

Expliquer la végétation des prairies et des champs cultivés : l'importance de la dynamique des pratiques agricoles et de la mosaïque paysagère

E. Gaujour^{1,2,3}, C. Mignolet¹, S. Plantureux², B. Amiaud²

La diversité végétale des prairies et des parcelles cultivées est déterminée à la fois par les pratiques agricoles et les caractéristiques de la mosaïque paysagère. En caractérisant la dynamique des pratiques agricoles et du paysage sur une durée de 9 ans, sous forme de trajectoires de parcelles, cette étude permet d'évaluer l'influence respective des différentes variables.

RÉSUMÉ

La diversité floristique est ici caractérisée par une double approche taxonomique et fonctionnelle, dans les conditions d'un territoire de polyculture élevage lorrain. Cette étude souligne que la prise en compte des pratiques de l'année précédente semble avoir un effet plus déterminant qu'une prise en compte à long terme mais que, en revanche, il est nécessaire de considérer la trajectoire des parcelles selon le paysage sur le long terme et de caractériser la végétation par une approche fonctionnelle. Ce travail devrait permettre d'améliorer les modèles prévisionnels de la dynamique de la végétation en intégrant plus de facteurs influents et d'améliorer la compréhension des processus écologiques impliqués.

SUMMARY

Explaining grassland and cultivated land vegetation: relevance of the dynamics of agricultural practices and landscape mosaic

The diversity of grassland and cultivated land vegetation is determined by both agricultural practices and landscape mosaic characteristics. This study, based on a characterization of agricultural practices and surrounding landscape dynamics over a period of 9 years in the form of 'parcel trajectories', evaluates their respective impact in the case of a mixed crop-livestock experimental farm in Lorraine. Floristic diversity is characterized based on a dual taxonomic and functional approach. This study shows that taking into consideration practices over the previous year seems to be more effective than a long-term approach. However, it is essential in this case to consider parcel trajectories with regard to surrounding landscape over the long-term and to characterize vegetation based on a functional approach. This work should help improve forecasting models for vegetation dynamics.

La diversité végétale peut influencer la durabilité agro-environnementale des systèmes de production agricoles au travers de services écologiques et agronomiques (CLERGUÉ *et al.*, 2005 ; LE ROUX *et al.*, 2008 ; MICHAUD *et al.*, 2011b ; Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Elle peut l'améliorer en favorisant notamment la pollinisation ou la gestion des ravageurs par les auxiliaires (RATNADASS *et al.*, 2011). Les prairies

permanentes ayant une diversité végétale élevée présentent une plus forte tolérance aux variations climatiques et résistent davantage aux taux variables de prélèvement par les animaux (WHITE *et al.*, 2004). D'autres services tels que la fourniture de molécules impliquées dans la qualité du produit (BUCHIN *et al.*, 1999 ; MONNET, 1996 ; MONNET *et al.*, 2000) ou dans la santé des animaux (AERTS *et al.*, 1999a et b) peuvent aussi être envisagés.

AUTEURS

1 : INRA, UR55 ASTER-Mirecourt, 562, avenue Louis Buffet, F-88500 Mirecourt ; e.gaujour@agrosupdijon.fr

2 : UMR Nancy - Université - INRA, Agronomie-Environnement Nancy-Colmar, 2, av. de la forêt de Haye, F-54505 Vandoeuvre-lès-Nancy

3 : UMR Agrosup Dijon - INRA - Université de Bourgogne, Biologie et Gestion des Adventices, Bâtiment Combe Berthaux, 26, boulevard Docteur Petitjean, BP 87999, F-21079 Dijon

MOTS CLÉS : Agriculture, analyse statistique, biodiversité, composition fonctionnelle, dynamique de la végétation, évolution, inventaire botanique, mauvaise herbe, paysage, prairie permanente, pratiques des agriculteurs, Vosges.

KEY-WORDS : Agriculture, biodiversity, botanical inventory, change in time, farmers' practices, functional composition, landscape, permanent pasture, statistical analysis, sward dynamics, Vosges, weeds.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Gaujour E., Mignolet C., Plantureux S., Amiaud B. (2011) : "Expliquer la végétation des prairies et des champs cultivés : l'importance de la dynamique des pratiques agricoles et de la mosaïque paysagère", *Fourrages*, 208, 329-342.

Par une gestion adaptée et grâce aux services écosystémiques rendus, la diversité végétale peut donc être un levier d'action pour limiter les intrants de synthèse dans des systèmes de production agricoles ou pour accroître la flexibilité et la résilience de ces systèmes face aux aléas, notamment climatiques. Les capacités de gestion de cette diversité végétale sont notamment contraintes par la connaissance de ses déterminants. Deux grands groupes de facteurs influencent la diversité végétale des agrosystèmes en exerçant sur elle des pressions de sélection plus ou moins fortes (GAUJOUR *et al.*, 2011). Ces deux groupes de facteurs se distinguent par l'échelle spatiale à laquelle ils peuvent être évalués :

- les pratiques agricoles - au sens des faits techniques - dont les effets sur la diversité végétale s'évaluent à l'échelle de la parcelle agricole ;

- et les caractéristiques de la mosaïque paysagère, générée par la juxtaposition de différentes utilisations du territoire (BUREL et BAUDRY, 1999 ; FORMAN et GODRON, 1981). Le paysage, vu comme une mosaïque d'occupations du sol, représente une diversité de sources potentielles d'espèces végétales (constituant ainsi le pool régional d'espèces ; DUPRÉ, 2000), qui peuvent se disséminer jusque dans les parcelles agricoles étudiées (BELYEA, 2004 ; OZINGA *et al.*, 2005 ; ROSENZWEIG, 1995), dissémination elle-même influencée par les caractéristiques de cette mosaïque paysagère (GEERTSEMA *et al.*, 2002 ; REW *et al.*, 1996).

Le rôle des pratiques agricoles sur la diversité végétale des parcelles est maintenant bien connu, en prairies permanentes (par ex. GAUJOUR *et al.*, 2011) comme en champs cultivés (par ex. ANDERSON, 2004 ; BARBERI *et al.*, 1997). **En revanche, la dynamique de ces pratiques est rarement considérée**, et la plupart des études sur prairies permanentes ne considèrent que les pratiques récentes, en formulant parfois l'hypothèse d'une stabilité antérieure de ces pratiques. Des travaux montrent cependant qu'il existe un laps de temps souvent non négligeable entre la modification de pratiques agricoles et l'observation de changements de la diversité végétale tels que la disparition d'espèces ou bien des fluctuations d'abondance (par ex. ALBRECHT, 2005 ; BAKKER et TER HEERDT, 2005). Ce laps de temps dépend de la résilience de la matrice végétale (HOLLING, 1973). En effet, l'apparition d'une nouvelle espèce est permise par sa dissémination entre une source - localisée dans le paysage - et la parcelle étudiée. Ce processus peut parfois demander plusieurs années selon la distance à parcourir et le mode de dissémination de l'espèce. De la même façon, la présence d'une espèce dans le stock semencier du sol peut, selon les pratiques agricoles mises en œuvre, mettre des années à être observée en croissance. Il est donc intéressant, *a priori*, de considérer la dynamique de l'organisation du paysage et la dynamique des pratiques agricoles comme facteurs influençant la diversité végétale des parcelles agricoles. Cette dynamique constitue la trajectoire des parcelles.

Nous proposons de caractériser deux trajectoires de parcelles décrivant d'une part la dynamique des

pratiques agricoles mises en œuvre sur les parcelles agricoles et, d'autre part, la dynamique de l'organisation de la mosaïque paysagère entourant ces parcelles. A partir de ces caractérisations, les objectifs de notre travail sont :

- de quantifier l'influence relative de ces deux trajectoires (pratiques/paysage) sur la diversité végétale des parcelles (prairies permanentes et parcelles cultivées) ;

- de quantifier la part de variabilité de la flore expliquée en considérant ou non les trajectoires de parcelles ;

- et de quantifier la part de variabilité expliquée par ces trajectoires en considérant des caractérisations taxonomiques et une caractérisation fonctionnelle de la végétation, le terme végétation englobant, dans ce travail, l'ensemble des espèces végétales dont les organes végétatifs (feuilles, tiges) sont observables, ce qui exclut les espèces sous forme séminale.

Nous avons choisi de caractériser la diversité végétale par des approches taxonomiques (cortège spécifique, composition spécifique), mais également par une approche fonctionnelle (quantification de la diversité fonctionnelle) basée sur les propriétés fonctionnelles (*sensu* VIOLLE *et al.*, 2007) des espèces végétales observées. Dans une démarche de recherche des déterminants de la diversité végétale, il nous paraît pertinent d'utiliser une telle approche puisque les pressions de sélection s'opèrent non pas sur des espèces en tant qu'éléments taxonomiques, mais bien sur un cortège d'espèces partageant des propriétés biologiques communes (DIAZ *et al.*, 1998 et 1999 ; KEDDY, 1992 ; LAVOREL et GARNIER, 2002 ; WOODWARD et DIAMENT, 1991). Nous faisons donc l'hypothèse que les trajectoires étudiées expliqueront davantage de variabilité au travers de la caractérisation fonctionnelle de la diversité végétale qu'au travers de sa caractérisation taxonomique.

Notre travail s'inscrit dans une démarche globale de développement d'outils d'aide à la décision en termes de gestion de la diversité végétale, tels que les modèles prévisionnels de végétation (par ex. AMAUD *et al.*, 2006). Si les trajectoires de parcelles déterminent effectivement en partie la végétation des parcelles, alors la gestion de la flore d'une parcelle agricole, prairie permanente ou parcelle cultivée, impose non seulement de modifier les pratiques mises en œuvre mais aussi de tenir compte de la dynamique du paysage environnant qui définit la gamme des possibilités de changement dans la parcelle cible.

1. Site d'étude et méthodologie

■ Site d'étude et échantillonnage de la végétation

Ce travail a été effectué sur le parcellaire de l'**installation expérimentale de l'INRA ASTER Mirecourt** située dans la plaine des Vosges. Cette exploitation agricole en polyculture élevage avec bovins laitiers a une surface

Challenge écologique	Propriétés fonctionnelles*	Nombre d'attributs*
Dissémination	- mode de dissémination des semences	8
	- masse des semences	6
Etablissement	- stratégie d'établissement	7
	- stratégie de régénération	6
Survie	- forme de vie	6
	- histoire de vie	5
	- type de stock semencier	4

* détails : voir Annexe 1

TABLEAU 1 : Challenges écologiques, propriétés fonctionnelles et nombre d'attributs retenus pour ce travail.

