantitative qu'il ne faut pas dépasser au risque d'entraîner des pertes. Les excédents augmentent en effet fortement le risque de pollution des eaux de surface

par ruissellement, et des eaux souterraines par lixiviation (Verbruggen et al., 1996). Cette pollution est due à la non prise en compte des apports en matière organique provenant des déjections animales lors du pâturage (Stilmant et al., 2000) ou encore, à la sous évaluation des effluents de ferme quant à leur contenu en éléments nutritifs (Godden, 2002). Les analyses du taux d'azote présent dans les sols de nos essais, avant et après l'hiver, montrent que celui-ci, utilisés en quantités raisonnables, ne quitte pas les couches superficielles du sol, et reste piégé dans les premiers centimètres. A cette profondeur, il est rapidement récupéré par les racines durant la saison de croissance. La pollution des eaux est ainsi évitée (Godden et Couplet, 2003). Stilmant confirme l'aspect bénéfique des prairies permanentes sur la qualité des eaux, en comparaison avec d'autres productions agricoles ou d'autres activités humaines non agricoles (2002).

L'excès d'azote réduit la diversité botanique maximale possible de l'espace prairial concerné (Peeters, 1998). En effet, l'azote assimilable est un élément déterminant, qui influence négativement la germination des espèces herbacées lorsqu'il est présent en quantités excessives dans le sol d'une prairie (Janssens, 2002). Il réduit aussi son potentiel de biodiversité totale par réduction de la compétition interspécifique (Janssens, 2002). Suite à l'évolution des pratiques intensives d'agriculture, l'homme a considérablement enrichi les sols, favorisant dès lors les espèces à croissance rapide (eutrophes), comme le ray-grass, (*Lolium perenne*) qui ont peu à peu étouffé les autres espèces par manque de lumière (Janssens, 2002). L'utilisation des engrais de ferme provoque une minéralisation relativement lente des éléments nutritifs et, de ce fait, limite les effets négatifs sur la biodiversité. Nos expériences, n'ont d'ailleurs pas montré de réduction de la diversité botanique.

De nos jours, alors que la Politique Agricole Commune favorise l'installation de prairies extensives, les espèces à croissance rapide restent dominantes, tant que les apports en nutriments organiques ou minéraux continuent à se faire (Marriott et Bolton, 1998). Dans ce cadre, les graminées restent proportionnellement dominantes face aux dicotylédones (Janssens, 2002). Ceci est confirmé par nos essais, où les proportions de graminées sont largement dominantes, aussi bien sur les parcelles ayant reçu un apport azoté, que sur celles n'ayant reçu aucun apport.

Bien que le phosphore et le potassium n'aient pas d'influence directe sur la germination, le P échangeable d'un sol a un effet régulateur sur le taux maximum d'assimilation de N. (Janssens, 2002). Suite à l'apport de fertilisants azotés ou phosphatés, les semences d'espèces intéressantes disparaissent au profit de celles d'espèces pionnières. Le retour aux conditions initiales n'assure absolument pas la régénération de la banque de graines à court terme (Janssens, 2002). Un faible taux de P (inférieur ou égal à 5mg/100g de sol sec) favorise une large diversité botanique (moyenne d'espèces > 20) (Peeters, 1998). Nos deux sites d'essai présentent des taux de P différents. Le sol d'Ellezelles a un taux bas, alors que celui de Wasmes a un taux normal pour un sol agricole. Nos relevés de flore n'ont cependant pas montré de différence entre les deux sites, y compris pour les parcelles n'ayant reçu aucun intrant (témoins). L'expérimentation devra être poursuivie pour déterminer si des différences apparaissent, après plusieurs années, entre les parcelles témoins, qui vont s'appauvrir suite aux exportations d'herbes, et les parcelles recevant une fumure.

Le contenu en P de la biomasse sèche exportée, est en relation directe avec la diversité spécifique des prairies. L'obtention de plus de 40 espèces différentes par superficie de 100m² est conditionnée à un taux de P inférieur à 1,5 g/kg MS (Janssens et Peeters, 1998). La

détermination exacte des exportations de P dans la MS est en cours d'analyse, et permettra peut-être d'infirmer ou de confirmer cette information.

