

**AFPP – VINGTIÈME CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
DIJON – 11 ET 12 DÉCEMBRE 2007**

**REPARTITION DE LA FLORE ADVENTICE A L'ECHELLE D'UN PAYSAGE AGRICOLE :
ANALYSE DE LA DIVERSITE DES PLEINS CHAMPS ET DES BORDURES**

G. FRIED ⁽¹⁾, C. GIROD ⁽²⁾, M. JACQUOT ⁽³⁾, F. DESSAINT ⁽⁴⁾

UMR 1210 Biologie et Gestion des Adventices, INRA ^{(1) (3) (4)}, ENESAD, UB,
17 rue Sully, BP 86510, F-21065 Dijon, France
⁽¹⁾ gfried@dijon.inra.fr, ⁽³⁾ dessaint@dijon.inra.fr

⁽²⁾ 16, Chemin des Châtaigniers, F-69530 Brignais
chrisgir2@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Lors d'études portant sur la flore des champs cultivés l'observation des adventices s'est principalement concentrée à l'intérieur de la parcelle cultivée. Pourtant les populations de nombreuses espèces adventices des cultures s'étendent au-delà des limites du champ. Les bords de champs peuvent en particulier constituer une voie d'entrée de nouvelles adventices (cas des bromes) ou un refuge pour des espèces en déclin (cas des messicoles). Pour d'autres espèces, la bordure constitue aussi le réservoir de futures contaminations. Cette étude (1) précise la flore caractéristique des différentes zones d'une parcelle agricole (champ, bord de champ, bord de chemins) et (2) quantifie l'apport respectif de ces zones à la diversité floristique totale du paysage agricole.

Mots-clés : bords de champs, partitionnement de la diversité, communauté, richesse spécifique.

SUMMARY

WEED FLORA DISTRIBUTION AT THE LANDSCAPE SCALE: PATTERNS OF SPECIES RICHNESS BETWEEN FIELD CORE AREA AND CROP EDGES

Studies about arable weeds have mainly concerned the area within the field. The populations of many weed species extend, however, beyond the boundaries of crop fields. Field margins could constitute an important way of entry for new weed species (case of *Bromus* species) or a refuge for some declining rare arable weeds. The objective of this study is (1) to precise what are the characteristic species of the different areas in and around an arable fields (field core area, crop edges, field margin, boundaries) and (2) to quantify the respective contributions of these areas to species diversity at the agricultural landscape scale.

Key words : field margins, diversity partition, weed community, species richness.

INTRODUCTION

L'étude de la dynamique des espèces adventices des cultures s'est longtemps réduite à l'espace interne de la parcelle cultivée. Cependant, les populations de nombreuses espèces occupent un espace plus important dans le paysage agricole notamment dans les bords de champs et les habitats rudéraux voisins (Wilson & Aebischer, 1995). Mieux comprendre la dynamique des populations d'adventices nécessite donc d'élargir l'échelle d'étude à l'ensemble des compartiments d'un paysage agricole : champ, bord de champ et milieux directement voisins tels que les talus, bords de chemins, fossés, haies ou bosquets.

Les bords de champs sont reconnus pour remplir diverses fonctions agronomiques, environnementales ou récréatives (Marshall & Moonen, 2002). Leur rôle premier est la délimitation des parcelles. Avec l'intensification des pratiques agricoles ces 50 dernières années, les bords de champs sont devenus un des derniers refuges pour la vie sauvage dans les grands espaces cultivés, en particulier pour les espèces messicoles (plantes annuelles inféodées aux moissons) aujourd'hui en déclin (Jauzein, 2001) avant l'adoption des jachères en 1992. Certaines bordures cultivées très fleuries peuvent présenter un attrait esthétique indéniable et dès lors, développer une valeur récréative. A l'opposé, les bords de champs peuvent aussi constituer une zone d'installation puis une voie d'entrée de nouvelles adventices autrefois inféodées à des milieux rudéraux : c'est notamment le cas de certains bromes (*Bromus hordeaceus*, *B. sterilis*) devenus récemment des adventices sérieuses des céréales (Jauzein, 2000). Enfin, les bordures sont aussi reconnues comme des zones tampons écologiques limitant la diffusion d'intrants agricoles (nitrates, produits phytosanitaires) vers les habitats adjacents. C'est à ce titre qu'intervient dans la nouvelle Politique Agricole Commune (PAC), la « mise en place d'une surface en couvert environnemental ». La localisation en bandes enherbées est obligatoire le long des cours d'eau, la largeur des bandes est de 5 mètres au minimum et la superficie totale de la zone doit être au minimum de 5 ares. Cette mesure est obligatoire pour tous les agriculteurs et concerne 3% de la surface en céréales, oléo-protéagineux, lin, chanvre et gel de l'exploitation. Cela peut constituer une transformation importante du paysage agricole avec des conséquences très diverses tant agronomiques, qu'écologiques, sociologiques ou paysagères. Afin d'essayer d'en préciser l'impact potentiel sur l'évolution de la flore adventice du champ cultivé, il nous paraissait nécessaire d'acquérir une meilleure connaissance de la répartition des espèces entre plein champ et bordures à l'échelle d'un paysage agricole étendu.

