



HAL
open science

La diversité des bordures de champ dans les exploitations agricoles de pays de bocage

Jacques Baudry, Agnès Jouin, Claudine Thenail

► **To cite this version:**

Jacques Baudry, Agnès Jouin, Claudine Thenail. La diversité des bordures de champ dans les exploitations agricoles de pays de bocage. Gestion des exploitations et des ressources rurales, 31, INRA, 437 p., 1998, Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement, 2-7380-0843-7. <hal-01458607>

HAL Id: hal-01458607

<https://hal.science/hal-01458607v1>

Submitted on 7 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

La diversité des bordures de champ dans les exploitations agricoles de pays de bocage

Jacques BAUDRY
Agnès JOUIN
Claudine THENAIL

INRA, SAD-Armorique, 65, rue de Saint-Brieuc, F- 35042 Rennes cedex
Tél. : (+33) 02.99.28.72.21 - Fax : (+33) 02.99.28.72.20 - E-mail : jbaudry@roazhon.inra.fr

Résumé

Les effets environnementaux des pratiques des agriculteurs ne sont pas limités aux pratiques productives, sur des espaces tels que la parcelle d'usage (ou « champ », dans cet article) : l'entretien d'une bordure de champ (espace inculte en limite externe d'un champ) a des répercussions sur la faune et la flore, *via* les structures de végétation induites. L'objectif de notre étude est 1) d'évaluer la diversité physiognomique des bordures de champ dans une zone bocagère, 2) d'en explorer les relations avec un certain nombre de facteurs, associés i)   ces structures, ii) aux agriculteurs gestionnaires. Plus de 1000 bordures de champ ont été décrites, qui jouxtent les parcelles de 10 exploitations. Des analyses multivariées ont permis de définir sept types de bordures de champ. Leur diversité est en relation avec la structure des haies, l'usage des parcelles et la diversité des exploitations (structure du revenu, stratégie de gestion des haies). Notre démarche peut s'intégrer à des méthodes d'évaluation environnementale des exploitations ; elle ne permet pas de connaître les itinéraires techniques de gestion conduisant à tel ou tel état physiognomique des bordures de champ, mais d'envisager la gestion de la *diversité* constatée au niveau des exploitations et du paysage. En reposant sur la constitution d'objets communs d'étude, cette démarche nous a aussi fourni un cadre efficace de dialogue entre écologues et agronomes. Elle permet de répondre à un certain nombre de questions nouvelles des agriculteurs et des organismes professionnels.

Mots-clés : bordure de champ, bocage, écologie, exploitation agricole, gestion environnementale

Abstract

Diversity of field margins on farms in hedgerow landscapes. *The environmental consequences of farmer practices are not limited to production practices. Management of field margins affects the flora and fauna by altering vegetation structure. We analysed the physiognomic diversity of field margins in a bocage landscape. Over one thousand field margins were described, bordering all the fields on ten farms. Multivariate analyses yielded seven types of field margins. Their diversity is linked to hedgerow structure, field utilisation and farm diversity (income pattern, global management of field boundaries). Our method could be included in environmental assessments of farms although it does not provide information on the technical operations which produce the different types of margins. Its main objective is to manage the observed diversity at landscape and farm levels. Our study has helped to improve the dialogue between ecologists and agronomists by enabling them to construct common « objects ». It also provided partial answers to novel questions posed by farmers and farmer organisations.*

Keywords: *field margin, bocage, ecology, farming system, environmental management*