Un niveau trop faible de P prévient la nodulation et la fixation atmosphérique d'N par les trèfles (Haynes, 1980 cité dans Baars, 1999). Les trèfles sont aussi de piètres compétiteurs en ce qui concerne le K présent dans le sol, par rapport aux autres espèces prairiales. De plus, une faible concentration en K réduit la fixation atmosphérique d'N. C'est particulièrement remarquable dans le cas de sols sablonneux, qui facilitent les pertes de cet élément par infiltration dans le sol (Baars et Younie, 1998).

Le potassium se perd aussi en quantités relativement importantes sous forme de K_2O dans les jus d'écoulement des engrais de ferme stockés (Godden, 1994 ; Berner 1986). De là l'importance d'un stockage adéquat des fumiers, et de la présence d'une quantité suffisamment élevée de matière sèche, de façon à limiter l'écoulement des jus (Godden et Penninckx, 1999).

Les risques de pollution de la nappe d'eau, liés aux pertes de P_2O_5 et de K_2O sont quasi nulles avec l'utilisation d'engrais de ferme, comme le démontre le calcul des bilans pour 17 fermes biologiques d'Auvergne (Boidson et L'Homme, 1997).

Lorsqu'on apporte des engrais azotés organiques ou minéraux, la fixation atmosphérique d'azote par les légumineuses décroît proportionnellement avec l'augmentation des doses. Le trèfle importe, sans intrants, entre 75 et 280 u N/ha.an en fonction de sa proportion par rapport aux graminées (Razec, M. et al., 2002). Nos expériences semblent montrer qu'à partir de 210

u N/ha la proportion totale de légumineuses est légèrement réduite par rapport aux autres groupes d'espèces.

Pour un mélange 2/3 – 1/3 de graminées/légumineuses, le taux le plus haut de protéines est obtenu sans ajout de fertilisant (Razec, M. et al., 2002). Le mélange graminées/légumineuses favorise la digestibilité, un haut taux de protéines et d'absorption minérale, par rapport à une prairie sans légumineuses (Razec, I. et al., 2002). La qualité nutritive des rendements en herbe est fonction inverse du stage de développement des espèces végétales des prairies (Todorova et Kirilov, 2002). Kirilov (2000) qui a calculé un index de qualité nutritive comprenant l'absorption totale, la digestibilité, la valeur énergétique et la productivité, donne une valeur maximum aux rendements au moment où les plantes sont au stage de la floraison. Cela confirme les informations fournies par Toussaint (1992), qui propose de faucher ou de pâturer en Belgique juste avant l'épiaison, de telle manière à obtenir le meilleur taux d'albumine, d'énergie et de minéraux. Dans une prairie dominée par le ray-grass et la fétuque des prés, une première fauche le 15 mai produit une matière sèche contenant 11,2% d'albumine digestible contre seulement 2,5% lorsque la fauche a lieu le 2 juillet (Toussaint, 1992). Le trèfle étant déjà particulièrement riche en protéines, en Ca et en Mg par comparaison aux graminées (Toussaint, 1992). Cela confirme la qualité supérieure de fourrage obtenu sur nos parcelles en fauchage non tardif, qui sont des mélanges naturels graminées/légumineuses/autres, même si nos proportions de légumineuse sont inférieures à 1/3.

Les fauchages tardifs (MAE) diminuent la qualité nutritive des rendements, puisqu'ils se font après l'épiaison. A ce moment là, les taux de protéines crues et de matières grasses, la digestibilité totale et la valeur énergétique, sont déjà nettement inférieurs, alors que le taux de

fibres a augmenté (Todorova et Kirilov, 2002). Cela n'est valable que pour la première fauche. Notre méthodologie prévoyait d'appliquer les engrais de ferme, sur les essais en fauches tardives (MAE), après la première fauche, de telle manière à ne pas réduire davantage la qualité nutritive des rendements. Dans le cas de restauration de surfaces herbacées destinée à la fauche tardive, il sera intéressant de semer dans la mesure du possible des variétés tardives.

Lors de la première coupe, le fauchage tardif augmente la quantité de biomasse à sécher en une seule fois, ce qui risque de consommer plus de main d'œuvre et d'énergie puisqu'il faut alors retourner l'herbe plus fréquemment (Opitz von Boberfeld et al., 2000). Nos essais n'ont cependant pas montré d'augmentation moyenne des rendements de la première fauche.