Ainsi, en attendant de disposer de données sur les bordures enherbées liées à la PAC, l'objectif de cette étude est de mieux cerner les relations et les différences de composition et de diversité de la végétation des pleins champs, des bords de champs et des bordures herbacées classiques immédiatement attenantes au champ. A l'échelle du paysage agricole, quelle est la contribution respectivement apportée par ces différents éléments à la diversité floristique du paysage? Est-ce que les parcelles où les bordures sont les plus riches sont aussi celles où l'on observe une plus grande richesse dans le plein champ? Quelles sont les espèces caractéristiques de chaque zone de la parcelle? Pour chaque espèce, comment se distribuent les populations entre ces différentes zones? Autrement dit, quelle est la part de la population adventice sous la dépendance directe des techniques agricoles?

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Un ensemble de 82 parcelles de grandes cultures a été échantillonné à l'échelle d'un paysage agricole du département de la Côte-d'Or, sur les communes de Fénay, Saulon-la-Rue et Saulon-la-Chapelle. Le site d'étude est localisé dans les collines du Dijonnais à une altitude variant entre 207 et 235 mètres. Les altitudes les plus élevées correspondent à des collines marneuses oligocènes comprenant des sols calcaires et calciques, les altitudes les plus basses correspondent à des sols argileux calcaires profonds, des alluvions récents (rivière Sans-Fond) ou des terres argileuses profondes des basses terrasses (Chrétien, 2000). Le paysage est de type openfield. Il inclut quelques bosquets et est marqué par la

traversée d'une rivière entourée d'une ripisylve. Les parcelles suivies se répartissent en deux îlots de parcelles adjacentes.

COLLECTE DES DONNEES FLORISTIQUES

Zones distinguées au sein des parcelles agricoles échantillonnées

Les compartiments du paysage étudiés correspondent à un gradient depuis le centre des parcelles cultivées jusque dans leur environnement immédiat. Ainsi, dans chaque parcelle agricole échantillonnée, 4 zones présentant *a priori* une physiologie végétale différente ont été distinguées. La bordure herbacée extérieure (BH) de la parcelle est la zone de végétation du milieu directement voisin de la culture matérialisant en général la limite entre le champ et un autre type d'utilisation du sol (chemin, forêt, fossé, haie, habitations, etc.). L'interface (IF) est une zone ouverte (perturbée par le travail du sol) entre la dernière ligne de semis de la culture et la bordure herbacée (BH) : cette zone peut-être de largeur variable et quelques fois absente. Le bord de champ (BC) correspond à la zone extérieure du champ cultivé depuis la zone d'interface jusqu'à 20 m à l'intérieur du champ (Marshall & Arnold, 1995). Le plein champ (PC) est la zone centrale de la parcelle excluant le bord du champ (BC) pour lequel des effets de bords peuvent se manifester. Sur les 82 parcelles échantillonnées, nous n'avons retenu dans la présente analyse que 47 parcelles pour lesquelles, l'ensemble des relevés dans les 4 zones ont pu être effectués. Les cultures ont été regroupées selon cinq catégories : céréales d'hiver (15 parcelles) : blé d'hiver et orge d'hiver ; colza (9 parcelles) ; céréales de printemps (5 parcelles) : orge de printemps; betterave (8 parcelles) et cultures estivales (10 parcelles) : soja et tournesol.

Relevés floristiques

Les relevés floristiques ont été effectués de fin mars à début avril pour les cultures d'hiver (colza, céréales d'hiver), de manière à couvrir les espèces annuelles hivernales et printanières, début mai pour les céréales de printemps et début juin pour les betteraves et les cultures estivales. Dans la zone de plein champ, un rectangle de 2000 m² (50 m x 40 m) est parcouru par deux personnes. La liste des espèces rencontrées est notée et les abondances correspondantes (discutées entre les deux observateurs) sont indiquées suivant les coefficients de G. Barralis (1976) : + (vue une fois sur la parcelle), 1 (moins de 1 plante au m²), 2 (1 ou 2 pl/m²), 3 (de 3 à 20 pl/m²), 4 (de 21 à 50 pl/m²), 5 (plus de 50 pl/m²).

Les autres zones (BC, IF et BH) ont été échantillonnées le long d'un transect de 50 m parallèle au rectangle du plein champ. Le relevé floristique du bord de champ a toujours été effectué sur une largeur de 1 mètre. Suivant les situations, les relevés floristiques de l'interface et de la bordure herbacée ont été échantillonnés sur une largeur variant de 0,1 à 1 m dès que cela était possible. Pour les zones BC et IF, les abondances ont été notées selon le même protocole que dans le plein champ. La bordure herbacée ayant un aspect se rapprochant d'une prairie, l'application des coefficients de G. Barralis basés sur un nombre de individus au m² n'était plus possible. Des coefficients de recouvrement de Braun-Blanquet ont été considérés comme plus adaptés dans ce cas : r (un individu), + (recouvrement insignifiant), 1 (moins de 5%), 2 (5-25%), 3 (25-50%), 4 (50-75%), 5 (plus de 75%).

ANALYSES DES DONNEES

Richesse et diversité des communautés

La richesse spécifique d'un peuplement correspond simplement au nombre d'espèces qui le constitue. La richesse spécifique moyenne d'une zone ou d'une culture sur un ensemble de parcelles est notée α . La richesse spécifique totale (cumul sur plusieurs parcelles) d'une zone ou d'une culture est notée γ . Les richesses spécifiques moyennes et totales ont été comparées entre les différentes zones de la parcelle, entre les différentes cultures et enfin, entre les différentes zones des différentes cultures.