TABLE 1 : Ecological challenges, functional properties and number of traits taken into consideration for the study.

agricole utile (SAU) de 240 ha et un troupeau d'environ 250 bovins dont une centaine de vaches laitières. Cette installation expérimentale a la particularité d'être sous cahier des charges de l'agriculture biologique depuis 2004 (Coquil *et al.*, 2009a et b). La conversion de l'ensemble de l'exploitation s'est accompagnée, notamment, d'un bouleversement des rotations culturales et des pra-

tiques mises en œuvre, engendrant des modifications dans les caractéristiques de la mosaïque paysagère.

Au sein du parcellaire groupé de cette exploitation, nous avons relevé en mai la végétation de 38 parcelles de prairies permanentes, et en juin la végétation adventice de 19 parcelles cultivées : mélange luzerne-dactyle, blé, orge, triticale, épeautre, seigle, mélange avoine-féveroles, mélange triticale-pois, mélange orge-lupin. Le choix des 57 parcelles a été opéré de façon à couvrir la plus large diversité de pratiques (y compris la culture implantée), de types de sol et de caractéristiques de la mosaïque paysagère.

Les relevés ont été mis en œuvre selon la méthode des quadrats (GLEASON, 1920) dans les deux types de parcelles. Les quadrats ont été positionnés afin d'obtenir des relevés représentatifs de la végétation présente au centre des parcelles, c'est-à-dire en écartant la végétation de la bordure ou proche de cette bordure. En prairies permanentes, nous avons utilisé 10 quadrats de 0,25 m² dans la partie centrale de la parcelle et nous avons relevé pour chaque espèce végétale identifiée son nom (nomenclature selon *Flora Europaea*) et son abondance relative en termes de recouvrement. Dans les parcelles cultivées, compte tenu d'une plus grande hétérogénéité de la végétation

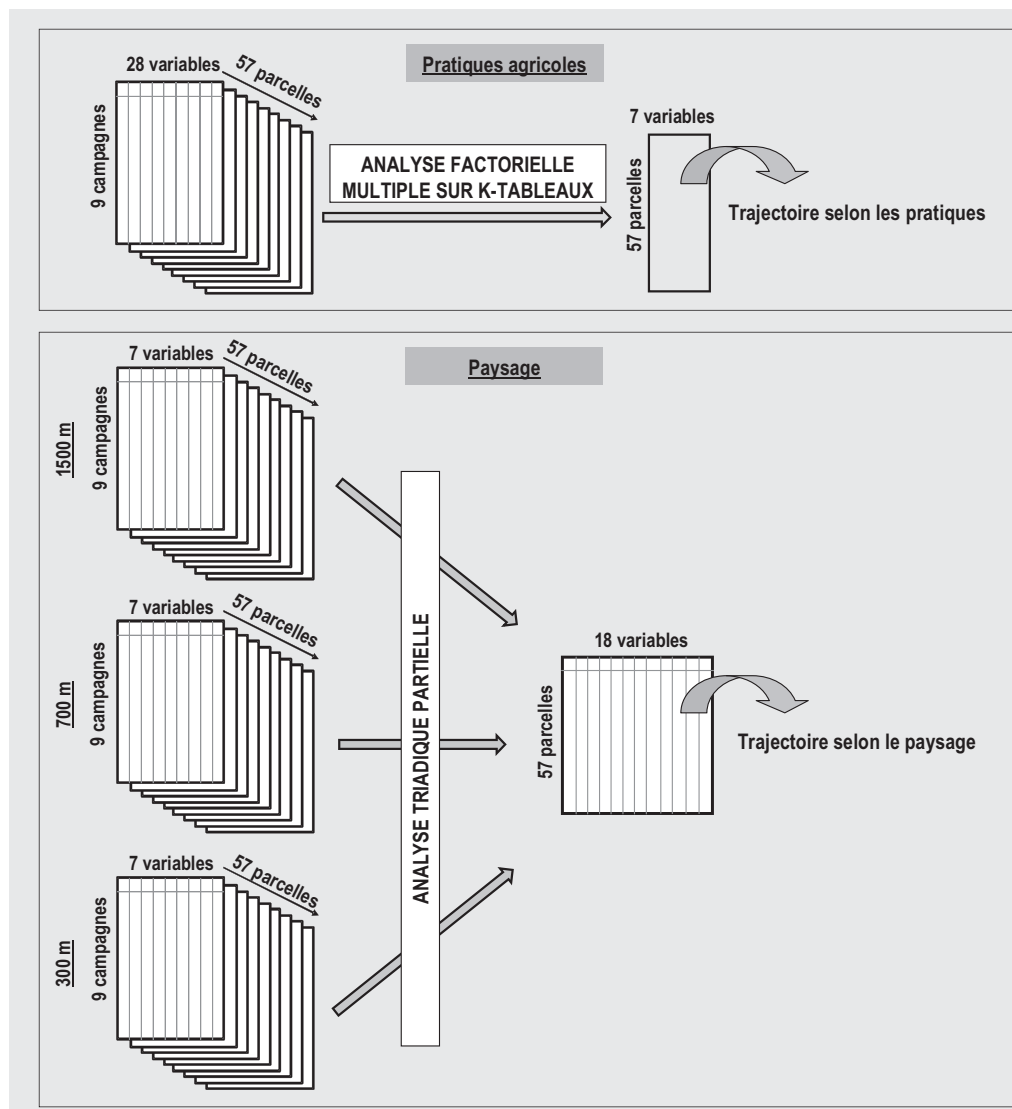


FIGURE 1 : Schématisation des jeux de données permettant de caractériser la trajectoire des parcelles selon les pratiques agricoles et les caractéristiques de la mosaïque paysagère.

FIGURE 1 : Diagram showing data used for characterizing parcel trajectory based on agricultural practices and landscape mosaic characteristics.

comparée aux prairies permanentes et de sa distribution spatiale plus agrégée (CHAUVEL *et al.*, 1998), nous avons comptabilisé le nombre d'individus de chaque espèce dans 20 quadrats de 1 m² pour chaque parcelle. Ces choix ont permis d'obtenir, pour les deux séries de parcelles, le même effort d'échantillonnage, calculé à partir de l'estimateur de Jackknife (BROSE *et al.*, 2003) : 80 % des espèces présentes ont été identifiées.

■ Caractérisations de la végétation

• Caractérisations taxonomiques

A partir des relevés effectués nous avons établi, pour chaque parcelle, le **cortège spécifique** (liste des espèces présentes) **et la composition spécifique des communautés végétales** (la même liste d'espèces auxquelles on fait correspondre les abondances relatives). Les relevés sont gérés *via* le système informatique e-FLORAsys, en accès libre sur Internet (PLANTUREUX *et al.*, 2010, <http://eflorasys.inpl-nancy.fr>)

• Caractérisation fonctionnelle

Pour être observable dans une parcelle, **une espèce végétale** doit relever trois challenges écologiques. Elle **doit être disséminée**, puis **s'établir et enfin survivre** au sein de la communauté végétale (WEIHER *et al.*, 1999). Afin de prendre en compte ces trois challenges nous avons retenu **sept propriétés fonctionnelles** (tableau 1), **divisées chacune en attributs** (annexe 1).

Les attributs de chacune des espèces identifiées ont été évalués à partir de trois bases de données : l'ouvrage de GRIME *et al.*, 2007, la base *EcoFlora* (FITTER et PEAT, 1994) et la base *LEDA* (KLEYER *et al.*, 2008). Ces données, couplées aux abondances relatives de chaque espèce relevée dans les différentes parcelles, ont permis de calculer les abondances relatives de chacun des attributs fonctionnels des sept propriétés étudiées.

■ Acquisition et mise en forme des données caractérisant les trajectoires de parcelles

Nous avons **caractérisé les trajectoires de parcelles à partir de données sur les pratiques agricoles et les caractéristiques de la mosaïque paysagère relatives aux neuf années précédant les différents relevés floristiques** effectués. Pour chaque parcelle, nous avons construit quatre tableaux qui recensent pour chacune des neuf années : i) les pratiques agricoles ; ii) les caractéristiques de la mosaïque paysagère à 300 m, 700 m et 1 500 m. Chacun de ces quatre tableaux a été rempli pour les 57 parcelles étudiées, et constitue un "cube" de données (figure 1).

• Les pratiques agricoles

Les pratiques agricoles (au nombre de 15, tableau 2) retenues pour caractériser la trajectoire des parcelles sont quantifiées ou qualifiées, durant les neuf années précédant les relevés, à partir de la base de données ASTER-ix, base interne à l'unité de Mirecourt (TROMMENSCHLAGER *et al.*, 2010). Chaque variable est calculée pour une campagne agricole. La conversion à l'agriculture biologique a engendré des modifications parfois importantes dans les pratiques agricoles mises en œuvre, comme par exemple l'augmentation du désherbage mécanique (tableau 3).