Le mode de gestion des prairies est également un facteur fort important pour la biodiversité. Il est maintenant reconnu que le nombre de fauches, et l'intensité du pâturage, impliquent une variation importante de la diversité botanique. Hald (2000) a démontré que les prairies avec une haute biodiversité de départ, et qui sont fauchées deux fois par an, obtiennent une croissance importante de leur biodiversité, alors que le pâturage à haut UGB ne la favorise que moyennement. Hoffman et al. (2000) prouvent que les fleurs sauvages s'implantent plus facilement lorsque la prairie est fréquemment fauchée et/ou dérangée par une activité mécanique, telle que le passage d'un tracteur. Nösberger et Rodriguez (1996) ajoutent que le pâturage à faible UGB/ha crée des variations spatiales dans la végétation et, de ce fait, favorise la diversité spécifique. Ces modes de gestion (pâturage à faible UGB/ha et 2 fauches/an) laissent des ouvertures dans la végétation qui permettent à un plus grand nombre d'espèces de s'établir sur la prairie.

13. Conclusion

« La richesse des ressources du sol est le facteur principal d'une productivité en herbe abondante sur les prairies permanentes extensives. C'est cependant sur un sol pauvre en éléments nutritifs que l'on trouvera la plus grande diversité botanique. Il n'y a pas de compromis facile entre la productivité et la biodiversité. Les prairies peuvent-être productive ou diversifiée, pas les deux » (White et al., 2003).

Pour nuancer l'affirmation de White et al., il faut essayer de tendre vers un équilibre entre la productivité et la biodiversité. Il est préférable d'envisager la diversité botanique sur une zone plus large que la seule prairie, au niveau d'une région par exemple. Les communautés floristiques diversifiées se développent sur des espaces de grandes tailles, comprenant une variété de conditions pédo-climatiques, mais aussi par rapport à toute une série d'éléments que nous pourrions qualifier de paysagers. Ces derniers doivent-être aussi variés que possible (Qualité écologique : Clé d'appréciation). Ce sont les critères d'extensibilité de l'espace et de permanence du temps qui, s'ils sont correctement inclus dans une politique rationnelle de gestion de la prairie, permettent son utilisation productive dans le cadre du système de polyculture élevage, tout en protégeant et favorisant la diversité des espèces botaniques, et par extension, faunistiques.

Dans l'espace rural que nous connaissons aujourd'hui, la prairie reste le meilleur compromis entre les aspects de productivité et de biodiversité. C'est en effet un des espaces de plus grande diversité. Le mode de gestion (fauche, pâturage, choix et dosage des engrais) est, sans conteste, le critère le plus important pour favoriser une biodiversité abondante, tout en conservant la valeur productive de la prairie.

Nos expériences en prairies, permettront dans le futur, d'obtenir de nouvelles données, qui confirmeront ou infirmeront ce qui a été écrit dans ce travail de fin d'étude. Cette multiplication des données permettra aussi d'explorer d'autres aspects et potentialités des prairies permanentes extensives.

BIBLIOGRAPHIE

Agra-Ost. Graminées des prairies : Reconnaissance et détermination au stade jeune. Saint-Vith : Agra-Ost.

Baars, T. « Modern Solutions for Mixed Systems in Organic Farming. » *Mixed Farming Systems in Europe*. Workshop Proceedings, Dronten, The Netherlands, 25-28 May 1998 : 23-29.

---. « Review of Grassland and Fodder Production. » *Organic Farming in the EU, towards 21st Century*. ENOF White Book (1999) : 77-83.

---, and D. Younie. « Grassland and Choices for Sustainability. » *FAO/REUR meeting in La Coruña, Spain*. (1998).

Berner, A. *Einflüsse des Sickersaftes von Kompostmieten auf die Umwelt*. Forschungsinstitut für Biologischen Landbau, Oberwil, 1998.

Bodet, Jean-Marie et al. *Fertiliser avec des engrais de ferme*. Angers : Institut de l'Élevage, 2002.

Boidson, I. et G. L'Homme. « Global Mineral Balance on Diversified Organic Farming Systems : a Way to Assess their Sustainability. » *Resource Use in Organic Farming*. Proceedings of the Third ENOF Workshop; Ancona 5-6 June 1997 : 203-12.