Partitionnement de la diversité des communautés

Nous avons suivi l'approche développée par Lande (1996) qui partitionne la diversité totale (γ) entre la diversité à l'intérieur des communautés (α) et de la diversité entre communautés (β). Cela conduit à un modèle de partitionnement additif de la diversité définissant la diversité β comme la différence entre la diversité γ et la diversité α : $\beta = \gamma - \alpha$. Le partitionnement de la diversité fournit la structure avec laquelle la diversité peut-être mesurée à différents niveaux d'organisations emboîtées. Le partitionnement additif est une méthode qui offre un plus gros potentiel que l'approche multiplicative pour étudier la diversité puisqu'elle permet l'analyse de multiples échelles spatiales organisées de façon hiérarchique permettant ainsi de révéler quelle échelle a une diversité maximisée. De plus, cette méthode facilite la comparaison entre et à l'intérieur d'un ensemble de données puisque les diversités α , β , γ sont exprimées dans la même unité.

Pour effectuer ces analyses, nous avons effectué des regroupements des zones présentes dans une parcelle agricole cultivée. Nous obtenons six niveaux d'organisation pour le partitionnement : (1) le plein champ : c'est la zone centrale de la parcelle. Elle correspond au relevé effectué sur les 2000 m². (2) Le *champ cultivé* qui regroupe les relevés des zones PC et BC, correspond à l'ensemble des zones incluant la culture. (3) La *zone travaillée* qui regroupe les relevés des zones PC, BC et IF, correspond à l'ensemble des zones perturbées par le travail mécanique du sol. (4) Enfin, la *parcelle étendue* regroupe les quatre zones : plein champ, bord de champ, interface et bordure herbacée. Dans chaque regroupement, le coefficient d'abondance pour une espèce, correspond au coefficient maximum obtenu par l'espèce dans l'un des relevés. (5) Le cinquième niveau correspond au regroupement des *parcelles étendues* (niveau 4) par type de culture. (6) Le sixième niveau est le paysage qui couvre l'ensemble des *parcelles étendues*. Le partitionnement de la diversité égale : $\gamma = \alpha + \beta_{PC} + \beta_{Ch} + \beta_{Ai} + \beta_{Pa} + \beta_{Cu}$.

Variations de la composition des communautés

Une analyse de la similarité (ANOSIM) de la composition des 4 zones a été réalisée sur la base des présences-absences (indice de Jaccard) et de l'abondance (Indice de Bray-Curtis) des espèces. La méthode ANOSIM permet de tester l'existence de différences significatives entre deux (ou plus) groupes de stations. Elle utilise pour cela, les données issues de la matrice de similarité entre les stations. Par analogie avec l'ANOVA, cette méthode est basée sur la comparaison des distances à l'intérieur des groupes (rw) et des distances entre groupes (rb) sur la base de la formule suivante : $R = (rb-rw)/(N(N-1)/4)$ où N est le nombre total de relevés considérés. Si les groupes de stations sont réellement différents en terme de composition spécifique, alors les valeurs de similarité entre stations appartenant à des groupes différents doivent être plus faibles que celles observées pour des stations appartenant au même groupe. Ainsi, une valeur de R élevée (jusqu'à 1) signifie qu'il y a des différences importantes entre groupes. La significativité des résultats est testée par permutation de l'appartenance des relevés aux groupes (10 000 répliques). Une correction de Bonferroni a été appliquée pour tenir compte des comparaisons multiples.

Espèces indicatrices

Afin de savoir d'une part s'il existe des espèces spécifiques à chaque zone et d'autre part quels sont leur identité et leur degré de spécialisation à l'une des zones, nous avons utilisé la procédure IndVal (Dufrêne et Legendre, 1997). Cette méthode permet de calculer la valeur indicatrice (IV) des espèces par rapport à des ensembles de relevés, définis dans le cas présent par les 4 zones de la parcelle. La valeur indicatrice de l'ensemble des espèces adventices présentes a donc été calculée en fonction de leurs fréquences et de leurs abondances au sein des 188 relevés rangés en quatre catégories : 1-plein champ; 2-bord de champ; 3-interface; 4- bordure herbacée. L'indice IV combine pour chaque espèce i, une valeur d'abondance relative (A) et de fréquence relative (B) par rapport à chaque zone de relevés j : $IV = (A_{ij}/A_i) \times (B_{ij}/B_j) \times 100$. Ces deux valeurs représentent des informations indépendantes et

sont multipliées. L'indice est ensuite exprimé en pourcentage. Le cas extrême d'un indice de 100 % pour une zone signifie que l'on trouve une espèce dans tous les relevés réalisés dans cette zone et qu'elle est en même temps absente de tous les relevés des autres zones. La significativité des valeurs indicatrices est mesurée au moyen de 999 permutations aléatoires des lignes et des colonnes de la matrice floristique.

Enfin, deux indices de répartitions (IR_F et IR_A) ont été calculés pour les espèces, prenant respectivement en compte la fréquence relative des espèces et leur abondance relative dans les différentes zones puis une statistique basée sur l'indice de Shannon. Les espèces ayant une répartition uniforme sur les différentes zones ont une valeur proche de 0 alors que celles dont la répartition est concentrée sur une seule zone ont une valeur de 1.