• La mosaïque paysagère

Dans ce travail, la mosaïque paysagère est vue comme **une mosaïque d'occupations du sol**, l'unité considérée étant la parcelle pour les occupations du sol agricoles. Ces occupations du sol définissent des habitats plus ou moins propices à la dissémination, à l'établissement ou à la survie des espèces végétales selon leurs propriétés fonctionnelles. Nous avons donc caractérisé **l'hétérogénéité de la mosaïque paysagère, la fragmentation des occupations**

Facteur	Unités ou catégories	Type de variable
Prairies permanentes :		
Fertilisation minérale		
Azote	kg N/ha/campagne	quantitative continue
Phosphore	kg P/ha/campagne	quantitative continue
Fertilisation organique		
Azote	kg N/ha/campagne	quantitative continue
Phosphore	kg P ₂ O ₅ /ha/campagne	quantitative continue
Pâturage		
Intensité du pâturage	UGB/ha/campagne	quantitative continue
Durée de pâturage	nombre de jours par campagne	quantitative continue
Fauche		
Fréquence de coupe	nombre de coupe(s) par campagne	quantitative continue
Date de première fauche	jour julien	quantitative discrète
Parcelles cultivées :		
Culture en place	nom de la culture par campagne	qualitative
Date de semis	jour julien	quantitative discrète
Désherbage		
Chimique	indice de pression phytosanitaire	quantitative continue
Mécanique	nombre de passage(s) par campagne	quantitative continue
Travail du sol		
Labour	nombre de passage(s) par campagne	quantitative continue
Autres	nombre de passage(s) par campagne	quantitative continue
Insertion d'intercultures	oui/non	qualitative

TABLEAU 2 : **Présentation des différentes variables retenues pour caractériser la trajectoire des parcelles selon les pratiques mises en œuvre.**

TABLE 2 : *Variables taken into consideration for characterizing parcel trajectories based on implemented practices.*

Pratiques agricoles	Avant conversion : 1997-2004		Après conversion : 2005-2007	
	Moyenne ± écart type	Minimum - maximum	Moyenne ± écart type	Minimum - maximum
Azote minéral (kg N/an)	95,3 ± 51,6	0 - 254	0 ± 0	0 - 0
Phosphore minéral (kg P ₂ O ₅ /ha)	7,2 ± 22,2	0 - 137	0 ± 0	0 - 0
Azote organique (kg N/ha)	38,6 ± 59	0 - 300	28,1 ± 48,6	0 - 310
Phosphore organique (kg P ₂ O ₅ /ha)	22,8 ± 32,2	0 - 148	17,7 ± 29,4	0 - 169
Nombre moyen de fauches (par an)	0,8 ± 0,8	0 - 4	0,8 ± 0,9	0 - 3
Date fauche (jour julien)	149,7 ± 19,4	123 - 232	163,1 ± 19,3	135 - 230
Chargement (UGB/ha)	188,9 ± 212,4	0 - 1 575	126,1 ± 162,2	0 - 1 054
Nombre de jours de pâturage (jour)	47,4 ± 53,4	0 - 231	31,8 ± 43	0 - 185
Date semis (jour julien)	216,2 ± 75	50 - 292	234,9 ± 76,7	75 - 291
Pression phytosanitaire	1,3 ± 2,4	0 - 14	0 ± 0	0 - 0
Nombre de désherbages mécaniques	0,1 ± 0,5	0 - 5	0,3 ± 0,6	0 - 3
Nombre de passages (travail du sol)	1,1 ± 1,8	0 - 8	2 ± 2,7	0 - 9
Nombre de labours	0,3 ± 0,4	0 - 1	0,2 ± 0,4	0 - 1

TABLEAU 3 : Description des pratiques agricoles mises en œuvre dans les parcelles étudiées, avant et après la conversion à l'agriculture biologique.

TABLE 3 : Description of agricultural practices implemented in the studied parcels before and after converting to organic farming.

du sol et leur connectivité (GAUJOUR *et al.*, 2011) à partir des indices disponibles dans la littérature (MCGARIGAL et MARKS, 1995). L'hétérogénéité est caractérisée au travers des indices de diversité et d'équitabilité de Shannon. La connectivité et la fragmentation sont caractérisées au travers des indices de la forme moyenne des taches d'habitat (pondérée et non pondérée par leur surface) et de la densité des interchamps (tableau 4). Ce dernier indice permet notamment de considérer les interchamps (haies, fossés, bordures de champs, de chemins, de routes....) contenus dans le paysage, ceux-ci pouvant servir de sources d'espèces végétales qui se dissémineraient jusque dans les parcelles. Nous avons également calculé le **pourcentage de sources potentielles d'espèces végétales** : le pourcentage de prairies permanentes pour les parcelles de prairies étudiées, et le pourcentage de parcelles cultivées pour les champs cultivés. Nous avons calculé, sous ArcGIS® et son module Patch Analyst®, les différents indices de caractérisation du paysage mentionnés ci-dessus, retenus pour leur pertinence et leur lien déjà démontré avec la végétation

dans la littérature. **Comme pour les pratiques agricoles, la conversion à l'agriculture biologique a conduit à des changements du paysage** (tableau 4).

Les calculs ont été réalisés à partir d'une cartographie de l'ensemble des occupations du sol, recueillies annuellement par enquêtes auprès des agriculteurs concernés sur un territoire d'environ 20 km² centré sur l'INRA de Mirecourt. Nous avons distingué 45 occupations du sol (annexe 2). En plus de la nature des différentes cultures (par ex. CIMALOVA et LOSOSOVA, 2009 ; FRIED *et al.*, 2008a et b), nous avons aussi différencié les cultures en agriculture conventionnelle des cultures en agriculture biologique en raison d'itinéraires techniques différents induisant des communautés végétales souvent différentes (par ex. ALBRECHT, 2005 ; BAKKER et TER HEERDT, 2005 ; BOUTIN *et al.*, 2008).

Afin de considérer le flux des espèces végétales dans un territoire agricole (LOEHLE et WEIN, 1994 ; SUAREZ-SEOANE et BAUDRY, 2002), nous avons calculé ces indices

Caractéristiques du paysage	Avant conversion : 1997-2004		Après conversion : 2005-2007	
	Moyenne ± écart type	Minimum - maximum	Moyenne ± écart type	Minimum - maximum
Echelle de 300 m :				
Diversité de Shannon	1,2 ± 0,4	0,6 - 2,1	1,5 ± 0,3	0,7 - 2,3
Equitabilité de Shannon	0,6 ± 0,1	0,3 - 1	0,7 ± 0,1	0,5 - 0,9
Forme moyenne relative	1,5 ± 0,1	1,3 - 1,9	1,5 ± 0,1	1,3 - 1,9
Forme moyenne	2,1 ± 0,2	1,4 - 2,6	2,1 ± 0,2	1,4 - 2,6
Surface sources d'espèces (%)	48,9 ± 20,2	0 - 86,4	49,8 ± 16,3	0 - 86,4
Surface routes et chemins (%)	2,8 ± 1,3	0 - 5,2	2,8 ± 1,3	0 - 5,2
Densité des interchamps (m/ha)	202,4 ± 57,1	63 - 308,3	202,4 ± 57,2	63 - 308,3
Echelle de 700 m :				
Diversité de Shannon	1,6 ± 0,3	0,6 - 2,2	2 ± 0,4	0,9 - 2,7
Equitabilité de Shannon	0,6 ± 0,1	0,5 - 0,8	0,7 ± 0,1	0,6 - 0,9
Forme moyenne relative	1,7 ± 0,1	1,5 - 2,0	1,7 ± 0,1	1,5 - 2
Forme moyenne	2,1 ± 0,2	1,4 - 2,4	2,1 ± 0,2	1,4 - 2,4
Surface sources d'espèces (%)	33,6 ± 13,2	0 - 66	33,5 ± 12,2	0 - 65,5
Surface routes et chemins (%)	2,5 ± 0,8	0 - 4,3	2,5 ± 0,8	0 - 4,3
Densité des interchamps (m/ha)	170,5 ± 43,3	39,9 - 250,5	170,5 ± 43,4	39,9 - 250,5
Echelle de 1 500 m :				
Diversité de Shannon	1,8 ± 0,2	1,1 - 1,9	2,2 ± 0,2	1,3 - 2,4
Equitabilité de Shannon	0,6 ± 0	0,4 - 0,8	0,7 ± 0	0,5 - 0,7
Forme moyenne relative	1,9 ± 0,1	1,8 - 2,2	1,9 ± 0,1	1,8 - 2,2
Forme moyenne	2,2 ± 0,1	2,0 - 2,3	2,2 ± 0,1	2,0 - 2,3
Surface sources d'espèces (%)	29,1 ± 11,9	11,4 - 53,6	29 ± 10,6	11,4 - 52,6
Surface routes et chemins (%)	2,2 ± 0,5	0,7 - 3,1	2,2 ± 0,5	0,7 - 3,1
Densité des interchamps (m/ha)	151,3 ± 24,1	68 - 193,5	151,3 ± 24,1	68 - 193,5

TABLEAU 4 : Caractéristiques de la mosaïque paysagère avant et après la conversion à l'agriculture biologique.

TABLE 4 : Landscape mosaic characteristics before and after converting to organic farming.

pour **trois rayons autour du centre des parcelles étudiées : 300 m** (pour considérer les flux d'espèces provenant des parcelles adjacentes), **1 500 m** (pour considérer les flux des espèces ayant les plus fortes capacités de dispersion (MOUSSIÉ *et al.*, 2005 ; VITTOZ et ENGLER, 2007), et enfin une échelle intermédiaire de **700 m**. Cette gamme d'échelles est cohérente avec les échelles utilisées dans la littérature et qui démontrent un lien entre la diversité végétale et les caractéristiques du paysage (GABRIEL *et al.*, 2005 ; KRAUSS *et al.*, 2004 ; MARINI *et al.*, 2008 ; SÖDERSTRÖM *et al.*, 2001).

Nous avons donc calculé l'ensemble des sept indices du paysage pour les 57 parcelles, aux trois échelles spatiales retenues et pour les neuf années de recul. Nous obtenons ainsi, pour chaque échelle spatiale, 57 tableaux de données correspondant chacun à une parcelle et contenant la valeur des indices pour chacune des neuf années (figure 1).

• **Les variables de sol**

Pour prendre en compte l'influence du type de sol sur la diversité végétale, nous avons introduit dans nos analyses un troisième groupe de variables explicatives décrivant le sol : la **texture** du sol (argileux, argilo-limoneux, limono-argileux, limoneux), sa **profondeur** (<40 cm, 40 à 80 cm, 80 à 120 cm, >120 cm) et le **substratum** (dolomie, marne).

■ **Mise en œuvre des analyses statistiques**

• **Construction des trajectoires de parcelles**

Deux types d'analyses statistiques ont été conduits sur les quatre cubes de données (figure 1) afin de caractériser les trajectoires d'évolution des parcelles en termes de pratiques et d'environnement paysager :

- **une analyse factorielle multiple** pour k-tableaux (ESCOFIER et PAGES, 1994) sur le cube de données relatif aux **pratiques agricoles**, comportant des variables quantitatives et qualitatives ;

- et **une analyse triadique partielle** (ATP) (BLANC, 2000 ; BLANC *et al.*, 1998 ; ERNOULT, 2005 ; ERNOULT *et al.*, 2006 ; THIOULOUSE et CHESSEL, 1987) sur les 3 cubes relatifs à la **mosaïque paysagère**.