Bureau Européen de l'Environnement. *Le 6ème Programme d'action pour l'environnement de l'Union Européenne - Engagements et obligations juridiquement contraignants*. Bruxelles : BEE, 2002.

Cheneby, D., B. Nicolardot, B. Godden and M. Penninckx. "Mineralization of composted 15 N-Labelled farmyard manure during soil incubations." *Biological Agriculture & Horticulture* 10 (1994) : 255-64.

Commission des Communautés Européennes. *Agriculture, environnement, développement rural : faits et chiffres - Les défis de l'agriculture*. Bruxelles : CCE, 1999.

Commission des Communautés Européennes. *Indicateurs d'intégration des préoccupations environnementales dans la politique agricole commune*. Bruxelles : CCE, 2000.

Commission Européenne. « Agenda 2000 - Renforcer l'Union et préparer l'élargissement. » *Europa*. 1999. CE. 14 mai 2003 <http://europa.eu.int/comm/agenda2000/index_fr.htm#2>.

Commission Européenne, Direction générale de l'agriculture. *Etat d'application du règlement (CEE) NO. 2078/92 – Evaluation des Programmes agri-environnementaux*. Europa. 1998. CE. 18 mai 2003 <http://europa.eu.int/comm/agriculture/envir/programs/evalrep/text_fr.pdf>.

Commission Européenne, Direction générale de l'agriculture. « La Commission propose d'autres réformes de la politique agricole commune (PAC). » *Newsletter* février 2003.

Commission Européenne, Direction générale de l'agriculture. « La Commission publie des études sur les incidences des propositions de réforme de la PAC. » *Newsletter* avril 2003.

Commission Européenne, Direction générale de l'agriculture. « La Révision à mi-parcours de la PAC : vers une agriculture durable. » *Newsletter* juillet/août 2002.

Conseil de Prospective Européenne et Internationale pour l'Agriculture et l'Alimentation. « Réflexions pour l'avenir de la politique agricole commune - Synthèse des travaux du Conseil de Septembre 2002 à Mai 2003. » *Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires Rurales*. 22 juillet 2003
<http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/rapport_copeiaa.pdf>.

Dassonville, Nicolas. *Etude de la qualité environnementale des prairies de la zone humide de Bellone (La Glanerie) et des tournières enherbées implantées dans le Parc Naturel des Plaines de l'Escaut*. Travail de fin d'étude Université Libre de Bruxelles, 2002.

De Langhe, et al. *Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du nord de la France et des régions voisines (Ptéridophytes et Spermatophytes)*. Bruxelles : Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique, 1973.

den Boer, D. J. and A. P. Wouters. "Effects of Available P in Soil and Fertilizer P on Yield and P Content of Herbage." *Grassland and Land Use Systems*. Grassland Sciences in Europe 1 (1996) : 377-81.

Destain, J. P. et al. *Gestion de l'azote en prairie et qualité des eaux*. Comité Nitrates et Agra-Ost, 2000.

Elgersma, A. et al. "Nitrate Leaching under Grass-clover Mixtures." *Grassland and Land Use Systems*. Grassland Sciences in Europe 1 (1996) : 717-21.

ENITA Clermont-Ferrand. "Fiches-Posters plantes des prairies" Présentation PowerPoint. 2003.

European Commission Directorate-General for Agriculture. *Reform of the Common Agricultural Policy: A Long Term Perspective for Sustainable Agriculture. Impact Analysis*. Brussels: European Commission. 2003.

European Environmental Bureau. *Greener Fields: Further Reform of the Common Agriculture Policy*. Brussels : EEB, 2002.

Fagerberg, B. "The Quantitative Effect of Weather on Growth and Nutritional Value of Grass Leys." *Grassland and Land Use Systems*. Grassland Sciences in Europe 1 (1996) : 83-86.

Falkowski, M., I. Kukulka and S. Kozłowski. "Role of Permanent Grasslands in the Protection of Surface and Ground Water Quality." *Grassland and Land Use Systems*. Grassland Sciences in Europe 1 (1996) : 723-26.

Fortune, S. et al. « Optimising P and K Management for Organic Grassland. » *Grassland Farming - Balancing Environmental and Economic Demands*. Grassland Science in Europe 5 (2000) : 511-13.