RÉSULTATS

VARIATIONS DE LA DIVERSITE DES COMMUNAUTES ADVENTICES A L'ECHELLE DU PAYSAGE

Richesse spécifique des communautés

154 espèces ont été recensées sur l'ensemble du site d'étude, soit 7,3% de la flore présente en Côte-d'Or. Les valeurs de richesses ne sont pas directement comparables entre les différentes zones du paysage car l'effort d'échantillonnage n'a pas été identique (en particulier la surface échantillonnée). On peut toutefois noter que la zone de plein champ, bien qu'ayant été échantillonnée sur la surface la plus vaste (2000m² contre ~ 50m²), est la zone la plus pauvre. La richesse spécifique moyenne (α) augmente du plein champ vers la bordure herbacée (Figure 1). On peut distinguer d'une part, les pleins champs et les bords de champs qui ont une richesse comparable avec en moyenne respectivement 8,7 et 10,4 espèces, et d'autre part, les interfaces et les bordures herbacées, plus riches, avec respectivement 16,7 et 18,9 espèces. La variabilité de la richesse est aussi plus importante dans les interfaces et les bordures herbacées avec des linéaires qui peuvent être très riches (jusqu'à 30-35 espèces) ou à l'inverse très pauvres (6-10 espèces). La richesse du plein champ et du bord de champ est plus stable autour de 9-10 espèces.

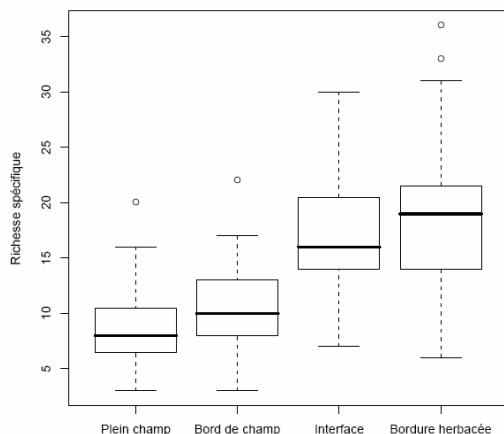


Figure 1 : Distribution de la richesse spécifique pour les différentes zones

Figure 1 : Species richness distribution along the different zones

Du point de vue de la richesse totale (γ) des zones sur l'ensemble du site d'étude, on observe un gradient de richesse plus marqué, croissant régulièrement du plein champ jusqu'à la bordure herbacée (Tableau I). Un total de 67 espèces est observé dans la zone centrale (PC) des parcelles (soit seulement 44% des espèces présentes dans l'ensemble du site d'étude) tandis que les bordures herbacées abritent 134 espèces, soit 87% de la diversité du site d'étude.

Le colza est la culture qui présente la richesse spécifique moyenne la plus élevée dans les zones travaillées (de manière très nette dans les pleins champs et les interfaces). Les variations de diversité dans les bordures herbacées sont plus difficiles à interpréter : ce sont celles qui bordent les champs de céréales qui présentent une diversité maximale.

Les valeurs de richesse spécifique observées dans les différentes zones travaillées (BC, PC, IF) d'une parcelle ne sont pas corrélées à la richesse spécifique de la bordure herbacée extérieure de la parcelle. Entre chacune des différentes zones de la partie travaillée de la parcelle (PC, BC et IF), les corrélations sont faibles, et seule la richesse spécifique de la zone de plein champ et celle de la zone de bord de champ sont significativement reliées avec une corrélation de $r=0.538$ ($p<0,01$).

Tableau I : Richesse spécifique moyenne (α) et globale (γ) par culture et par zone. Les chiffres entre parenthèses correspondent à l'écart-type.

Table I: Average (α) and total (γ) species richness per crop species and per areas. Numbers between brackets indicate standard deviation.

	PC	BC	IF	BH
Céréales d'hiver (n=15)	$\alpha = 7,7$ (3,0) $\gamma = 30$	$\alpha = 9,7$ (3,1) $\gamma = 48$	$\alpha = 16,8$ (5,9) $\gamma = 80$	$\alpha = 20,7$ (6,6) $\gamma = 93$
Colza (n=9)	$\alpha = 11,1$ (5,2) $\gamma = 34$	$\alpha = 12,8$ (4,4) $\gamma = 45$	$\alpha = 21,1$ (4,7) $\gamma = 64$	$\alpha = 16,6$ (4,6) $\gamma = 64$
Céréales de printemps (n=5)	$\alpha = 8,8$ (3,8) $\gamma = 28$	$\alpha = 12,4$ (4,1) $\gamma = 38$	$\alpha = 15,4$ (1,7) $\gamma = 39$	$\alpha = 23,8$ (5,7) $\gamma = 62$
Betteraves (n=8)	$\alpha = 8,0$ (2,5) $\gamma = 26$	$\alpha = 9,9$ (2,6) $\gamma = 38$	$\alpha = 14,3$ (5,2) $\gamma = 52$	$\alpha = 16,5$ (7,0) $\gamma = 55$
Culture estivale (n=10)	$\alpha = 8,4$ (3,1) $\gamma = 36$	$\alpha = 8,9$ (3,3) $\gamma = 41$	$\alpha = 15,2$ (4,0) $\gamma = 65$	$\alpha = 17,6$ (6,0) $\gamma = 88$
Global	$\alpha = 8,7$ (3,6) $\gamma = 67$	$\alpha = 10,4$ (3,6) $\gamma = 95$	$\alpha = 16,7$ (5,2) $\gamma = 109$	$\alpha = 18,9$ (6,4) $\gamma = 134$