Ces deux types d'analyses produisent deux tableaux caractérisant les trajectoires des 57 parcelles au cours des neuf années précédant les relevés floristiques. **Elles permettent de réduire considérablement le nombre de variables** devant permettre d'expliquer dans la suite des analyses la végétation relevée dans les parcelles. Nous disposons donc à ce stade pour chacune des 57 parcelles de 2 trajectoires, définies par 7 variables pour la trajectoire "pratiques" et par 18 variables pour la trajectoire "paysage", et d'une caractérisation pédologique définie par 3 variables.

• **Analyse statistique des effets relatifs des trajectoires sur la diversité floristique**

Afin de déterminer l'effet relatif des trajectoires de parcelles sur la diversité végétale des parcelles étudiées, nous avons réalisé **trois partitions de la variance** (PERES-NETO *et al.*, 2006) soit une analyse par jeu de données "à expliquer" : le cortège spécifique, la composition spécifique et la composition fonctionnelle (figure 2).

• **Plus-value des trajectoires de parcelles**

La dernière étape a consisté à **vérifier si la prise en compte des trajectoires de parcelles améliore, ou non,**

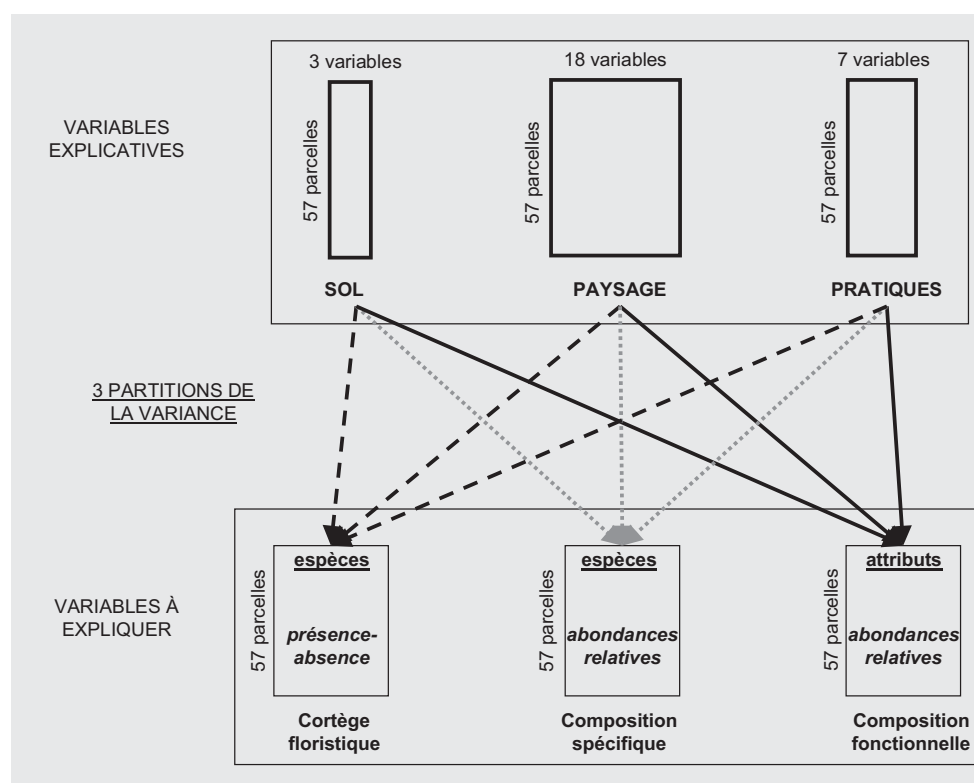


FIGURE 2 : Schématisation des trois analyses de partition de la variance (flèches pleines, en pointillés et en tirets) des 3 jeux de données à expliquer, à partir des 3 tableaux de variables explicatives.

FIGURE 2 : Diagram showing the 3 variance partitioning analyses for the 3 datasets to be explained by the 3 explicative variable tables.

Part de variabilité expliquée	Avec les trajectoires	Sans les trajectoires
Diversité taxonomique		
Cortège floristique	37	41
Composition floristique	37	38
Diversité fonctionnelle		
Composition fonctionnelle	57	72

TABLEAU 5 : Parts de variabilité expliquée (%) pour les diversités taxonomique et fonctionnelle selon la prise en compte ou non des trajectoires de parcelles.

TABLE 5 : Variability percentages explained in taxonomic and functional diversity with and without taking parcel trajectories into consideration.

la valeur de variabilité expliquée en comparaison de la prise en compte de ces mêmes variables relatives aux pratiques agricoles et au paysage pour la seule campagne précédant les relevés, comme l'ont fait plusieurs auteurs (par ex. ANDERSON, 2004 ; BARBERI *et al.*, 1997). Pour cela, une nouvelle partition de variance a été réalisée en utilisant comme variables explicatives la table de caractéristiques du sol, une table regroupant les pratiques mises en œuvre lors de la campagne agricole précédant les relevés et une table regroupant les caractéristiques paysagères pour cette même campagne.

2. Résultats

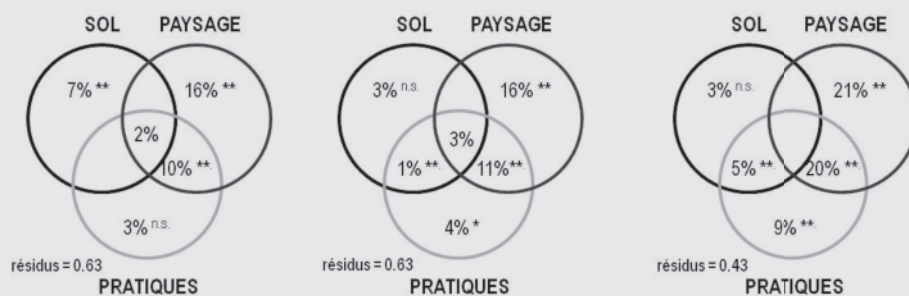
A titre indicatif, et malgré une grande variabilité entre parcelles, les prairies permanentes étudiées

contiennent en moyenne 18,9 espèces (écart type : 4,1 espèces, minimum : 10 espèces, maximum : 29 espèces) et les champs cultivés, plus riches, contiennent en moyenne 25,2 espèces (écart type : 5,1 espèces, de 12 à 35 espèces) intégrant toutes les espèces végétales observables y compris les repousses des cultures précédentes, mais excluant la culture en place. Les prairies permanentes sont principalement composées (par ordre d'abondance décroissante) de ray-grass anglais (*Lolium perenne* L.), trèfle blanc (*Trifolium repens* L.), pissenlit (*Taraxacum officinalis* Weber), pâturin commun (*Poa trivialis* L.), renoncule bulbeuse (*Ranunculus bulbosus* L.), fétuque élevée (*Festuca arundinacea* L.) et vulpin des prés (*Alopecurus pratensis* L.). Les champs cultivés présentent seulement 4 espèces très majoritaires qui sont le vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides* Huds.), le liseron des champs (*Convolvulus arvensis* L.), le pâturin commun (*Poa trivialis* L.) et le mouron des oiseaux (*Stellaria media* L.). Les autres espèces sont très faiblement représentées et maintiennent la biodiversité des parcelles à un niveau relativement élevé sans pour autant exercer une compétition forte avec la culture.

■ Proportion de diversité taxonomique et fonctionnelle expliquée

A la fois dans les analyses traitant des trajectoires de parcelles et dans les analyses ne traitant que les variables calculées à partir de l'année précédant les relevés floristiques, la part de variabilité expliquée est toujours supérieure lorsque l'on considère la composition fonctionnelle (tableau 5) des couverts végétaux.

a) Variabilité expliquée par les trajectoires des parcelles (pratiques et paysage) et les variables de sol



b) Variabilité expliquée par les pratiques et le paysage de l'année qui précède les relevés, et les variables de sol

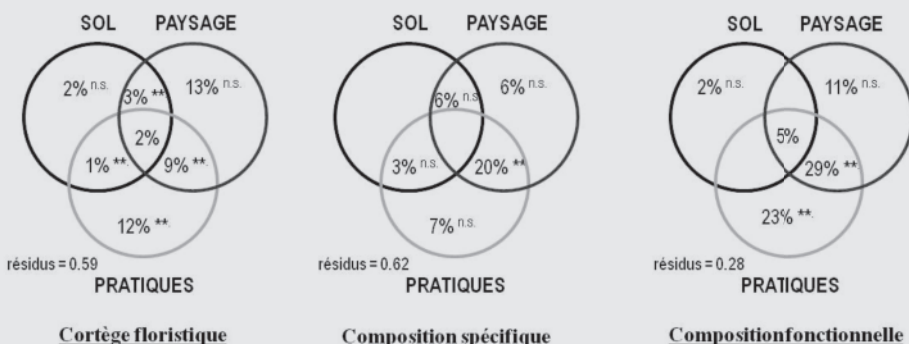


FIGURE 3 : Variabilités de la végétation (caractérisée suivant des approches taxonomique et fonctionnelle) expliquée par a) les trajectoires des parcelles selon les pratiques et le paysage, et les variables de sol ; b) les pratiques et le paysage l'année qui précède les relevés, et les variables de sol.

FIGURE 3 : Variability in vegetation (taxonomic and functional characterization) explained by a) parcel trajectory based on practices and landscape, and soil variables; b) practices and landscape over the previous year, and soil variables.

Les valeurs indiquent la part de variabilité du jeu de données expliquée par les tableaux explicatifs et leurs interactions. La significativité a été ajoutée lorsqu'elle était calculable (n.s. : non significatif ; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$). La part de variabilité non expliquée est indiquée dans les résidus.

■ Influences relatives des deux trajectoires de parcelles et des caractéristiques du sol sur la diversité végétale

Les résultats des partitions de variances effectuées sur les 3 tableaux à expliquer à partir des caractéristiques des sols, de la trajectoire des parcelles selon le paysage et de la trajectoire des parcelles selon les pratiques agricoles sont schématisés dans la figure 3a. C'est **la trajectoire des parcelles selon les caractéristiques de la mosaïque paysagère qui explique le mieux la variabilité des couverts végétaux**, quel que soit le tableau à expliquer considéré. Elle explique 28 % (dont 16 % à elle seule) de la variabilité du cortège floristique, 30 % (dont 16 % à elle seule) de la variabilité de la composition spécifique et 41 % (dont 21 % à elle seule) de la variabilité de la composition fonctionnelle.

