

Effets de la dynamique des pratiques culturales lors de la conversion à l'Agriculture Biologique sur la végétation des prairies permanentes

E. Gaujour¹, B. Amiaud², J.-L. Fiorelli¹, C. Mignolet¹, X. Coquil¹

¹ : INRA-SAD, 662 avenue Louis Buffet, 88500 Mirecourt

² : UMR Nancy-Université- INRA Agronomie et Environnement Nancy-Colmar, 2 avenue de la forêt de Haye, 54505 Vandoeuvre-lès-Nancy

Correspondance : gaujour@mirecourt.inra.fr

Les agrobiologistes peuvent utiliser les services agronomiques de la biodiversité pour augmenter et/ou sécuriser leur production agricole. Ce sont les prairies permanentes qui disposent généralement de la plus forte biodiversité dans les territoires agricoles grâce à une plus forte diversité végétale, base des réseaux trophiques terrestres. La diversité végétale des prairies permanentes constitue donc une ressource à préserver en Agriculture Biologique en adaptant les pratiques mises en œuvre.

Résumé :

L'objectif de cette étude est de déterminer l'impact de pratiques agricoles lors de la conversion à l'AB sur la composition de la végétation herbacée prairiale, en considérant les pratiques passées de ces parcelles. Les conséquences des pratiques sont évaluées à partir des caractéristiques taxonomiques (richesse, diversité et équitabilité spécifiques), fonctionnelle (richesse en attributs de propriétés fonctionnelles pour chaque propriété) et agronomique (valeur pastorale) de la végétation. Une typologie des prairies basée sur les pratiques mises en œuvre durant six ans (5 avant le début de conversion et 1 après) nous a permis d'établir 3 classes : l'une contenant des parcelles subissant généralement deux fauches annuelles, l'autre des parcelles avec une forte intensité de pâturage et la dernière contenant des parcelles avec des pratiques diversifiées. Nous montrons dans ce travail que les parcelles fauchées et peu fertilisées ont une richesse spécifique supérieure aux autres (23,2 et 16,9 et 17 espèces respectivement), mais une valeur pastorale plus faible (45,9 et 66,8 et 68,6 respectivement). Ces parcelles fauchées ont également une diversité fonctionnelle supérieure aux autres pour deux propriétés étudiées : mode de dispersion des semences et stratégie d'établissement selon Grime. Les parcelles avec des pratiques diversifiées ont une végétation fonctionnellement plus diversifiée. Enfin, les pratiques n'expliquent pas seules les différences de végétation. Nous supposons que la dynamique de végétation suite à la conversion à l'AB est juste initiée, et que les caractéristiques paysagères agissent également sur la composition taxonomique et fonctionnelle de la matrice prairiale.

Mots clés : analyse de co-inertie, diversité fonctionnelle, mesures agro-environnementales, plaine des Vosges, typologie de prairies permanentes

Abstract: Effects of cropping practice dynamics on permanent grassland vegetation during the conversion to organic farming

The aim of this work was to identify the impact of farming practices on permanent grassland vegetation during the conversion from conventional to organic farming. We considered functional and species diversities in order to compare the different grassland categories based on the farming practices used over a period of six years - five years before conversion and one year after. We identified three categories of grasslands: those generally cut twice a year, those intensely grazed, and those that were used under diversified practices. We showed that grasslands characterised by cutting and low fertilization level have the highest species richness compared to the other two categories (23.2, 16.9

and 17 species, respectively), and the lowest pastoral index (45.9, 66.8 and 68.6, respectively). These cut paddocks also presented the highest functional diversity (i.e., richness of functional property attributes) for two of the properties studied: means of dispersal and establishment strategy as defined by Grime. Grasslands with diversified practices (grazing, cutting and nitrogen supply) were not characterised by any single or combined functional property attribute, to the contrary of the two other categories. Finally, farming practices alone do not explain all of the differences in vegetation. We therefore hypothesize that, first, the dynamics of permanent grassland vegetation following conversion to organic farming is only initiated by agricultural practices and, second, other key factors such as landscape characteristics affect these dynamics.