Partitionnement de la diversité des communautés

Avec une richesse de $\alpha=8,7$, un plein champ ne représente en moyenne que 5,6% de la richesse globale à l'échelle du paysage (Figure 2). Le bord de champ augmente en moyenne de $\beta_{Pc}=6$ espèces (soit + 3,9%) la richesse, qui atteint 14,7 espèces au niveau du *champ cultivé*. Avec l'interface, la richesse moyenne augmente encore de $\beta_{Ch}=9,2$ espèces (soit + 6%) pour atteindre 23.9 espèces au niveau de la *zone travaillée*. Enfin, si on ajoute la bordure herbacée, la richesse moyenne de la *parcelle étendue* passe à 33,7, soit un apport moyen de $\beta_{Ai}=9,9$ espèces supplémentaires.

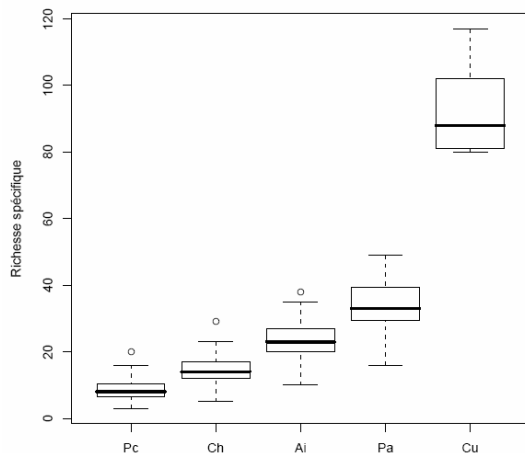


Figure 2 : Partitionnement de la richesse spécifique entre les cinq niveaux d'organisation du paysage agricole. Pc=plein champ ; Ch=champ cultivé ; Ai=zone travaillée ; Pa=Parcelle étendue ; Cu=ensemble des parcelles de la zone d'une même culture.

Figure 2: Species richness partition between the five levels of organization of the agricultural landscape. Pc=field core area ; Ch=cultivated field ; Ai=Tilled zone ; Pa= extended field ; Cu= the whole fields of the area belonging to a same crop species

L'apport d'espèces le plus important s'effectue donc entre les différentes *parcelles étendues* du site d'étude appartenant à une même culture avec un ajout de $\beta_{Pa}=64.4$ espèces (soit + 41.8%) pour atteindre 98.1 espèces en moyenne par type de culture. Les différences entre type de cultures contribuent à un ajout supplémentaire de $\beta_{Cu}=55.9$ espèces (soit + 36.3%) lorsque l'on passe de l'ensemble des *parcelles étendues* au sein d'une culture à l'ensemble des parcelles étendues du paysage étudié.

VARIATIONS DE LA COMPOSITION DES COMMUNAUTES ADVENTICES A L'ECHELLE DU PAYSAGE

L'ANOSIM quantifie les dissimilarités significatives entre les quatre zones, aussi bien en terme de composition ($R=0.266$, $p<0.001$) qu'au niveau de la répartition de l'abondance entre espèces ($R=0.463$, $p<0.001$) dessinant un gradient de composition du plein champ à la bordure herbacée (Tableau II). Les différences les plus importantes opposent le plein champ à la bordure herbacée. A l'opposé, l'interface et le bord de champ ont les compositions les plus similaires. Plus en détail, l'interface se distingue mieux du bord de champ en terme d'abondance des espèces ($R=0.085$) que de composition ($R=0.062$). Le long du gradient de composition, l'interface occupe une position intermédiaire entre plein champ et bordure herbacée. En prenant en compte l'abondance des espèces, l'interface reste toutefois beaucoup plus proche des zones du *champ cultivé* que de la bordure herbacée.

Tableau II : Analyse de la similarité (ANOSIM) de la composition spécifique (indice de Jaccard) et de l'abondance des espèces (indice de Bray-Cutis) au sein des 4 zones étudiées

Table II: Analysis of Similarity (ANOSIM) between species composition (Jaccard index, and species abundance (Bray-Curtis index) in the four studied areas.

Jaccard Bray-Curtis	Plein Champ	Bord de champ	Interface	Bordure herbacée
Plein Champ	/	R=0.079 P<0.001	R=0.252 P<0.001	R=0.589 P<0.001
Bord de champ	R=0.050 P<0.003	/	R=0.062 P<0.001	R=0.378 P<0.001
Interface	R=0.222 P<0.001	R=0.085 P<0.001	/	R=0.245 P<0.001
Bordure herbacée	R=0.810 P<0.001	R=0.759 P<0.001	R=0.654 P<0.001	/

ESPECES CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTES ZONES

98 espèces ne sont associées à aucune zone. A l'opposé, 56 espèces sont plus fréquentes et/ou abondantes dans une des 4 zones. L'indice IndVal (IV) indique que très peu d'espèces sont caractéristiques du *champ cultivé*, avec trois espèces caractéristiques de la zone centrale du champ et deux espèces indicatrices du bord de champ (Tableau III). Beaucoup d'espèces sont en revanche associées à la zone d'interface (15 espèces) et à la bordure herbacée (36 espèces). Le Tableau III donne la distribution des espèces dans les 4 zones pour les 30 espèces les plus communes. Les cases grisées permettent de visualiser les IV supérieures à 5.