Frieben, B., and U. Köpke. "Effects of Farming Systems on Biodiversity." *Biodiversity and Land Use: The Role of Organic Farming* Proceedings of the First ENOF Workshop; Bonn 8-9 December 1995 : 11-21.

Gáborcik, N. et al. "Ecological Comparison of Permanent and Temporary Grassland under Different Fertilisation Rate." *Grassland Farming: Balancing Environmental and Economic Demands*. Grassland Science in Europe 5 (2000) : 90-93.

Godden, Bernard. *Agriculture, forêts et environnement*. Notes de cours, Université Libre de Bruxelles, 2002.

---. *Etude du processus de compostage du fumier bovin*. Thèse. Université Libre de Bruxelles, 1986.

---. *Résultats des expérimentations sur le compostage, menée de 1989 à 1991*. Bruxelles : Université Libre de Bruxelles – Unité de Physiologie et Ecologie Microbienne, 1994.

---. « Soil Fertility in Organic Farming. » *Organic Farming in the EU, towards 21st Century*. ENOF White Book (1999) : 45-61.

---, et P. Couplet. *Valorisation des engrais de ferme en Hainaut*. Rapport d'activité de la convention Région Wallonne, 2002.

---, et P. Couplet. *Valorisation des engrais de ferme en Hainaut*. Rapport d'activité de la convention Région Wallonne, 2003.

Godden et al. "N Cycle in soils coming from conventional and organic farms studied with microlysimeters and 15 N labelling techniques." *Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture*. Copenhague: L. Kristensen, 1993.

Goewie, Eric A. "Mixed Farming as a Way to Sustainability." *Mixed Farming Systems in Europe*. Workshop Proceedings, Dronten, The Netherlands, 25-28 May 1998 : 7-10.

Golinski, P. and W. Opitz von Boberfeld. "Effect of Cutting Height on Yield and Herbage Quality of *Lolium perenne*." *Multi-function Grasslands*. Grassland Science in Europe 7 (2002) : 76-77.

Gouvernement wallon. « 8 DECEMBRE 1994. - Arrêté du Gouvernement wallon relatif à l'octroi de subventions agri-environnementales en vue de promouvoir des méthodes de la production agricole compatibles avec les exigences de la protection de l'environnement et l'entretien de l'espace naturel. » *Moniteur Belge* 8 mars 1995 : 5199.

Gouvernement wallon. « 11 MARS 1999. - Arrêté du Gouvernement wallon relatif à l'octroi de subventions agri-environnementales. » *Moniteur Belge* 31 mars 1999 : 10694.

Gouvernement wallon. « 15 DECEMBRE 2000. - Arrêté du Gouvernement wallon modifiant l'arrêté du Gouvernement wallon du 11 mars 1999 relatif à l'octroi de subventions agri-environnementales. » *Moniteur Belge* 10 février 2001 : 3761-70.

Gouvernement wallon. « 12 JUIN 2001. - Arrêté ministériel portant modalités d'application de l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 décembre 2000 modifiant l'arrêté du Gouvernement wallon du 11 mars 1999 relatif à l'octroi de subventions agri-environnementales. » *Moniteur Belge* 10 juillet 2001 : 23760.

Gouvernement wallon. « 6 DECEMBRE 2001. - Décret relatif à la conservation des sites Natura 2000 ainsi que de la faune et de la flore sauvages. » *Moniteur Belge* 22 janvier 2002, 2^{ème} éd. : 2017-29.

Gouvernement wallon. « 10 OCTOBRE 2002. - Arrêté du Gouvernement wallon relatif à la gestion durable de l'azote en agriculture. » *Moniteur Belge* 29 novembre 2002 : 54075-93.

Gouvernement wallon. « Fiche 56 – Agriculture. » *Le Contrat d'avenir pour la Wallonie*. 22 juillet 2003 <<http://gov.wallonie.be/gov/caw/caw.htm#§3D56>>.

Gouvernement wallon. « Fiche 72 – Biodiversité. » *Le Contrat d'avenir pour la Wallonie*. 22 juillet 2003 <<http://gov.wallonie.be/gov/caw/caw.htm#§3F72>>.

Gouvernement wallon. « Fiche 73 – Monde rural. » *Le Contrat d'avenir pour la Wallonie*. 22 juillet 2003 <<http://gov.wallonie.be/gov/caw/caw.htm#§3F73>>.