Keywords: co-inertia analysis; functional diversity; agro-environmental schemes; Vosges plain; permanent grassland typology.

Introduction

Les prairies permanentes, de par leur diversité végétale élevée, contiennent une biodiversité relativement importante en comparaison des autres parcelles d'un territoire agricole (Gibon, 2005 ; Reidsma *et al.*, 2006). Grâce aux fonctions agronomiques de la biodiversité (Clergué *et al.*, 2005), telle que l'amélioration de la qualité des fourrages, l'agrobiologiste peut accroître son autonomie en améliorant la ressource qu'est la diversité végétale de ses prairies. Les impacts des pratiques agricoles, en place depuis longtemps, sont maintenant bien connus. Cependant, il est encore difficile de trouver des informations concernant la durée qui sépare un bouleversement des pratiques, telle que la conversion à l'AB, et la manifestation de ces changements sur la végétation. Ces connaissances sont indispensables pour conseiller l'agrobiologiste désireux d'améliorer cette ressource en adaptant ses pratiques de gestion.

L'objectif de ce travail est de déterminer l'impact de pratiques agricoles lors de la conversion à l'AB sur la composition de la végétation prairiale, en considérant à la fois les pratiques antérieures et postérieures à la conversion. Nous nous attacherons à identifier les impacts sur la composition taxonomique et fonctionnelle de cette végétation. Nous identifierons aussi quel impact peut avoir un tel changement de pratiques sur la valeur pastorale des prairies permanentes. Nous conduirons cet objectif en construisant une typologie des prairies étudiées basée sur les pratiques mises en œuvre durant six années d'exploitation. Nous faisons l'hypothèse que les parcelles ayant subi des pratiques spécifiques de façon intensive, par opposition aux parcelles subissant des pratiques diversifiées, peu intensives, présentent une richesse spécifique et une diversité fonctionnelle faibles, du fait de pressions de sélection plus importantes.

1. Matériel et méthodes

1.1. Site d'étude

Nous avons conduit ce travail sur l'Installation Expérimentale INRA de Mirecourt dans la plaine des Vosges (88). C'est une exploitation de bovins laitiers ayant débuté sa conversion à l'Agriculture Biologique en octobre 2004. Elle dispose depuis cette conversion de deux systèmes de production agricole : un système herbager et un système de polyculture élevage (Coquil *et al.*, 2008). Nous n'avons considéré dans ce travail que certaines prairies permanentes du système herbager dont la conduite vise à maximiser l'herbe au pâturage tout en assurant la constitution d'un stock de fourrage séché pour l'alimentation hivernale des vaches laitières et des génisses de remplacement.

1.2. Typologie des prairies permanentes

Nous avons construit une typologie de 18 prairies permanentes à partir des pratiques qui ont été mises en œuvre durant 6 années consécutives : de 2000 à 2005 inclus. Nous avons considéré les pratiques suivantes, pour chacune des années : nombre de fauches, intensité du pâturage, apports d'azote minéral (avant conversion), apports d'azote organique. Nous n'avons pas souhaité intégrer d'éléments plus précis dans cette typologie (tels que les dates de réalisation de ces pratiques par exemple) car nous faisons l'hypothèse que ces pratiques agricoles sont gérées en fonction de l'état de la végétation et des conditions météorologiques et que par conséquent l'intégration d'informations plus précises nuirait à la typologie du fait de corrélations importantes entre variables.

Nous avons réalisé cette typologie grâce à une Analyse en Composantes Principales suivie d'une Classification Ascendante Hiérarchique. Nous avons ainsi défini 3 classes : une classe "F" (n=4) qui comprend des prairies fréquemment fauchées plusieurs fois par an (de 1 à 3 fois selon les parcelles et l'année) et peu fertilisées, une classe "P" (n=9) contenant les parcelles dont l'intensité du pâturage est la plus élevée, et enfin une classe "N" (n=5) contenant des parcelles soumises à une diversité de pratiques plus large avec des intensités intermédiaires. Cette brève description des classes est issue de la typologie et est basée sur les pratiques distinguant les différentes classes. Il existe cependant dans la classe (F) des prairies faiblement pâturées et recevant des apports d'azote. De la même façon, la classe (P) contient des parcelles parfois fauchées et/ou recevant de l'azote (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques moyennes des 3 classes identifiées dans la typologie.