Tableau III : Valeurs indicatrices (IV) des espèces pour les 4 zones analysées, indice de répartition (IR) et fréquence (Freq.). Les espèces significativement plus fréquentes et abondantes dans une des zones sont marquées d'une ou deux astérisques : * $P<0.05$; ** $P<0.01$.

Table III: Species indicator values (IV) to the 4 studied areas, distribution indice (IR), and frequencies (Freq.). Species significantly more frequent and abundant in one of the area are followed by one or two asterisks: * $P<0.05$; ** $P<0.01$.

Espèces	PC (3)	BC (2)	IF (15)	BH (36)	IR _F /IR _A	Freq.
<i>Viola arvensis</i>	22,31**	9,41	12,56	1,41	0.029/0.111	40,4
<i>Aethusa cynapium</i>	18,54**	4,16	6,00	0,01	0.176/0.225	20,7
<i>Polygonum lapathifolium</i>	8,63**	0,73	0,03	0,00	0.171/0.690	4,8
<i>Veronica hederifolia</i>	4,82	13,62**	5,55	0,00	0.162/0.221	17,6
<i>Tussilago farfara</i>	0,00	4,26*	0,00	0,00	1.000/1.000	1,1
<i>Veronica persica</i>	0,98	11,31	41,49**	6,00	0.101/0.195	46,3
<i>Convolvulus arvensis</i>	1,68	6,05	33,59**	27,98	0.069/0.143	55,9
<i>Elytrigia repens</i>	0,28	5,38	28,78**	22,63	0.114/0.219	43,6
<i>Galium aparine</i>	16,84	9,63	22,75**	0,48	0.044/0.166	42,0
<i>Fallopia convolvulus</i>	17,47	7,83	22,16**	0,44	0.095/0.137	38,3
<i>Equisetum arvense</i>	0,78	5,05	17,57**	3,95	0.081/0.122	21,8
<i>Alopecurus myosuroides</i>	4,11	4,34	16,62*	8,14	0.015/0.055	30,9

<i>Anagallis arvensis</i>	1,12	2,25	15,36**	0,59	0.084/0.269	13,8
<i>Matricaria perforata</i>	0,02	0,02	12,70**	0,81	0.224/0.757	6,4
<i>Veronica arvensis</i>	0,00	1,09	12,36**	9,92	0.307/0.342	16,0
<i>Myosotis arvensis</i>	0,37	0,88	12,28**	0,56	0.107/0.412	9,0
<i>Euphorbia helioscopia</i>	1,90	3,64	11,97**	0,24	0.076/0.245	14,4
<i>Atriplex patula</i>	0,99	0,11	11,70**	0,56	0.152/0.448	8,0
<i>Scandix pecten-veneris</i>	0,40	3,03	9,93*	1,10	0.091/0.183	11,2
<i>Chaenorhinum minus</i>	0,46	0,05	7,63*	0,19	0.171/0.618	4,8
<i>Lolium spp.</i>	0,04	0,89	3,38	69,90**	0.244/0.605	35,1
<i>Bromus spp.</i>	0,11	0,15	10,50	56,90**	0.325/0.453	33,5
<i>Poa pratensis</i>	0,00	0,00	3,05	55,46**	0.512/0.606	22,3
<i>Plantago lanceolata</i>	0,09	0,37	6,31	43,86**	0.295/0.448	26,1
<i>Taraxacum officinale</i>	1,04	0,72	11,20	32,60**	0.127/0.266	30,9
<i>Plantago major</i>	0,01	0,14	2,04	27,75**	0.391/0.517	13,3
<i>Poa annua</i>	0,01	0,58	0,59	24,91**	0.281/0.624	11,7
<i>Cirsium arvense</i>	10,92	9,09	17,54	4,60	0.004/0.048	41,0
<i>Geranium dissectum</i>	3,53	10,63	16,57	11,09	0.041/0.035	40,4
<i>Papaver rhoeas</i>	8,00	13,94	11,12	3,43	0.002/0.069	36,2
<i>Polygonum aviculare</i>	6,11	5,84	13,20	2,25	0.018/0.063	25,5
<i>Chenopodium album</i>	6,20	6,76	13,02	1,63	0.032/0.061	25,0
<i>Senecio vulgaris</i>	10,43	8,85	8,62	0,15	0.048/0.210	23,9
<i>Daucus carota</i>	1,30	4,75	8,25	11,24	0.050/0.054	22,9
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	5,33	2,03	8,27	3,93	0.039/0.058	19,7
<i>Sonchus asper</i>	2,80	2,26	9,04	7,19	0.037/0.032	19,7
<i>Lactuca serriola</i>	7,63	9,52	1,83	0,59	0.008/0.230	18,6
<i>Mercurialis annua</i>	8,31	7,52	4,66	0,07	0.095/0.168	16,5
<i>Lapsana communis</i>	1,03	4,69	8,46	2,06	0.052/0.109	14,9
<i>Matricaria recutita</i>	0,99	1,86	10,24	3,88	0.051/0.112	14,4
<i>Silene alba ssp. latifolia</i>	0,53	0,53	8,12	9,62	0.118/0.206	13,8
<i>Solanum nigrum</i>	10,18	1,42	5,91	0,18	0.157/0.143	13,3
<i>Stellaria media</i>	2,31	2,89	4,83	2,85	0.005/0.015	12,8