Hald, A. B. “Species Density Changes in the Vegetation of Low-lying Grassland in Response to Management.” *Grassland Farming: Balancing Environmental and Economic Demands*. Grassland Science in Europe 5 (2000) : 65-67.

Happart, José. “Bilan du Ministre en matière d'agriculture et de ruralité.” *Site officiel du Ministre de l'Agriculture José Happart*. 30 juillet 2003 <http://happart.bugiweb.com/pages/3_11.html>.

Hector, A. et al. « Plant Diversity and Productivity Experiments in European Grasslands. » *Science* 286 (1999) : 1123-27.

Herben, T. and E. Huber-Sanwald. “Effect of Management on Species Richness of Grasslands: Sward-scale Processes Lead to Large-scale Patterns.” *Multi-function Grasslands*. Grassland Science in Europe 7 (2002) : 635-43.

Hervieu, B. “Multi-functionality: a Conceptual Framework for a New Organisation of Research and Development on Grasslands and Livestock Systems.” *Multi-function Grasslands*. Grassland Science in Europe 7 (2002) : 1-2.

Hoffmann, C. C., F. P. Vinther and O. S. Jacobsen. “Nutrient Dynamics in a Meadow Grassland under Contrasting Hydrological Conditions.” *Grassland Farming - Balancing Environmental and Economic Demands*. Grassland Science in Europe 5 (2000) : 427-30.

Hofmann, M. et al. “Management for Biodiversity and Consequences for Grassland Productivity.” *Organic Grassland Farming*. Grassland Science in Europe 6 (2001) : 113-16.

---, and J. Isselstein. “Wildflower Species Establishment in Differently Managed Grass Swards.” *Grassland Farming: Balancing Environmental and Economic Demands*. Grassland Science in Europe 5 (2000) : 25-27.

Hopkins, A. and F. Hrabé. "Organic Grassland Farming and Nature Conservation." *Organic Grassland Farming*. Grassland Science in Europe 6 (2001) : 91-106.

---, and M. Pinto. "Low-input Systems." *Ecological Aspects of Grassland Management*. Grassland Science in Europe 3 (1998) : 197-212.

Ingwersen, B., M. Wachendorf and F. Taube. "Comparison of Yield, Nutritive Value and Botanical Composition of Grazed Swards and Swards cut to Simulate Grazing." *Grassland Farming - Balancing Environmental and Economic Demands*. Grassland Science in Europe 5 (2000) : 452-54.

Janssens, Frédéric. *Restauration des couverts herbacés riches en espèces*. Thèse, Université Catholique de Louvain, 2002.

---, et al. « Relationship between Soil Chemical Factors and Grassland Diversity. » *Plant and Soil* 202 (1998) : 69-78.

---, and A. Peeters. "Methods for the Assessment of a Site Potential in Terms of Plant Diversity." *Ecological Aspects of Grassland Management*. Grassland Science in Europe 3 (1998) : 419-24.

Janssens, Ivan A. et al. "Europe's Terrestrial Biosphere Absorbs 7 to 12% of European Anthropogenic CO₂ Emissions." *Science* 300 (2003) : 1538-42.

Joris, M. et al. « Reduced N-fertilization on Grassland ; Effect on Soil Nitrate Nitrogen before Winter and on Yield and Quality of the Crop. » *Ecological Aspects of Grassland Management*. Grassland Science in Europe 3 (1998) : 533-37.

Kaufman, Peter B. et al. *Plants: Their Biology and Importance*. New York: Harper & Row, 1989.

Kirilov, A. "Estimation of Yield According to Forage Quality." *Grassland Farming: Balancing Environmental and Economic Demands*. Grassland Science in Europe 5 (2000) : 163-65.

Kowarsch, N. et al. "The Effects of Grassland Management and Sward Disturbance on Seedling Emergence and Establishment of Wild Flower Species." *Organic Grassland Farming*. Grassland Science in Europe 6 (2001) : 186-89.

Lughofer, Simone et al. *Protecting Nature in Rural Areas Outside Natura 2000 - The Role of Agriculture*. Brussels : European Environmental Bureau Biodiversity Working Group, 2003.

Luxen, Pierre et al. *Les Livrets de l'agriculture 3 : Le Compostage des fumiers, une technique de valorisation des matières organiques en agriculture*. Jambes : Direction générale de l'agriculture, 2002.