| | Fauche | N _{org} (U) | N _{min} (U) | Chargement (UGB.jr/ha) |
|----------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| Classe F | 1.3 | 41.4 | 36 | 103.8 |
| Classe N | 1.1 | 66.7 | 118.6 | 302.3 |
| Classe P | 0.1 | 2.3 | 92.3 | 328.2 |

1.3. Echantillonnage de la végétation

Nous avons échantillonné au début du printemps 2006 la végétation des 18 prairies permanentes par la méthode des quadrats. Nous avons évalué visuellement l'abondance, en termes de recouvrement, de chacune des espèces herbacées contenues dans un quadrat de 0,25 m² (1 x 0,25 m). Nous avons relevé la végétation de 10 quadrats dans 18 plots de 25 m² (10 x 2,5m). Chaque parcelle étudiée disposait en son centre d'un plot englobant les 10 quadrats.

1.4. Propriétés fonctionnelles

Pour établir la caractérisation fonctionnelle de la végétation des prairies permanentes, nous avons retenu 7 propriétés fonctionnelles (avec chacune x attributs) liées d'une part à la dissémination des espèces, et d'autre part à leur établissement et leur survie (Annexe 1).

1.5. Analyses statistiques

1.5.1. Comparaisons taxonomiques

Nous avons comparé les richesses spécifiques, les diversités spécifiques de Shannon et les équitabilités de Shannon, calculées par plot, entre les 3 classes de prairies par un test non paramétrique de Kruskal-Wallis (effectif faible de chacune des classes).

1.5.2. Comparaison des valeurs pastorales

La valeur pastorale est calculée à partir de la somme des valeurs fourragères des espèces présentes (Daget et Poissonet, 1971), pondérées par les abondances de ces espèces. La valeur fourragère reflète majoritairement le rendement de la plante, et, dans une moindre mesure, sa valeur alimentaire. Les valeurs pastorales moyennes par classe ont été comparées par un test de Kruskal-Wallis.

1.5.3. Similitude de la végétation

Nous avons comparé qualitativement la composition spécifique des différentes classes grâce au calcul de l'indice de similitude de Sorensen (I_s) :

$$I_s = 2c/(a+b)$$

où c est le nombre d'espèces communes entre 2 classes et a et b sont les nombres d'espèces identifiées dans chacune des 2 classes comparées.

Compte tenu des différences possibles de richesse spécifique entre les classes, nous avons calculé des indices de Sorensen maxima (I_{smax}) correspondant au cas où toutes les espèces présentes dans la classe la plus pauvre en espèce étaient présentes dans l'autre classe. La comparaison entre I_{smax} et I_s nous indique quel est le degré de différence entre la végétation des deux classes étudiées.

1.5.4. Comparaison fonctionnelle

Nous avons comparé pour chacune des propriétés fonctionnelles la richesse d'attributs moyenne par classe. Nous avons effectué un test de Kruskal-Wallis pour comparer ces moyennes.

1.5.5. Caractérisations fonctionnelles de la végétation

Pour savoir si chacune des végétations des trois classes de parcelles est caractérisée par des attributs de propriétés fonctionnelles, et si oui, lesquels, nous avons réalisé une analyse de co-inertie. Nous avons réalisé cette analyse à partir du tableau [espèces x plots] en abondance, et du tableau [espèces x attributs de propriétés fonctionnelles]. Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel R grâce à la fonction *coinertia* du package "ade4".