DISCUSSION

APPORT DE CHAQUE ZONE DE LA PARCELLE A LA DIVERSITE GLOBALE DU PAYSAGE AGRICOLE

La contribution du plein champ, du bord de champ, de l'interface et de la bordure herbacée à la diversité floristique totale à l'échelle d'un paysage agricole est sensiblement de même niveau (respectivement : 8,7 ; 6 ; 9,2 et 9,9 espèces). Cependant le niveau qui apporte le plus de nouvelles espèces demeurent entre les différentes parcelles appartenant à une même culture et entre les différentes cultures. Autrement dit, bien que les zones internes des cultures soient plus pauvres en nombre d'espèces que les bordures herbacées, chaque parcelle et chaque culture présentent une flore particulière alors que les bords de parcelles sont à la fois plus riches localement mais aussi plus homogènes dans l'espace.

GRADIENT DE RICHESSE SPECIFIQUE

On observe un double gradient de richesse et de composition spécifique depuis l'intérieur du champ jusqu'à la bordure herbacée. La richesse spécifique oppose très nettement d'une part les zones internes de la culture (plein champ et bord de champ) et les zones externes (interface et bordure herbacée) qui comportent 1.5 à 2 fois plus d'espèces. On peut directement relier ce gradient croissant de richesse spécifique à un gradient décroissant de l'ensemble des perturbations agricoles pouvant affecter certaines espèces (désherbage chimique, intensité du travail du sol, amendements NPK). L'impact des pratiques culturales ne se manifesterait que jusque dans le bord du champ mais plus, ou très peu, au-delà de la limite de la culture. Cela pourrait expliquer d'une part la corrélation existante entre la richesse spécifique du plein champ et du bord de champ et d'autre part l'absence d'une telle corrélation entre l'intérieur des cultures (plein champ et bord de champ) et les interfaces ou les bordures herbacées.

GRADIENT DE COMPOSITION ET ESPECES CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTS ZONES

Le gradient de composition est plus progressif et semble corrélé au travail du sol. Comme le laissait envisager la physionomie de la végétation, la bordure herbacée est la zone la plus nettement différente des autres. Non perturbées par le travail du sol, les bordures sont généralement entretenues par une fauche réalisée au mois de mai. Il en résulte une formation dominée essentiellement par quelques graminées : *Lolium* spp., *Bromus* spp., *Poa pratensis*, *Poa annua*, *Dactylis glomerata* et par des dicotylédones adaptées à la fauche (rosette) : *Plantago major*, *Taraxacum officinale*, *Crepis* spp.. Quelques rares adventices des cultures, très ubiquistes, présentent néanmoins des populations non négligeables dans les bordures herbacées (colonisant les vides) : *Geranium dissectum*, *Sonchus asper*.

Les trois autres zones sont plutôt dominées par des espèces annuelles avec un nombre croissant d'espèces vivaces du plein champ à l'interface (voir Gardarin et al., 2007, dans ce volume). Ainsi, le bord de champ a une composition intermédiaire entre plein champ et interface, tandis que l'interface a une composition intermédiaire entre bord de champ et bordure herbacée. Dans l'interface, le milieu semble suffisamment perturbé pour que des annuelles caractéristiques des cultures puissent s'y maintenir (*Viola arvensis*, *Aethusa cynapium*), tout en restant moins intensément perturbé que la zone de culture proprement dite, ce qui permet à des espèces vivaces de la bordure herbacée de coloniser aussi cette zone (*Plantago lanceolata*, *Taraxacum officinale*). Pour autant, on ne peut pas parler pour l'interface d'écotone au sens de Odum (1971), puisque d'une part, la richesse spécifique n'est pas plus élevée que dans les deux écosystèmes adjacents et d'autre part, il n'y a pas d'espèce totalement inféodée à cette seule zone. On parlera alors plutôt d'effet de bordures (Wilson & Aebischer, 1995).

Comme Dutoit et al. (2007) et contrairement à la théorie (Vogt et al., 1997), on n'observe pas de migration d'espèces du milieu moins perturbé (bordure herbacée) vers le milieu le plus perturbé (plein champ). La plupart des vivaces restent confinées à la seule bordure herbacée (ou ne débordent que dans l'interface) alors qu'à l'opposé, de nombreuses mauvaises herbes, notamment les plus communes (*Cirsium arvense*, *Chenopodium album*, *Geranium dissectum*, *Senecio vulgaris*), semblent à même de coloniser indifféremment l'ensemble des compartiments du paysage agricole (Tableau III). Cette dernière catégorie d'espèces constitue certainement les adventices les plus problématiques pour l'agriculteur puisque du fait de leur large tolérance écologique, elles sont toujours susceptibles de trouver des zones refuges hors des cultures où se maintiennent des réservoirs de futures contaminations.