La trajectoire des parcelles selon les pratiques agricoles explique 12 % (dont 0 % à elle seule) de la variabilité du cortège floristique, 19 % (dont 4 % à elle seule) de la variabilité de la composition spécifique et 34 % (dont 9 % à elle seule) de la variabilité de la composition fonctionnelle. Un effet fort de l'interaction (20 %) entre les deux trajectoires (selon le paysage et les pratiques) est également mis en évidence sur la composition fonctionnelle de la végétation.

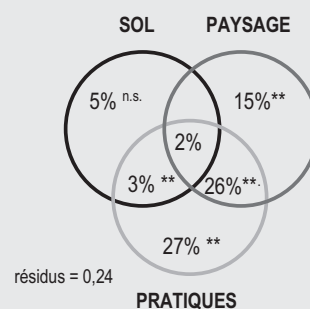
Les caractéristiques du sol introduites dans l'analyse contribuent peu à la variabilité des couverts. Elles expliquent 9 % de la variabilité du cortège floristique dont 7 % à elles seules et 2 % par leurs interactions avec les deux trajectoires et ne contribuent pas de façon significative à la variabilité de la composition spécifique ou fonctionnelle.

Enfin, la prise en compte des deux trajectoires de parcelles et des caractéristiques du sol expliquent 37 % de la variabilité du cortège floristique et de la composition spécifique, et 57 % de la composition fonctionnelle.

■ Comparaisons des résultats avec et sans la prise en compte des trajectoires de parcelles

Les résultats des analyses de partition de la variance, prenant en compte les caractéristiques du sol, les pratiques agricoles et les caractéristiques de la mosaïque paysagère **pour la seule campagne précédant les relevés floristiques** sont schématisés dans la figure 3b.

A nouveau, les caractéristiques du sol n'expliquent à elles seules aucune part significative de la variabilité des 3 tableaux à expliquer. Contrairement aux analyses précédentes et à nos hypothèses initiales, la prise en compte des variables de la seule campagne précédant les relevés floristiques **augmente la part de variabilité expliquée** (pour les trois tableaux) **par les pratiques agricoles** : les pratiques et leurs interactions expliquent respectivement 24 % et 20 % de la variabilité du cortège floristique et de la composition spécifique tandis que les caractéristiques du paysage expliquent 14 % et 20 % de ces mêmes variabilités, et uniquement au travers de leurs



Les valeurs indiquent la part de variabilité du jeu de données expliquée par les tableaux explicatifs et leurs interactions. La significativité a été ajoutée lorsqu'elle était calculable (n.s. : non significatif ; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$). La part de variabilité non expliquée est indiquée dans les résidus.

FIGURE 4 : Variabilités de la végétation (caractérisée par une approche fonctionnelle) expliquée par la trajectoire des parcelles selon le paysage, les pratiques de l'année qui précède les relevés et les variables de sol. Les valeurs indiquent la part de variabilité du jeu de données expliquée par les tableaux explicatifs et leurs interactions.

FIGURE 4 : Variability in vegetation (taxonomic and functional characterization) explained by parcel trajectory based on landscape and practices over the previous year, and soil variables. Values indicate the possible extent of dataset variability explained by the explicative tables, and their interactions.

interactions avec les caractéristiques du sol ou avec les pratiques agricoles. A nouveau également, la variabilité de la composition fonctionnelle est la mieux expliquée, à 57 % par les pratiques et leurs interactions avec les caractéristiques du sol ou du paysage (dont 23 % pour les seules pratiques agricoles) et à 34 % par les interactions entre les caractéristiques du paysage, celles du sol et les pratiques agricoles.

Globalement, la prise en compte des caractéristiques des sols, pratiques et paysages l'année précédant le relevé explique 41 % de la variabilité du cortège floristique, 38 % de la composition spécifique et 72 % de la composition fonctionnelle.

Enfin, la partition de la variance prenant en compte les trajectoires des parcelles selon le paysage et les pratiques agricoles de l'année précédant les relevés floristiques explique 76 % de la variabilité globale. Ce fort taux d'explication de la variabilité des couverts végétaux intègre l'effet prépondérant des pratiques récentes et l'augmentation de la part expliquée par la trajectoire des parcelles basée sur les caractéristiques de la mosaïque paysagère (figure 4).

3. Discussion

■ Influence relative des caractéristiques du sol

Nos résultats indiquent que **les trois caractéristiques du sol considérées** dans ce travail (texture,

profondeur et substratum) **expliquent peu ou pas la variabilité des couverts végétaux** (cortège floristique, compositions spécifique et fonctionnelle) relevés dans les parcelles. D'autres caractéristiques ayant rapport à l'alimentation hydrique ou à la fertilité des sols auraient peut-être donné des résultats plus significatifs, tels que ceux obtenus dans d'autres travaux (MICHAUD *et al.*, 2011a ; COUSINS, 2009 ; CRITCHLEY *et al.*, 2002 ; HOPKINS, 1986 ; JANSSENS *et al.*, 1998) qui, à l'inverse, ne considéraient que ces facteurs édaphiques et ne les confrontaient à aucun autre déterminant de la végétation. Notre travail ne permet pas de conclure que les caractéristiques du sol n'ont pas d'effet sur la diversité végétale mais que cet effet est négligeable en comparaison des effets des trajectoires des parcelles selon le paysage ou selon les pratiques. Ce faible pouvoir explicatif des propriétés du sol par rapport à l'effet de l'histoire de l'occupation du sol (sur la parcelle étudiée) a déjà été démontré sur la diversité végétale de prairies permanentes en Suède, malgré une caractérisation du sol par des analyses physico-chimiques (COUSINS, 2009).

■ Influence relative des deux trajectoires de parcelles

La trajectoire des parcelles selon les caractéristiques de la mosaïque du paysage (et ses interactions avec la trajectoire selon les pratiques et selon le sol) **explique systématiquement la plus grande part de variabilité** des différents jeux de données à expliquer. La valeur obtenue pour la composition spécifique, 30 %, est en accord avec des travaux menés dans les prairies de la basse vallée de la Seine, qui n'intègrent pas les pratiques mises en œuvre (ERNOULT, 2005). Le rôle relativement important de la dynamique des caractéristiques du paysage peut refléter le lien avec le pool régional d'espèces (GAUJOUR *et al.*, 2011 ; ROSENZWEIG, 1995) ou avec les capacités de dispersion des semences de ces espèces dans le paysage (GAUJOUR *et al.*, 2009 ; GEERTSEMA *et al.*, 2002 ; REW et COUSINS, 2001).

La trajectoire selon les pratiques (et ses interactions) explique une part plus faible de la variabilité totale, en particulier pour le cortège floristique, ce qui signifie que, telle que caractérisée dans ce travail, elle détermine peu la présence ou l'absence d'une espèce dans la parcelle. En revanche, elle **semble agir davantage sur les abondances des espèces présentes**. Sur l'exploitation étudiée, et comme c'est généralement le cas sur toutes les exploitations, les parcelles sont soumises à une forte diversité de pratiques agricoles au cours d'une campagne et entre les campagnes (cas fréquent en parcelles cultivées). Ceci engendre une forte diversité de pressions de sélection sur la diversité végétale en place, à diverses intensités, mais ces pressions n'éliminent pas certaines espèces du cortège floristique ; elles n'agissent que sur les abondances de chacune d'elles. Cette action se fait en fonction des propriétés intrinsèques des espèces, les propriétés fonctionnelles, ce qui est confirmé par la forte influence de la trajectoire "pratiques" sur la composition fonctionnelle. Notre hypothèse initiale prévoyant que les pratiques agricoles sélectionnent

les espèces présentes en défavorisant (ou en favorisant) l'établissement et la survie de certaines d'entre-elles (GAUJOUR *et al.*, 2011) est ainsi vérifiée.

Nos résultats indiquent également que **les interactions entre les 2 trajectoires "pratiques" et "paysage" expliquent une part importante de la variabilité** des données, **en particulier celles de composition fonctionnelle**. Les deux trajectoires des parcelles traduisent des pressions de sélection sur la végétation qui ne sont pas totalement indépendantes et peuvent donc avoir des effets synergiques en favorisant ou en défavorisant davantage certains attributs fonctionnels. Par exemple, la dynamique du paysage dépend des successions culturales mises en place, lesquelles sont prises en compte dans la trajectoire selon les pratiques agricoles. **Les activités agricoles structurent donc en partie l'organisation de la mosaïque paysagère**, comme l'ont déjà relaté de nombreux travaux (par ex. BAUDRY et THENAIL, 2004 ; MARIE, 2009 ; THENAIL, 1996).

■ Pertinence des trajectoires de parcelles pour expliquer la diversité végétale des parcelles agricoles

Nous avons posé comme hypothèse au début de ce travail que, pour expliquer la végétation en place dans une parcelle agricole, il est nécessaire de prendre en compte non pas les facteurs influents les plus récents (année précédente), mais la dynamique de ces facteurs au cours du temps sur une durée supérieure à 6 ou 7 ans (BAKKER *et al.*, 2005). Cette durée doit permettre de tenir compte du délai entre les modifications de ces pratiques et l'impact observé sur la diversité végétale (par ex. ALBRECHT, 2005 ; BAKKER et TER HEERDT, 2005) et ainsi d'améliorer la compréhension des processus menant à la végétation en place. La matrice végétale possède une "mémoire écologique" des conditions passées dont la persistance correspond au temps de réponse de cette végétation face aux changements du régime des perturbations (BENGTSSON *et al.*, 2003 ; ELMQVIST *et al.*, 2003 ; PETERSON, 2002). Cette résilience de la flore prairiale va dépendre notamment de sa composition et de sa diversité, ainsi que de l'intensité des changements qui sont opérés (HIRST *et al.*, 2005 ; HOLLING, 1973 ; WALKER *et al.*, 1999).