2. Résultats

2.1. Comparaisons taxonomiques

Nous montrons que la classe F est significativement plus riche en espèces que les deux autres ($p=0,028$) (Figure 1). Les parcelles caractérisées par une pression de fauche importante et de très faibles apports d' N_{min} contiennent plus d'espèces herbacées que les prairies permanentes des autres classes ne subissant pas ou peu de fauches mais des apports d' N_{min} importants avant conversion (23,3 espèces, 17,0 espèces et 16,9 espèces en moyenne respectivement pour les classes F, N et P). Nous avons dans cette classe F une gamme de variation des pratiques relativement large puisque l'une n'a été que fauchée, deux ont été faiblement pâturées et amendées en azote et la dernière a reçu des apports faibles en azote et un très faible chargement animal. Cette gamme de variation de pratiques ne semble pas entraîner dans cette classe des richesses spécifiques très différentes (min=22 ; max=25).

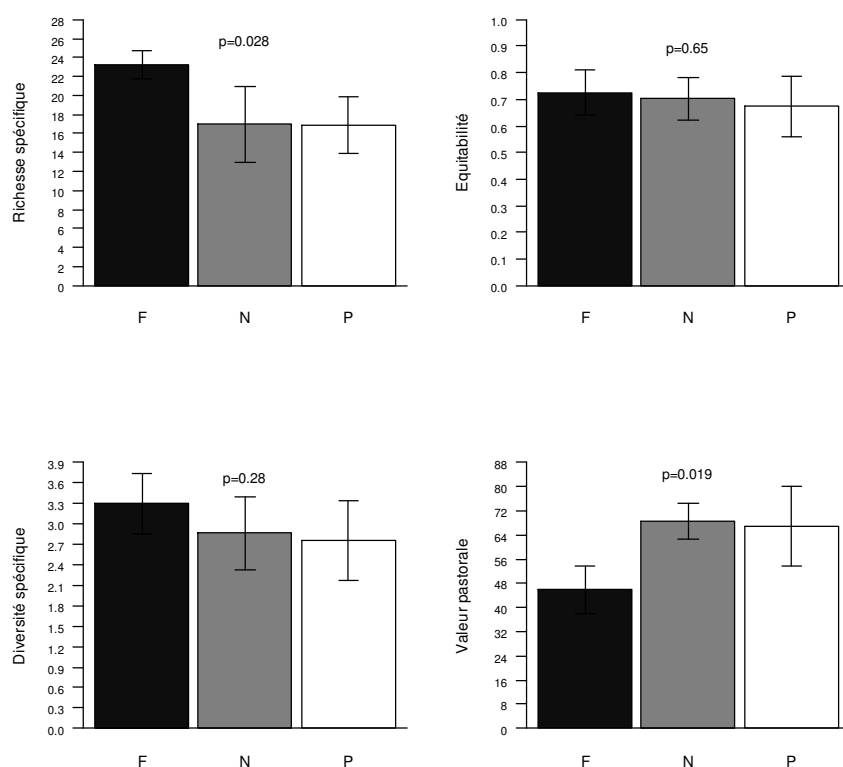


Figure 1 : Comparaisons entre les 3 classes de parcelles (F, N et P) des moyennes de la richesse spécifique, de la diversité spécifique, de l'équitabilité et de la valeur pastorale par plot, avec les écart-types associés aux moyennes et les probabilités relatives au test de Kruskal-Wallis

2.2. Comparaison des valeurs pastorales

La comparaison (Figure 1) montre que les parcelles de la classe F ont en moyenne une valeur pastorale significativement plus faible que les parcelles des autres classes ($p=0,019$ - 45,69 et 67 respectivement pour les classes F, N et P). Les parcelles constituant la classe F sont donc des prairies avec une faible valeur pastorale avec des rendements plus faibles, à la fois en termes de quantité et de qualité des fourrages produits, malgré une richesse spécifique importante.

2.3. Similitude de la végétation

Les indices de Sorensen (Tableau 2) montrent que la composition spécifique des végétations des 3 classes diffère. Elle diffère d'autant plus que la comparaison est faite avec la classe F qui a la richesse spécifique la plus élevée. Nous mettons également en évidence que la composition spécifique est plus différente entre F et P qu'entre les 2 autres couples possibles dans lesquels se trouve la classe N, qui contient des parcelles avec des pratiques d'intensités intermédiaires entre F et P. Il semble donc qu'il y ait une végétation plus différente entre les parcelles des classes "extrêmes" (F et P) qu'entre les deux autres couples possibles (F-N et P-N).