Mac Naeidhe, F. S. "Nutrient Budgeting for Forage Production Using Farmyard Manure in an Organic Livestock System in Ireland." *Resource Use in Organic Farming Proceedings of the Third ENOF Workshop; Ancona 5-6 June 1997* : 167-73.

Marriott, C. A. and G. R. Bolton. "Changes in Species Composition of Ungrazed, Unfertilized Swards after Imposing Seasonal Cutting Treatments." *Ecological Aspects of Grassland Management*. Grassland Science in Europe 3 (1998) : 465-68.

Martens, P. *Eléments de botanique*. Louvain : Université Catholique de Louvain, 1956.

Martyniak, L. "The Yield and Quality of the Grassland Depending on the Water Table Depth." *Ecological Aspects of Grassland Management*. Grassland Science in Europe 3 (1998) : 99-101.

---, E. Szymczak and W. Ziája. "The Effect of Level of Ground Water on the Botanical Composition of Meadow and Pasture Swards." *Grassland and Land Use Systems*. Grassland Sciences in Europe 1 (1996) : 789-92.

Mazoyer, Marcel et Laurence Roudart. *Histoire des agricultures du monde*. Paris : Seuil, 2002.

Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale de l'Agriculture. « Agriculture et surfaces herbagères. » *Les Cahiers de l'agriculture* juillet 2002.

Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement. *Etat de l'environnement wallon 2000 – L'environnement wallon à l'aube du XXIe siècle*. Namur : Min. de la Région Wallonne, 2000.

Nielsen, A.L., K. Deboz and H. H. Schierup. "Extensive Grassland Systems: N-mineralisation, Productivity and Biodiversity." *Ecological Aspects of Grassland Management*. Grassland Science in Europe 3 (1998) : 315-18.

Nösberger, J. and M. Rodriguez. "Increasing Biodiversity through Management." *Grassland and Land Use Systems*. Grassland Sciences in Europe 1 (1996) : 949-56.

Olf, Han and Mark E. Ritchie. "Effects of Herbivores on Grassland Plant Diversity." *Tree* 13.7 (1998) : 261-65.

Opitz von Boberfeld, W., H. Schroeder and H. Laser. "The Effect of Cutting Date on Herbage Quality in Extensive Grassland Systems." *Grassland Farming - Balancing Environmental and Economic Demands*. Grassland Science in Europe 5 (2000) : 170-72.

Oprea, G. and V. Cardasol. "Productivity and Quality of some Simple Grass/Legume Mixtures during Different Growth Periods." *Multi-function Grasslands*. Grassland Science in Europe 7 (2002) : 148-49.

Organisation de Coopération et de Développement Economique. *Indicateurs environnementaux pour l'agriculture: Méthodes et résultats Volume3*. Paris : OCDE, 2001.

Organisation de Coopération et de Développement Economique. *Réunion d'experts de l'OCDE sur les indicateurs de biodiversité agricole – Résumé et recommandations*. Paris : OCDE, 2001. < <http://www1.oecd.org/agr/biodiversity/index.htm>>.

Parente, G. « Grassland and Land Use Systems. » *Grassland and Land Use Systems*. Grassland Sciences in Europe 1 (1996) : 23-34.

Pau Vall, Maria et Claude Vidal. « L'Azote en Agriculture. » *Europa*. Commission Européenne. 12 mai 2003
<http://europa.eu.int/comm/agriculture/envir/report/fr/nitro_fr/report.htm>.

Peeters, A. « Species Rich Grasslands : Diagnostics, Restauration and use in Intensive Livestock Production Systems. » *Ecological Aspects of Grassland Management*. Grassland Science in Europe 3 (1998) : 375-82.

Petit Larousse. Paris : Larousse, 1999.

Primdhahl, J. et al. « Environmental Effects of Agri-environmental Schemes in Western Europe. » *Journal of Environmental Management* 67 (2003) : 129-38.

Rabbinge, R. and H. C. Van Latesteijn. "Sustainability, Risk Perception and the Perspectives of Mixed Farming Systems." *Mixed Farming Systems in Europe*. Workshop Proceedings, Dronten, The Netherlands, 25-28 May 1998 : 3-10.