Nos résultats valident partiellement cette hypothèse : **seule la trajectoire des parcelles selon le paysage augmente la part de variabilité de la végétation expliquée**, en particulier pour la composition fonctionnelle, ce qui va dans le sens d'autres travaux qui avaient déjà conclu à l'effet non significatif des caractéristiques paysagères mesurées ou calculées une année donnée sur la diversité végétale des prairies (DAUBER *et al.*, 2003 ; MARINI *et al.*, 2008 ; WEIBULL et ÖSTMAN, 2003). La trajectoire "paysage" des parcelles explique une part relativement élevée de la composition fonctionnelle, 43 % dont 15 % expliqués par la seule trajectoire (*i.e.* sans les interactions avec le sol ou les pratiques agricoles). **L'effet des caractéristiques paysagères sur la diversité végétale apparaît bien comme un effet à moyen terme**, et

non à court terme, ce qui confirme le rôle de l'histoire paysagère de la parcelle sur la diversité végétale démontré dans d'autres travaux (par ex. ERNOULT, 2005 ; ERNOULT et al., 2006 ; LE COEUR et al., 1997).

Les indices paysagers calculés caractérisent la diversité de sources d'espèces végétales dans le voisinage des parcelles ainsi que la connectivité entre ces sources et les parcelles étudiées. Ainsi, ces indices renseignent sur la richesse en espèces du pool régional puisque, statistiquement, la diversité des sources engendre celle des habitats et augmente la richesse en espèces (ROSENZWEIG, 1995). Ces espèces sont alors susceptibles d'être dispersées jusqu'aux parcelles agricoles avec une efficacité qui dépend de la connectivité entre les sources et les parcelles, et des capacités de dispersion des espèces végétales. **Ce flux d'espèces depuis le pool régional jusqu'au centre des parcelles semble pouvoir se faire sur une distance d'au moins 1 500 m** au vu de nos résultats, *via* les animaux ou le vent (par ex. BENVENUTI, 2007 ; CAIN et al., 2000 ; MOUSSIÉ et al., 2005 ; NATHAN, 2006 ; NATHAN et al., 2008 ; VITTOZ et ENGLER, 2007) mais aussi par le matériel agricole (par ex. STRYKSTRA et al., 1996, 1997). La gestion de la diversité végétale d'une parcelle agricole doit donc prendre en compte ce flux d'espèces végétales, notamment en identifiant les habitats sources d'espèces et en favorisant (ou non) le flux de leurs semences vers les parcelles.

En revanche, la trajectoire selon les pratiques agricoles améliore peu la compréhension du déterminisme de la végétation en place par rapport aux pratiques récentes, qui semblent exercer un effet très rapidement visible et quantifiable sur la végétation des parcelles.

■ Pertinence des caractérisations taxonomique et fonctionnelle de la diversité végétale

Nous avons cherché à établir par les trajectoires des parcelles les facteurs qui déterminent leur diversité végétale. Ces facteurs sont des pressions de sélection qui défavorisent les espèces selon leurs propriétés fonctionnelles. Cette sélection n'est pas dirigée contre des espèces particulières mais contre un cortège d'espèces partageant des attributs fonctionnels communs. En expliquant une part de variabilité plus grande sur la composition fonctionnelle que sur le cortège floristique ou la composition spécifique, nos résultats confirment ces **mécanismes de sélection sur des attributs et non directement sur des espèces précises**. Ces résultats démontrent ainsi l'intérêt de travailler selon une approche fonctionnelle, complémentaire de l'approche taxonomique classique, lorsque l'on souhaite comprendre et expliquer l'état d'une végétation dans une parcelle agricole. C'est particulièrement utile pour la conception de modèles de prévision de la végétation des parcelles, pour les prairies permanentes comme pour les parcelles cultivées, en tenant compte des mécanismes et des processus écologiques qui s'établissent au sein de ces communautés végétales.

Conclusion

Très peu de travaux interrogent simultanément les effets de la dynamique des caractéristiques paysagères et celle des pratiques agricoles sur la diversité végétale des parcelles agricoles dans un paysage. Quelques publications confrontent les deux groupes de facteurs (mais ces facteurs sont évalués uniquement à un instant *t*) qui influencent la diversité végétale (relevée à ce même instant *t*) - sans toutefois considérer ou contrôler l'ensemble des facteurs ayant une influence sur cette diversité (DAUBER et al., 2003 ; LE COEUR et al., 1997 ; MARINI et al., 2008 ; WEIBULL et ÖSTMAN, 2003 ; WEIBULL et al., 2003) -, avec des résultats hétérogènes quant à l'influence relative des deux groupes de facteurs. Cette hétérogénéité des résultats s'explique, au moins en partie, par les différences entre travaux sur les caractéristiques paysagères mesurées ou calculées et les éléments du paysage distingués (menant à des caractérisations distinctes). L'une des spécificités de notre méthodologie est de caractériser et de considérer les trajectoires de parcelles sur un pas de temps relativement long au regard des données généralement disponibles, grâce à l'enregistrement de données précises sur les pratiques agricoles et les occupations du sol, à une phase charnière d'évolution de celles-ci lors de la conversion de l'exploitation en agriculture biologique.

Notre étude montre que la dynamique des facteurs, en particulier la dynamique des caractéristiques de la mosaïque paysagère, est un élément à ne pas négliger pour comprendre la diversité végétale en place dans les parcelles. **La prise en compte des pratiques récemment mises en œuvre sur les parcelles, des caractéristiques du sol et des trajectoires paysagères des parcelles permet d'expliquer plus des trois quarts de la variabilité de la composition fonctionnelle de la végétation** dans les parcelles de l'installation expérimentale de Mirecourt. C'est **un premier pas pour améliorer les modèles prévisionnels de végétation des parcelles agricoles** (par ex. AMIAUD et al., 2006 ; COLBACH et al., 2008 ; PLANTUREUX et AMIAUD, 2010). La modification de la végétation d'une parcelle agricole, prairie permanente ou parcelle cultivée, implique donc non seulement de modifier les pratiques mises en œuvre, mais aussi de tenir compte de la dynamique du paysage environnant qui semble établir la gamme des possibilités de changement dans la parcelle cible.

Dans la suite de ce travail, les deux types de parcelles - prairies permanentes et parcelles cultivées - seront distingués puisque les communautés végétales et les pressions de sélection y sont relativement distinctes. Dans l'objectif de développer un modèle prévisionnel de la végétation des parcelles, perçu comme outil d'aide à la décision, l'influence des différents facteurs en statique ou en dynamique sur les différentes propriétés fonctionnelles (dissémination et masse des semences, stratégie de régénération, stratégie d'établissement, histoire de vie, forme de vie, type de stock semencier) sera décrite plus précisément. Il devrait ainsi être possible, à partir de la détermination du pool régional d'espèces dans un terri-

toire agricole tel que celui de l'installation expérimentale de Mirecourt (selon la méthodologie proposée par DUPRÉ, 2000), de prévoir les compositions fonctionnelles et spécifiques de la végétation des parcelles selon différents scénarios de gestion de ce territoire. Ce sera un premier pas vers une meilleure gestion des communautés végétales des parcelles. Par exemple, nous devrions être en mesure de prédire l'abondance relative d'espèces anémochores (disséminées par le vent) telles que le pissenlit ou le chardon (cirse des champs) dans les parcelles. Passer de la prévision du trait fonctionnel présent - par exemple espèce anémochore - à la détermination des espèces potentiellement présentes et donc à la gestion des espèces indésirables - le cirse des champs par exemple - ne pourra être conduit qu'en croisant de multiples propriétés fonctionnelles permettant de distinguer les différentes espèces. Ainsi, si nous avons montré **l'intérêt majeur de l'approche fonctionnelle** pour caractériser et prévoir la diversité végétale des parcelles (et sa dynamique), **elle n'en reste pas moins indissociable de l'approche taxonomique** : i) la composition fonctionnelle est établie à partir de relevés de végétation, et ii) l'approche taxonomique et donc l'utilisation des noms d'espèces demeure compréhensible et manipulable pour les professionnels agricoles participant à la gestion de la diversité végétale.