Tableau 2 : Indices de similitude de Sorensen (observés et maximum) calculés pour les combinaisons entre les trois classes de prairies permanentes.

| | $I_{\text{observé}}$ | I_{Smax} |
|--------------|----------------------|-------------------|
| $I_{S(N-F)}$ | 0,725 | 0,875 |
| $I_{S(N-P)}$ | 0,767 | 0,959 |
| $I_{S(F-P)}$ | 0,699 | 0,916 |

2.4. Comparaisons fonctionnelles

Les analyses réalisées montrent une différence significative entre les richesses moyennes par plot (diversité d'attributs) entre les trois classes de prairies définies pour deux propriétés fonctionnelles de la végétation : le mode de dissémination des semences ($p=0,039$) et, dans une moindre mesure, la stratégie d'établissement ($p=0,06$) (Figure 2). Cette différence est en faveur des parcelles fauchées plusieurs fois par an. Les cinq autres propriétés fonctionnelles ne montrent pas de différence statistiquement significative entre les trois classes, même si pour la plupart des propriétés la tendance est en faveur des parcelles de la classe F.

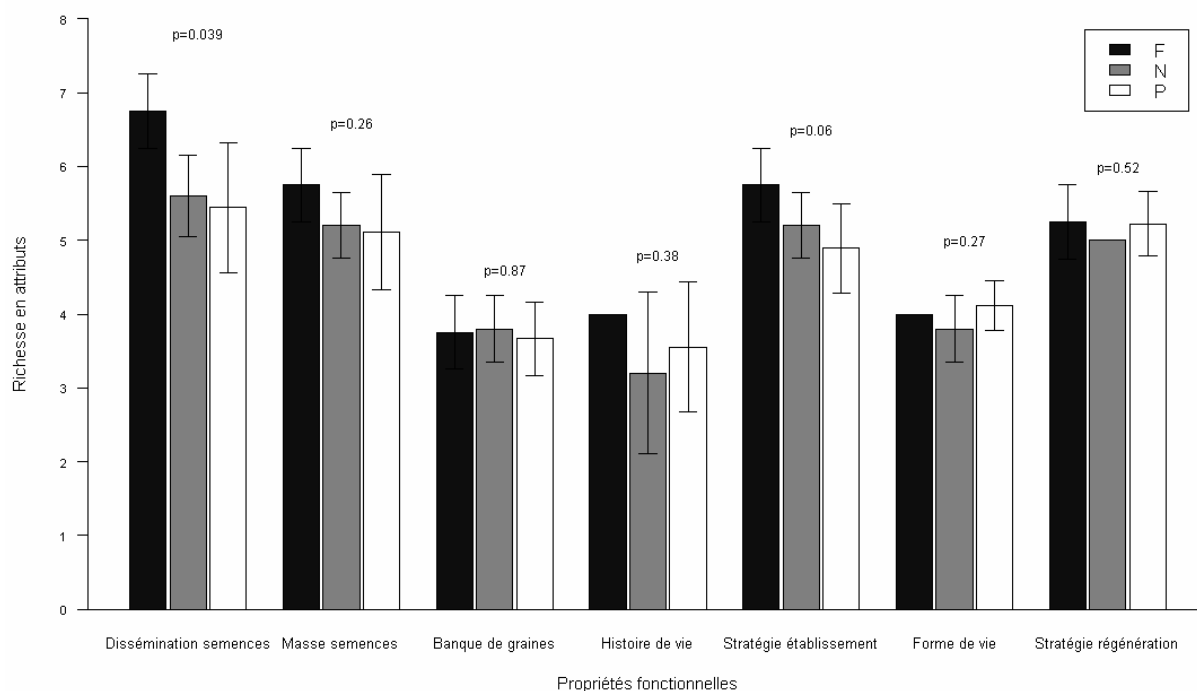


Figure 2 : Comparaisons des richesses d'attributs moyennes par plot pour chacune des propriétés fonctionnelles retenues (Dissémination des semences, Masse des semences, Banque de graines, Histoire de vie, Stratégie d'établissement, Forme de vie, Stratégie de régénération), avec les écart-types et probabilités associées au test de Kruskal-Wallis.