Razec, I. et al. "Feeding Value Evolution of Herbage According to Growth Stages in Grass-clover Mixtures." *Multi-function Grasslands*. Grassland Science in Europe 7 (2002) : 152-53.

Razec, M. et al. « Yield and Quality Forage Improvement by N-use Efficiency in Grass-clover Sward. » *Multi-function Grasslands*. Grassland Science in Europe 7 (2002) : 154-55.

Service Romand de Vulgarisation Agricole, et Landwirtschaftliche Beratungszentrale. *Qualité écologique : Clé d'appréciation*.

Steinshamm, H., F. Gronmyr and H. Tveit. "Seasonal Changes in Botanical Composition of an Organically Managed Pasture." *Organic Grassland Farming*. Grassland Science in Europe 6 (2001) : 161-63.

Stilmant, D. "Impact of Soil Occupation and Agricultural Systems on Ground Water Quality in Wallonie." *Multi-function Grasslands*. Grassland Science in Europe 7 (2002) : 1110-11.

---, et al. "Améliorer la gestion de l'azote dans les exploitations herbagères." *Gestion de l'azote en prairie et qualité des eaux*. Comité Nitrates et Agra-Ost (2000) : 33-44.

Streeter, Tania C., Rosalind F. King and Ben Raymond. "Organic Nitrogen in Soil Water from Grassland under Different Land Management Strategies in the United Kingdom – a Neglected N Load to Upland Lakes?" *Agriculture, Ecosystems and Environment* 96 (2003) : 155-60.

Stypinski, P. "The Variability of Meadow Yields Due to Climatic Factors on the Basis of 15 Years of Field Studies." *Ecological Aspects of Grassland Management*. Grassland Science in Europe 3 (1998) : 17-20.

Todorova, P. A. and A. P. Kirilov. "Changes in the Permanent Grassland Composition and Feeding Value During the Growing Season." *Multi-function Grasslands*. Grassland Science in Europe 7 (2002) : 170-71.

Toussaint, Bernard. *La Prairie de Fauche*. Notes de cours, Office de Promotion Agricole de la Province de Luxembourg, 1992.

van der Burgt, G. J. and T. Baars. "Manure Effects on Soil Fertility and Earthworm Populations in Organic Grass/Clover Swards on Sandy Soils." *Organic Grassland Farming*. Grassland Science in Europe 6 (2001) : 281-83.

Vandiepenbeeck, M. *Bilan climatologique Hiver 2003*. 11 mars 2003. Institut royal météorologique de Belgique. 30 juillet 2003
<http://www.meteo.be/français/pages/Klimatologisch/season_hiv_fr.htm>.

Vandiepenbeeck, M. *Bilan climatologique Printemps 2003*. 2 juin 2003. Institut royal météorologique de Belgique. 30 juillet 2003
<http://www.meteo.be/français/pages/Klimatologisch/season_pri_fr.htm>.

Vandiepenbeeck, M. *Résumé climatologique de l'année 2002*. 1 janvier 2003. Institut royal météorologique de Belgique. 30 juillet 2003
<http://www.meteo.be/français/pages/Klimatologisch/bil2002_fr.htm>.

Verbruggen, I., L. Carlier and E. Van Bockstaele. "Nutrient Budgets of Different Types of Dairy Farms in Belgium." *Grassland and Land Use Systems*. Grassland Sciences in Europe 1 (1996) : 863-66.

White, Todd A., David J. Barker and Kenneth J. Moore. "Vegetation Diversity, Growth, Quality and Decomposition in Managed Grasslands." *Agriculture, Ecosystems and Environment* in press (2003).

Wilkins, R. J. and T. Vidrih. "Grassland for 2000 and Beyond." *Grassland Farming: Balancing Environmental and Economic Demands*. Grassland Science in Europe 5 (2000) : 9-17.

Wyss, U. and Y. Arrigo. "Influence of the Intensity of Grassland Management on Dry Matter Yield, Botanical Composition, and Nutrient Contents." *Multi-function Grasslands*. Grassland Science in Europe 7 (2002) : 492-93.

Younie, D. and J. Hermansen. "The Role of Grassland in Organic Livestock Farming." *Grassland Farming - Balancing Environmental and Economic Demands*. Grassland Science in Europe 5 (2000) : 493-509.

ANNEXES