Accepté pour publication,
le 20 octobre 2011.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AERTS R.J., BARRY T.N., McNABB W.C. (1999A) : "Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages", *Agriculture Ecosystems & Environment*, 75, 1-12.
- AERTS R.J., McNABB W.C., MOLAN A., BRAND A., BARRY T.N., PETERS J.S. (1999B) : "Condensed tannins from *Lotus corniculatus* and *Lotus pedunculatus* exert different effects on the *in vitro* rumen degradation of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco) protein", *J. Sc. Food and Agriculture*, 79, 79-85.
- ALBRECHT H. (2005) : "Development of arable weed seedbanks during the 6 years after the change from conventional to organic farming", *Weed Research*, 45, 339-350.
- AMIAUD B., PERVANÇON F., PLANTUREUX S. (2006) : "FLORA-Predict, pour prédire la diversité végétale des prairies permanentes", *Espaces Naturels*, 15, 23-24.
- ANDERSON R.L. (2004) : "Impact of subsurface tillage on weed dynamics in the Central Great Plains", *Weed Technology*, 18, 186-192.
- 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.
- BARBERI P., SILVESTRI N., BONARI E. (1997) : "Weed communities of winter wheat as influenced by input level and rotation", *Weed Research*, 37, 301-313.
- BAUDRY J., THENAIL C. (2004) : "Interaction between farming systems, riparian zones, and landscape patterns: a case study in western France", *Landscape and Urban Planning*, 67, 121-129.
- BELYEA L.R. (2004) : "Beyond ecological filters: feedback networks in the assembly and restoration of community structure", V.M. Temperton *et al.*, eds, *Assembly Rules and Restoration Ecology. Bridging the Gap between Theory and Practice*, Island Press, Washington, 115-131.
- BENGTSSON J., ANGELSTAM P., ELMQVIST T., EMANUELSSON U., FOLKE C., IHSE M., MOBERG F., NYSTROM M. (2003) : "Reserves, resilience and dynamic landscapes", *Ambio*, 32, 389-396.
- BENVENUTI S. (2007) : "Weed seed movement and dispersal strategies in the agricultural environment", *Weed Biology and Management*, 7, 141-157.
- BLANC L. (2000) : *Données spatio-temporelles en écologie et analyses multitableaux: examen d'une relation*, thèse doctorat, Université Claude Bernard - Lyon 1, Lyon, 266 p.
- BLANC L., CHESSEL D., DOLÉDEC S. (1998) : "Etude de la stabilité temporelle des structures spatiales par analyse d'une série de tableaux de relevés faunistiques totalement appariés", *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 348, 1-21.
- BOUTIN C., BARIL A., MARTIN P.A. (2008) : "Plant diversity in crop fields and woody hedgerows of organic and conventional farms in contrasting landscapes", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123, 185-193.
- BROSE U., MARTINEZ N.D., WILLIAMS R.J. (2003) : "Estimating species richness: Sensitivity to sample coverage and insensitivity to spatial patterns", *Ecology*, 84, 2364-2377.
- BUCHIN S., MARTIN B., DUPONT D., BORNARD A., ACHILLEOS C. (1999) : "Influence of the composition of Alpine highland pasture on the chemical, rheological and sensory properties of cheese", *J. Dairy Research*, 66, 579-588.
- BUREL F., BAUDRY J. (1999) : *Ecologie du paysage - Concepts, méthodes et applications*, Tech & Doc ed., Paris.
- CAIN M.L., MILLIGAN B.G., STRAND A.E. (2000) : "Long-distance seed dispersal in plant populations", *American J. Botany*, 87, 1217-1227.
- CHAUVEL B., COLBACH N., MUNIER-JOLAIN N. (1998) : "How to estimate weed flora in field? Comparison of sampling methods", *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz-J. Plant Diseases and Protection*, 16, 265-272.
- CIMALOVA S., LOSOSOVA Z. (2009) : "Arable weed vegetation of the northeastern part of the Czech Republic: effects of environmental factors on species composition", *Plant Ecology*, 203, 45-57.
- CLERGUÉ B., AMIAUD B., PERVANÇON F., LASSERRE-JOULIN F., PLANTUREUX S. (2005) : "Biodiversity: function and assessment in agricultural areas. A review", *Agronomy for Sustainable Development*, 25, 1-15.
- COLBACH N., GARDARIN A., GRANGER S., GUILLEMIN J.-P., MUNIER-JOLAIN N. (2008) : "La modélisation au service de l'évaluation et de la conception des systèmes de culture intégrés", *Innovations Agronomiques*, 3, 61-73.
- COQUIL X., BLOUET A., FIORELLI J.-L., BAZARD C., TROMMENSCHLAGER J.-M. (2009A) : "Conception de systèmes laitiers en agriculture biologique: une entrée agronomique", *Productions Animales*, 22, 221-234.
- COQUIL X., FIORELLI J.-L., MIGNOLET C., BLOUET A., FOISSY D., TROMMENSCHLAGER J.-M., BAZARD C., GAUJOUR E., GOUTTENOIRE L., SCHRACK D. (2009B) : "Evaluation multicritère de la durabilité agro-environnementale de systèmes de polyculture élevage laitiers biologiques", *Innovations Agronomiques*, 4, 239-247.
- COUSINS S.A.O. (2009) : "Landscape history and soil properties affect grassland decline and plant species richness in rural landscapes", *Biological Conservation*, 142, 2752-2758.
- CRITCHLEY C.N.R., CHAMBERS B.J., FOWBERT J.A., SANDERSON R.A., BHOGAL A., ROSE S.C. (2002) : "Association between lowland grassland plant communities and soil properties", *Biological Conservation*, 105, 199-215.
- DAUBER J., HIRSCH M., SIMMERING D., WALDHARDT R., OTTE A., WOLTERS V. (2003) : "Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98, 321-329.

- DIAZ S., CABIDO M., CASANOVES F. (1998) : "Plant functional traits and environmental filters at a regional scale", *J. Vegetation Science*, 9, 113-122.
- DIAZ S., CABIDO M., CASANOVES F. (1999) : "Functional implications of trait-environment linkages in plant communities", E. Weither, P. Keddy, eds., *Ecological assembly rules*, 414 pages.
- DUPRÉ C. (2000) : "How to determine a regional species pool: a study in two Swedish regions", *Oikos*, 89, 128-136.
- ELMQVIST T., FOLKE C., NYSTROM M., PETERSON G., BENGTTSSON J., WALKER B., NORBERG J. (2003) : "Response diversity, ecosystem change, and resilience", *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1, 488-494.
- ERNOULT A. (2005) : *Les apports de l'histoire récente dans l'étude des relations biodiversité - paysage - Le cas de la plaine alluviale de la basse vallée de la Seine*, thèse doctorat, Université de Rouen, Rouen, 164 p.
- ERNOULT A., FREIRÉ-DIAZ S., LANGLOIS E., ALARD D. (2006) : "Are similar landscapes the result of similar histories?", *Landscape Ecology*, 21, 631-639.
- ESCOFIER B., PAGES J. (1994) : "Multiple factor-analysis (AFMULT package)", *Computational Statistics & Data Analysis*, 18, 121-140.
- FITTER A.H., PEAT H.J. (1994) : "The ecological flora database", *J. Ecology*, 82, 415-425.
- FORMAN R.T.T., GODRON M. (1981) : *Landscape Ecology*, Jon Wiley and sons, New-York.
- FRIED G., NORTON L.R., REBOUD X. (2008A) : "Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France", *Agriculture Ecosystems & Environment*, 128, 68-76.
- FRIED G., CHAUVEL B., REBOUD X. (2008B) : "Evolution de la flore adventice des champs cultivés au cours des dernières décennies: vers une sélection de groupes d'espèces répondant aux systèmes de culture", *Innovations Agronomiques*, 3, 15-26.
- GABRIEL D., THIES C., TSCHARNTKE T. (2005) : "Local diversity of arable weeds increases with landscape complexity", *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 7, 85-93.
- GAUJOUR E., NERRIÈRE A., MIGNOLET C., AMIAUD B. (2009) : "Landscape pattern dynamics differently affects permanent grassland vegetation according to seed dispersal agents", *INTECOL Congress*, Brisbane, Australia.
- GAUJOUR E., AMIAUD B., MIGNOLET C., PLANTUREUX S. (2011) : "Factors and processes affecting plant biodiversity in permanent grasslands. A review", *Agronomy for Sustainable Development*, DOI 10.1007/s13593-011-0015-3
- GEERTSEMA W., OPDAM P., KROPFF M.J. (2002) : "Plant strategies and agricultural landscape: survival in spatially and temporally fragmented habitat", *Landscape Ecology*, 17, 263-279.
- GLEASON H.A. (1920) : "Some applications of quadrat method", *Bulletin of the Terrey Botanical Club*, 47, 21-33.
- GRIME J.P., HODGSON J.G., HUNT R. (2007) : *Comparative plant ecology - A functional approach to common British species*, Chapman & Hall ed., Ipswich, Suffolk.
- HIRST R.A., PYWELL R.F., MARRS R.H., PUTWAIN P.D. (2005) : "The resilience of calcareous and mesotrophic grasslands following disturbance", *J. Applied Ecology*, 42, 498-506.
- HOLLING C.S. (1973) : "Resilience and stability of ecological systems", *Annual Review of Ecology and Systematics*, 41, 1-23.
- HOPKINS A. (1986) : "Botanical composition of permanent grassland in England and Wales in relation to soil, environment and management factors", *Grass and Forage Science*, 41, 237-246.
- JANSENS F., PEETERS A., TALLOWIN J.R.B., BAKKER J.P., BEKKER R.M., FILLAT F., OOMES M.J.M. (1998) : "Relationship between soil chemical factors and grassland diversity", *Plant and Soil*, 202, 69-78.
- KEDDY P.A. (1992) : "Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology", *J. Vegetation Science*, 3, 157-164.
- KLEYER M., BEKKER R.M., KNEVEL I.C., BAKKER J.P., THOMPSON K., SONNENSCHNEIN M., POSCHLOD P., GROENENDAEL J.M.V., KLIMES L., KLIMESOVA J., KLOTZ S., RUSCH G.M., HERMY M., ADRIAENS D., BOEDELTE G., BOSSUYT B., DANNEMANN A., ENDELS P., GÖTZENBERGER L., HODGSON J.G., JACKEL A.-K., KÜHN I., KUNZMANN D., OZINGA W.A., RÖRMERMANN C., STADLER M., SCHLEGELMILCH J., STEENDAM H.J., TACKENBERG O., WILMANN B., CORNELISSEN J.H.C., ERIKSSON O., GARNIER E., PECO B. (2008) : "The LEDA Traitbase: a database of life-history traits of the Northwest European flora", *J. Ecology*, 96, 1266-1274.
- KRAUSS J., KLIEN A.-M., STEFFAN-DEWENTER I., TSCHARNTKE T. (2004) : "Effects of habitat area, isolation, and landscape diversity on plant species richness of calcareous grasslands", *Biodiversity and Conservation*, 13, 1427-1439.
- LAVOREL S., GARNIER E. (2002) : "Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail", *Functional Ecology*, 16, 545-556.
- LE COEUR D., BAUDRY J., BUREL F. (1997) : "Fields margins plant assemblages: variation partitioning between local and landscape factors", *Landscape and Urban Planning*, 37, 57-71.
- LE ROUX X., BARBAULT R., BAUDRY J., BUREL F., DOUSSAN I., GARNIER E., HERZOG F., LAVOREL S., LIFRAN R., ROGER-ESTRADE J., SARTHOU J.-P., TROMMETTER M. (2008) : *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport*, INRA, France.
- LOEHLE C., WEIN G. (1994) : "Landscape habitat diversity - a multiscale information-theory approach", *Ecological Modelling*, 73, 311-329.
- MARIE M. (2009) : *Des pratiques des agriculteurs à la production de paysage de bocage - Etude comparée des dynamiques et des logiques d'organisation spatiale des systèmes agricoles laitiers en Europe (Basse-Normandie, Galice, Sud de l'Angleterre)*, Université de Caen / Basse-Normandie, Caen.
- MARINI L., FONTANA P., SCOTTON M., KLIMEK S. (2008) : "Vascular plant and Orthoptera diversity in relation to grassland management and landscape composition in the European Alps", *J. Applied Ecology*, 45, 361-370.
- MCGARIGAL K., MARKS J.B. (1995) : *Fragstats: Spatial Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*, Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351, Portland, OR: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- MICHAUD A., PLANTUREUX S., AMIAUD B., CARRÈRE P., CRUZ P., DURU M., DURY B., FARRUGIA A., FIORELLI J.-L., KERNEIS E., BEAUMONT R. (2011A) : "Identification of the environmental factors which drive the botanical and functional composition of permanent grasslands", *J. Agricultural Science*, disponible : CJO 2011 doi:10.1017/S0021859611000530.
- MICHAUD A., PLANTUREUX S., BEAUMONT R. (2011B) : "How to classify permanent grasslands? Conclusion from a French national network", *European Grasslands Federation Symposium 2011*, Raumberg-Gumpenstein, Austria.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) : *Ecosystem and human well-being: biodiversity synthesis*, Washington, DC.
- MONNET J.C. (1996) : *Caractérisation fonctionnelle d'unités cartographiques prairiales dans le massif du Jura. Application à la définition des terroirs du Comté*, thèse doctorat, Université de Franche-Comté, 526 p.
- MONNET J.C., BERODIER F., BADOT P.M. (2000) : "Characterization and localization of a cheese georegion using edaphic criteria (Jura mountains, France)", *J. Dairy Science*, 83, 1692-1704.
- MOUSSIÉ A.M., LENGKEEK W., VAN DIGGELEN R. (2005) : "Estimating adhesive seed-dispersal distances: field experiments and correlated random walks", *Functional Ecology*, 19, 478-486.