2.5. Caractérisation fonctionnelle

L'analyse de co-inertie (Figure 3) montre que trois des quatre parcelles de la classe F sont caractérisées par des espèces ayant une stratégie de régénération (w) basée sur une large dispersion d'un très grand nombre de semences. De la même façon, quatre des parcelles de la classe P sont caractérisées par des espèces chamæphytes (forme de vie). Par contre, l'analyse montre que les parcelles de la classe N, aux pratiques diversifiées, sont distribuées tout au long de l'axe des ordonnées, ce qui indique qu'il n'y a pas pour la végétation de cette classe d'attributs de propriétés fonctionnelles caractéristiques. La diversité en attributs est telle qu'aucun ne prédomine par rapport aux autres dans cette classe. Nous attribuons ce résultat à la plus grande diversité des pratiques mises en œuvre.

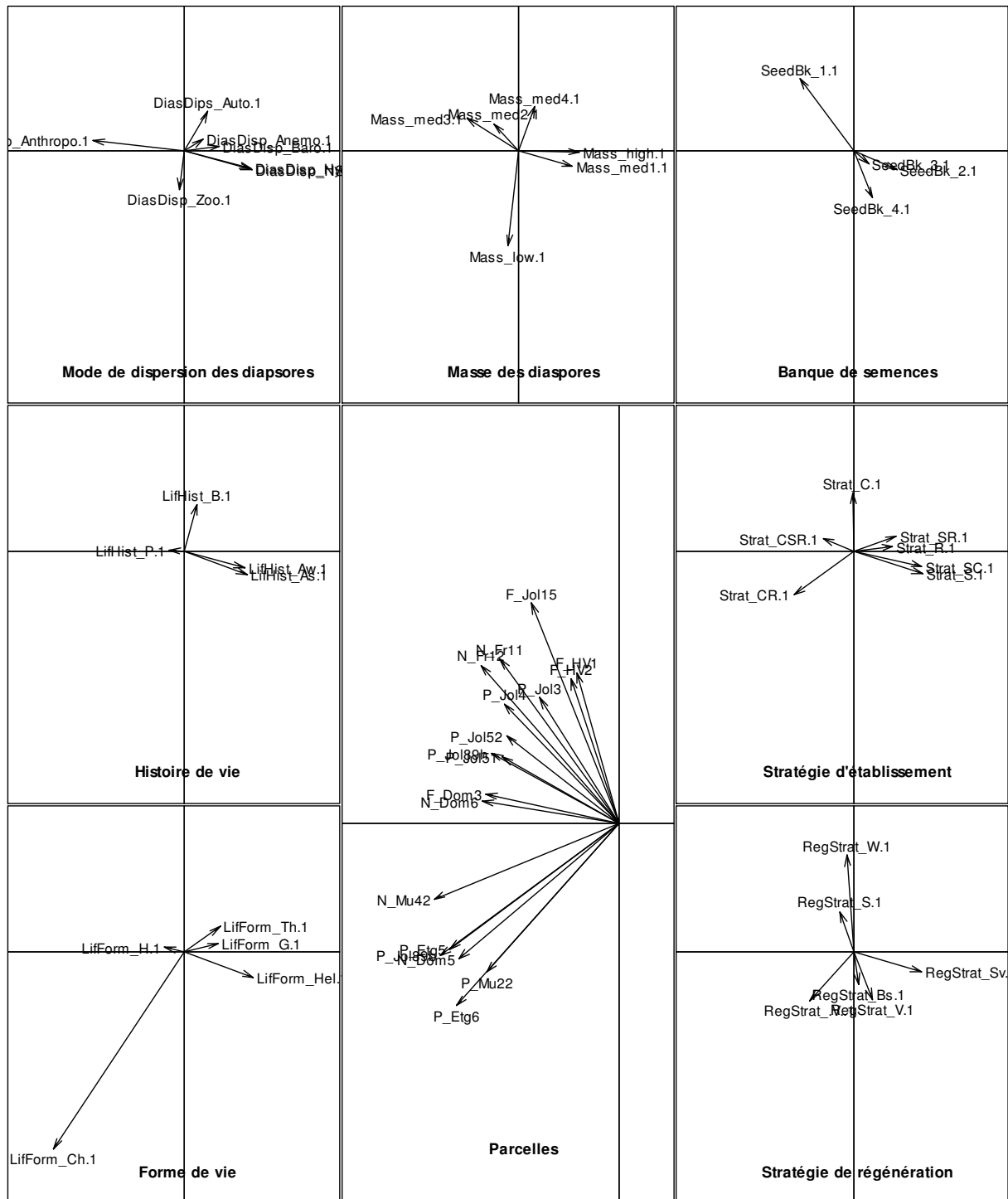


Figure 3 : Résultats graphiques de l'analyse de co-inertie : position des parcelles - le nom étant précédé de la classe- et des attributs sur le premier plan factoriel de l'analyse.

Discussion - Conclusion

Il apparaît qu'à diversité spécifique et équitabilité égales, la richesse spécifique est supérieure lorsque les pratiques de fauches sont répétées et les apports d' N_{min} faibles en comparaison de pratiques diversifiées ou d'un pâturage avec des chargements importants. Nous vérifions donc dans le cas de l'installation expérimentale de Mirecourt que l'effet négatif des apports de N_{min} , relaté amplement dans la littérature (Hansen *et al.*, 2001), perdure malgré la conversion à l'agriculture biologique. A l'inverse, la composition floristique des parcelles fauchées et peu amendées entraîne les valeurs pastorales les plus

faibles, c'est-à-dire des rendements faibles, en termes de production de biomasse et de valeur alimentaire. Les fauches répétées et les faibles apports d' N_{\min} apparaissent donc ici comme favorables à la composante environnementale ou écologique de la parcelle mais nuisent à sa production, en comparaison avec les autres classes de prairies étudiées.