En tenant compte de l'abondance des espèces dans la structure des communautés, la végétation de l'interface reste plus proche de celle des autres zones travaillées tandis que les communautés des bordures herbacées apparaissent encore plus nettement différenciées des autres zones. De nombreuses espèces sont présentes dans l'ensemble de la zone travaillée mais sont moins abondantes dans le plein champ et le bord de champ, où elles subissent la compétition avec la plante cultivée. A l'opposé, les adventices les moins compétitives sont incapables de se maintenir au sein de la végétation dense de graminées de la bordure herbacée. Par conséquent, pour ces espèces, à la fois liées à un régime de perturbation annuelle du sol et peu compétitives, les individus situés dans l'interface constituent souvent la part prépondérante des populations présentes dans un paysage agricole (Tableau III). La classification des espèces entre les différentes zones n'a cependant pas de valeur absolue dans le temps. L'efficacité actuelle des techniques de contrôle de la flore a relégué de nombreuses espèces autrefois caractéristiques des cultures dans l'interface entre champs et bordures. C'est en particulier le cas de certaines espèces messicoles (*Centaurea cyanus*, *Lithospermum arvense*, *Scandix pecten-veneris*) ou d'autres adventices occasionnelles (*Gnaphalium uliginosum*), raréfiées dans les champs depuis 30 ans (Dessaint et al., 2007, dans ce volume) et pour lesquelles les zones d'interface sont encore un refuge.

CONCLUSION

Cette étude suggère qu'un changement de ratio entre champ et bordures dans le paysage pourrait potentiellement influencer la composition floristique globale d'une zone agricole puisque les différentes zones ne sont pas habitées par les mêmes cohortes d'espèces. En augmentant la taille des parcelles on devrait théoriquement favoriser les espèces présentes dans l'espace de plein champ au détriment des espèces trouvant refuge dans les bordures. Cette étude souligne également que, dans les conditions de contrôle actuel de la flore, peu d'espèces de la bordure herbacée pénètrent dans le plein champ. En l'absence d'une dynamique marquée d'échanges entre zones, la zone d'interface plus que le bord de champ apparaît alors comme la zone "idéale" pour la conservation des espèces rares sans conséquences majeures pour l'agriculteur. Ce travail nécessiterait d'être reconduit dans des régions et des paysages différents afin de s'affranchir des particularismes locaux et gagner en généralité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Emilie Cadet, Bruno Chauvel, Arnaud Coffin, Christophe Délye, Christian Gauvrit, Beryl Laitung, Gilles Louvriot, Maurice Trémoy et Xavier Reboud pour leurs aides lors des relevés floristiques. Les auteurs sont reconnaissants aux agriculteurs de la zone d'étude pour leur bon accueil sur les parcelles. Ce travail de recherche a été financé par le département SPE de l'INRA.

BIBLIOGRAPHIE

- Barralis G., 1976 - Méthode d'étude des groupements adventices des cultures annuelles. In : Vè Colloque International sur l'Ecologie et la Biologie des Mauvaises herbes, 1, Dijon, France : 59-68.
- Chrétien J., 2000 - Référentiel pédologique de Bourgogne à 1/250 000. Régions naturelles, pédopaysages et sols de la Côte-d'Or. INRA, Orléans : 1-194.
- Dessaint, F., Fried, G., Barralis, G., 2007 - Déclin et changements au sein de la flore adventice : quelle évolution en 30 ans ? AFPP – 20^{ème} conférence du COLUMA Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon – 11 et 12 décembre 2007 (dans ce volume).
- Dufrêne M., Legendre, P., 1997 - Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monograph*, 67, 345-366.
- Dutoit T., Buisson E., Gerbaud E., Roche, P. Taton T., 2007 - The status of transitions between cultivated fields and their boundaries: ecotones, ecoclines or edge effects? *Acta Oecologica*, 31, 127-136.
- Gardarin A., Tremoy M., Bretagnolle F., Chauvel B., 2007 - Répartition de la flore adventice a l'échelle d'un paysage : gradient écologique des espèces observées. AFPP – 20^{ème} conférence du COLUMA Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon – 11 et 12 décembre 2007 (dans ce volume).
- Jauzein P., Vacher C., Blondlot A., Citron G., 2000 - Les bromes en extension dans les céréales. *Perspectives Agricoles*, 259, 82-92.
- Jauzein P., 2001 - L'appauvrissement floristique des champs cultivés. *Dossier de l'environnement de l'INRA*, 21, 65-78.
- Lande R., 1996 - Statistics and Partitioning of Species Diversity, and Similarity among Multiple Communities. *Oikos*, 76, 5-13.
- Marshall, E.J.P., Arnold, G.M., 1995 - Factors affecting field weed and field margin flora on a farm in Essex, UK. *Landscape and Urban Planning*, 31, 205-216.
- Marshall, E.J.P., Moonen, A.C., 2002 - Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 89, 5-21.
- Odum, E.P., 1971 - *Fundamentals of Ecology*, 3e ed. W.B. Saunders Company, Philadelphie.
- Vogt, K.A., Gordon J.C., Wargo J.P., Vogt D.J., Asbjornsen H., Palmiotto P.A., Clark H.J., O'Hara J.L., Keaton W.S., Patel-Weynand T., Witten E., 1997. *Ecosystems: Balancing Science with Management*. Springer-Verlag, New York.
- Wilson, P.J., Aebischer, N.J., 1995. The distribution of dicotyledonous arable weeds in relation to distance from the field edge. *Journal of Applied Ecology* 32, 295-310.