- NATHAN R. (2006) : "Long-distance dispersal of plants", *Science*, 313, 786-788.
- NATHAN R., SCHURR F.M., SPIEGEL O., STEINITZ O., TRAKHTENBROT A., TSOAR A. (2008) : "Mechanisms of long-distance seed dispersal", *Trends in Ecology and Evolution*, 23, 638-647.
- OZINGA W.A., SCHAMINÉE J.H.J., BEKKER R.M., BONN S., POSCHLOD P., TACKENBERG O., BAKKER J.P., GROENENDAEL J.M. (2005) : "Predictability of plant species composition from environmental conditions is constrained by dispersal limitation", *Oikos*, 108, 555-561.
- PERES-NETO P.R., LEGENDRE P., DRAY S., BORCARD D. (2006) : "Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions", *Ecology*, 87, 2614-2625.
- PETERSON G.D. (2002) : "Contagious disturbance, ecological memory, and the emergence of landscape pattern", *Ecosystems*, 5, 329-338.
- PLANTUREUX S., AMIAUD B. (2010) : "e-FLORA-sys, a website tool to evaluate agronomical and environmental value of grasslands", 23rd EGF general meeting, Kiel, Germany.
- RATNADASS A., FERNANDES P., AVELINO J., HABIB R. (2011) : "Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review", *Agronomy for Sustainable Development*, sous presse, DOI 10.1007/s13593-011-0022-4.
- REW L.J., COUSENS R.D. (2001) : "Spatial distribution of weeds in arable crops: are current sampling and analytical methods appropriate?", *Weed Research*, 41, 1-18.
- REW L.J., FROUD-WILLIAMS R.J., BOATMAN N.D. (1996) : "Dispersal of *Bromus sterilis* and *Anthriscus sylvestris* seed within arable field margins", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 59, 107-114.
- ROSENZWEIG M.L. (1995) : *Species diversity in space and time*, Cambridge University Press, 434 p.
- SÖDERSTRÖM B., SVENSSON B., VESSBY K., GLISMSKÄR A. (2001) : "Plants, insects and birds in semi-natural pastures in relation to local habitat and landscape factors", *Biodiversity and Conservation*, 10, 1839-1863.
- STRYKSTRA R.J., BEKKER R.M., VERWEIJ G.L. (1996) : "Establishment of *Rhinanthus angustifolius* in a successional hayfield after seed dispersal by mowing machinery", *Acta Botanica Neerlandica*, 45, 557-562.
- STRYKSTRA R.J., VERWEIJ G.L., BAKKER J.P. (1997) : "Seed dispersal by mowing machinery in a Dutch brook valley system", *Acta Botanica Neerlandica*, 46, 387-401.
- SUAREZ-SEOANE S., BAUDRY J. (2002) : "Scale dependence of spatial patterns and cartography on the detection of landscape change: relationships with species' perception", *Ecography*, 25, 499-511.
- THENAIL C. (1996) : *Exploitations agricoles et territoire(s): contribution à la structuration de la mosaïque paysagère*, thèse doctorat, Université de Rennes, Rennes, 379 p.
- THIOULOUSE J., CHESSEL D. (1987) : "Les analyses multitableaux en écologie factorielle. 1- De la typologie d'état à la typologie de fonctionnement par l'analyse triadique", *Acta Oecologica*, 8, 463-480.
- TROMMENSCHLAGER J.-M., GAUJOUR E., FONTANA E., HARMAND M., FOISSY D., HUGUET J., BAZARD C. (2010) : "Gérer et organiser les données agricoles et de recherche d'un site expérimental - Réalisation d'une base de données dans le cadre de l'expérimentation-système en place sur l'Installation Expérimentale de l'UR ASTER Mirecourt", *Cahier des Techniques INRA*, 69, 5-27.
- VIOLLE C., NAVAS M.-L., VILE D., KAZAKOU H., FORTUNEL C., HUMMEL I., GARNIER E. (2007) : "Let the concept of trait be functional", *Oikos*, 116, 882-892.
- VITTOZ P., ENGLER R. (2007) : "Seed dispersal distances: a typology based on dispersal modes and plant traits", *Botanica Helvetica*, 117, 109-124.
- WALKER B., KINZIG A., LANGRIDGE J. (1999) : "Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species", *Ecosystems*, 2, 95-113.
- WEIBULL A.-C., ÖSTMAN Ö. (2003) : "Species composition in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management", *Basic and Applied Ecology*, 4, 349-361.
- WEIBULL A.-C., ÖSTMAN Ö., GRANQVIST A. (2003) : "Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management", *Biodiversity and Conservation*, 12, 1335-1355.
- WEIHER E., VAN DER WERF A., THOMPSON K., RODERICK M., GARNIER E., ERIKSSON O. (1999) : "Challenging theophrastus: A common core list of plant traits for functional ecology", *J. Vegetation Science*, 10, 609-620.
- WHITE T.A., BARKER D.J., MOORE K.J. (2004) : "Vegetation diversity, growth, quality and decomposition in managed grasslands", *Agriculture Ecosystems & Environment*, 101, 73-84.
- WOODWARD F.I., DIAMENT A.D. (1991) : "Functional approaches to predicting the ecological effects of global change", *Functional Ecology*, 5, 202-212.

Dispersion des semences	Masse des semences ¹	Stratégie d'établissement ²	Stratégie de régénération ³	Forme de vie ⁴	Histoire de vie ⁵	Stock semencier ⁶
Zoochore	Mass_low	Strat_CSR	RegStrat_V	Hémicryptophyte	LifHist_P	SeedBk_1
Anémochore	Mass_med1	Strat_C	RegStrat_S	Thérophyte	LifHist_M	SeedBk_2
Autochore	Mass_med2	Strat_S	RegStrat_Bs	Chaméphyte	LifHist_Aw	SeedBk_3
Barochore	Mass_med3	Strat_R	RegStrat_Sv	Géophyte	LifHist_As	SeedBk_4
Anthropochore	Mass_med4	Strat_SC	RegStrat_(V)	Phanérophyte	LifHist_B	
Hydrochore	Mass_high	Strat_SR	RegStrat_W	Hélophyte		
Myrméchore		Strat_CR				

1 : Masse des semences :
 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

2 : Stratégie d'établissement :
 Strat_C = Compétitive
 Strat_S = Tolérante au stress
 Strat_R = Rudérale
 Strat_SC = Compétitive et tolérante au stress
 Strat_SR = Rudérale et tolérante au stress
 Strat_CR = Compétitive-rudérale
 Strat_CSR = Stratégie mixte

3 : Stratégie de régénération :
 RegStrat_V = Dispersion latérale végétative
 RegStrat_S = Régénération saisonnière par semences
 RegStrat_Bs = Un stock de semences enfouies persistantes
 RegStrat_Sv = Régénération saisonnière par voie végétative
 RegStrat_(V) = Intermédiaire entre Sv et V
 RegStrat_W = Régénération impliquant la dissémination d'un grand nombre de semences

4 : *sensu* RAUNKIAER (1934)

5 : Histoire de vie :
 LifHist_As = Annuelle d'été
 LifHist_Aw = Annuelle d'hiver
 LifHist_B = Généralement bi-annuelle
 LifHist_M = Pérenne monocarpique (> 2 ans)
 LifHist_P = Pérenne polycarpique

6 : Type de stock semencier :
 SeedBk_1 = La plupart des semences germent tôt après leur dissémination
 SeedBk_2 = La plupart des semences persistent seulement jusqu'au début de la saison suivante
 SeedBk_3 = Une faible quantité de semences persiste dans le sol mais la densité de semences dans le sol est seulement élevée juste après leur dissémination
 SeedBk_4 = Il y a un important stock semencier très persistant

ANNEXE 1 : Les sept propriétés fonctionnelles retenues et leurs attributs respectifs (d'après GRIME et al., 2007).

APPENDIX 1 : The seven functional properties taken into consideration and their respective attributes (after GRIME et al., 2007).

Avoine	AB*	Luzerne	AB*	Prairie permanente	Vergers
AB* Avoine + Féveroles		Luzerne		Prairie permanente	Culture inconnue
AB Avoine hiver + Protéagineux		Maïs ensilage	AB	Prairie temporaire	Bâti
AB Avoine printemps + Protéagineux	AB	Orge hiver		Prairie temporaire	Chemin en herbe
AB Blé hiver		Orge hiver	AB	Seigle	Chemin en cailloux
Blé hiver	AB	Orge hiver + luzerne		Tournesol	Etang
AB Blé hiver + Prairie temporaire	AB	Orge hiver + Prairie temporaire	AB	Triticale	Forêt
Blé printemps	AB	Orge printemps		Triticale	Friche
Colza		Orge printemps	AB	Triticale hiver + Protéagineux	Rivière
AB Epeautre	AB	Orge printemps + Prairie temporaire	AB	Triticale printemps + Luzerne	Route goudronnée +
Féтуque	AB	Orge printemps + Protéagineux	AB	Triticale printemps + Protéagineux	Chemin de fer
Féveroles					Ruisseau

* AB signifie que le couvert est mené suivant le cahier des charges de l'agriculture biologique

ANNEXE 2 : Liste des occupations du sol distinguées dans le paysage de l'installation expérimentale INRA de Mirecourt.

APPENDIX 2 : Land use pattern of the landscape used for the INRA Mirecourt experiment.