Notre hypothèse initiale sur la relation positive entre la diversité des pratiques et la diversité fonctionnelle se vérifie ici puisque la caractérisation de la classe N ne peut être faite idéalement par un ou quelques attributs de propriétés fonctionnelles, contrairement aux deux autres classes où des parcelles présentent une végétation avec un ou deux attributs spécifiques. Cependant, les parcelles soumises à des pratiques diversifiées n'ont pas des richesses en attributs supérieures aux autres, la tendance étant même en faveur des parcelles de la classe F pour l'ensemble des propriétés fonctionnelles retenues.

Nous avons mis en évidence la différence de composition spécifique de la matrice prairiale entre les trois classes, mais nos analyses visant à relier cette différence de végétation à une différence de pratiques agricoles mises en œuvre avant et pendant la conversion à l'AB indiquent que les pratiques ne sont pas les seuls déterminants de la végétation prairiale. Nous faisons l'hypothèse que les caractéristiques paysagères, telles que l'hétérogénéité, la fragmentation et la connectivité des habitats, ont aussi un rôle déterminant dans la sélection des espèces végétales (Joshi *et al.*, 2006), comme les conditions d'habitat, telles que les caractéristiques pédo-climatiques. Enfin, la végétation prairiale a une certaine inertie vis-à-vis des changements de pratiques, notamment la conversion à l'AB (Bakker et ter Heerdt, 2005). Il est donc nécessaire de caractériser la végétation plusieurs années après le changement de pratiques (Bakker et ter Heerdt, 2005), et ces nouvelles pratiques doivent être relativement homogènes chaque année sur chacune des parcelles. Nous supposons que les changements de la végétation induits par la conversion à l'agriculture biologique étaient encore en cours en 2006. Il est donc nécessaire de prendre en compte les pratiques agricoles AB sur une plus longue période que celle considérée ici pour évaluer l'impact de la conversion sur la composition de la végétation prairiale, tout en vérifiant le rôle joué par la structuration de la mosaïque paysagère sur la dissémination des espèces prairiales.

Références bibliographiques:

- Bakker J.P., ter Heerdt G.N., 2005. Organic grassland farming in the Netherlands : a case study of effects on vegetation dynamics. *Basic and Applied Ecology* 6, 205-214.
- Clergué B., Amiaud B., Pervanchon F., Lasserre-Joulin F., Plantureux S., 2005. Biodiversity: function and assessment in agricultural areas. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 25, 1-15.
- Coquil X., Fiorelli J-L., Mignolet C., Blouet A., Foissy D., Trommenschlager J-M., Bazard C., Gaujour E., Gouttenoire L., Schrack, 2009. Evaluation multicritères de la durabilité agro-environnementale de systèmes de polyculture élevage laitiers biologiques. *Innovations Agronomiques* 4, 239-247.
- Daget P., Poissonet J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Annales Agronomiques* 22, 5-41.
- Gibon A., 2005. Managing grassland for production, the environment and the landscape. Challenges at the farm and the landscape level. *Livestock Production Science* 96, 11-31.
- Grime J.P., Hodgson J.G., Hunt R., 2007. Comparative plant ecology-A functional approach to common British species. Chapman & Hall Editions, Ipswich, Suffolk, 752 p.
- Hansen B., Alroe H.F., Kristensen E.S., 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 83, 11-26.
- Joshi J., Stoll P., Rusterholz H.-P., Schmid B., Dolt C., Baur B., 2006. Small-scale experimental habitat fragmentation reduces colonization rates in species-rich grasslands. *Oecologia* 148, 144-152.

Reidsma P., Tekelenburg T., Berg M.v.d., Alkemade R., 2006. Impacts of land-use change on biodiversity: an assessment of agricultural biodiversity in the European Union. *Agriculture Ecosystems and Environment* 114, 86-102.

Annexe 1

Description des différents attributs du tableau 2, d'après Grime *et al.*, 2007

| Mode de dispersion des diaspores | Masse des diaspores | Histoire de vie | Stratégie d'établissement | Forme de vie (Raunkiaer) | Stratégie de régénération | Banque de semences |
|----------------------------------|---------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|
| Zoochorous | Mass_low | LifHist_P | Strat_CSR | Hemicryptophyte | RegStrat_V | SeedBk_1 |
| Anemochorous | Mass_med1 | LifHist_M | Strat_C | Therophyte | RegStrat_S | SeedBk_2 |
| Autochorous | Mass_med2 | LifHist_Aw | Strat_S | Chamaephyte | RegStrat_Bs | SeedBk_3 |
| Barochorous | Mass_med3 | LifHist_As | Strat_R | Geophyte | RegStrat_Sv | SeedBk_4 |
| Anthropochorous | Mass_med4 | LifHist_B | Strat_SC | Phanerophyte | RegStrat_(V) | |
| Hydrochorous | Mass_high | | Strat_SR | Helophyte | RegStrat_W | |
| Myrmechorous | | | Strat_CR | | | |
| Unspecified | | | | | | |

Mass_low =< 0.2 mg

Mass_med1 = 0.21-0.5 mg

Mass_med2 = 0.51-1.00 mg

Mass_med3 = 1.01-2.00 mg

Mass_med4 = 2.01-10.0 mg

Mass_high => 10.00 mg

LifHist_As = Annuelle d'été

LifHist_Aw = Annuelle d'hiver

LifHist_B = Généralement biannuelle

LifHist_M = Pérenne monocarpique

LifHist_P = Pérenne monocarpique

RegStrat_V = Dispersion latérale végétative

RegStrat_S = Régénération saisonnière par semences

RegStrat_Bs = Banque persistante de semences enfouies

RegStrat_Sv = Régénération saisonnière par moyens végétatifs

RegStrat_(V) = Cas intermédiaire à Sv et V

RegStrat_W = Régénération par une importante dissémination de semences

SeedBk_1 = La plupart des semences germe rapidement après dissémination

SeedBk_2 = La plupart des semences persiste jusqu'à la saison suivante

SeedBk_3 = Une faible part des semences persiste dans le sol mais la densité de semences dans le sol n'est forte que durant une courte période après dissémination

SeedBk_4 = Les semences constituent une importante banque dans le sol persistante sur plusieurs années