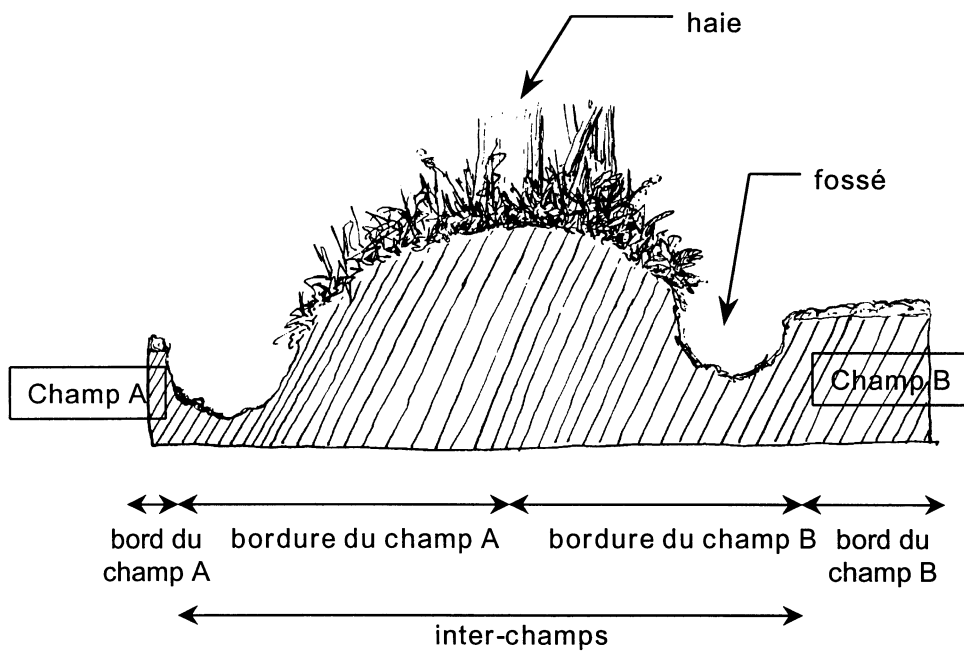


Figure 1 : Représentation d'un inter-champs

Introduction

Les relations « agriculture/environnement » sont depuis plusieurs années l'objet de recherches, tant de la part des agronomes que de celle des écologues.

Les premiers s'intéressent quasi exclusivement aux pratiques des agriculteurs dans les *espaces productifs* (parcelles d'usage, ou « champs », dans ce texte) : leur objectif est en particulier d'envisager les changements possibles d'itinéraires techniques, d'organisation du travail, de localisation des modes d'utilisation des parcelles (Deffontaines *et al.*, 1995).

Les seconds privilégient les éléments non cultivés du paysage tels que les bosquets, haies, friches ou fossés. Ils ont récemment développé la notion d'« inter-champs » (« field boundary »)¹, qui est la totalité de l'espace non cultivé qui s'étend entre deux parcelles d'usage adjacentes (Figure 1) (Way & Greig-Smith, 1987 ; Marshall & Arnold, 1995).

Ces espaces « inter-champs » peuvent être très complexes (comprenant des fossés, un talus etc.), ou se réduire à une simple bande herbeuse, mais présentent tous un rôle écologique, en particulier par leur richesse biologique, souvent supérieure à celle du champ voisin. Les espèces animales et végétales présentes dans l'inter-champs varient selon la structure de la végétation : des inter-champs avec une végétation dense qui donne une ombre permanente au sol, abritent des espèces habituellement trouvées en forêt (Bates, 1937 ; Burel, 1996), tandis que les végétations claires, herbacées sont favorables pour l'habitat d'espèces de milieux ouverts tels que les prairies. Outre leur fonction essentielle dans la régulation de la biodiversité (Forman & Baudry, 1984), ces inter-

champs présentent un potentiel de dénitrification (Mérot *et al.*, 1994).

Les différentes études menées dans ce domaine montrent que le rôle écologique des inter-champs dépend à la fois de la nature, des caractéristiques des éléments qui les composent et de la complexité de l'ensemble. Cette complexité vient en particulier du fait que l'inter-champs comprend deux côtés jouxtant chacun une parcelle différente (Figure 1). Chacun de ces deux côtés peut présenter une structure très différente liée à l'histoire des parcelles, et est l'objet de pratiques de gestion qui peuvent être très différentes. Ils sont en cela associés à la parcelle d'usage, c'est pourquoi nous les appellerons ici « bordures de champ »². Les relations écologiques entre l'inter-champs et les deux parcelles d'usage adjacentes sont privilégiées au niveau de ces bordures de champ, et sont de mieux en mieux connues. Elles sont d'ordre biologique, avec l'échange d'espèces entre la parcelle et la bordure du champ, et physique, avec l'influence sur cette bordure des pratiques agricoles réalisées sur la parcelle : on peut mentionner en particulier la dispersion vers la bordure de champ d'un fertilisant appliqué sur cette parcelle, ou l'élargissement de la pâture à la bordure du champ (sur la partie du talus adjacente à la parcelle par exemple).

C'est ce qui nous a conduit, dans le cadre d'un programme pluridisciplinaire de recherche sur les bocages (Baudry *et al.*, 1993 ; Marshall *et al.*, 1997), à réaliser une étude spécifiquement orientée sur ces bordures de champ.

Notre premier objectif, dans cette étude, est de rendre compte de la diversité de structure de la végétation des bordures de champ dans une zone bocagère donnée (sud de la Baie du Mont Saint-Michel) : de cette diversité peut en effet dépendre une diversité de fonctions

¹ L'expression utilisée dans la littérature anglophone est « Field boundary ». Le terme « champ » dans « inter-champs » est utilisé pour des raisons de commodités de langage : le « champ » réfère ici à la parcelle d'usage, qui peut-être en culture, prairie, bois ou bâti. Enfin, nous utilisons aussi le terme d'« inter-champs » lorsqu'il s'agit d'un espace non cultivé entre, par exemple, une route et une parcelle d'usage.

² Nous traduisons « field margin » utilisée dans la littérature de langue anglaise par l'expression « bordure de champ » dans le sens d'un espace inculte qui est en *bordure extérieure du champ*, par opposition au « bord de champ », concept utilisé en agronomie pour désigner *une partie de ce champ* : la partie en limite.

écologiques et de situations d'interactions « bordure de champ/parcelle ». Nous proposons dans le cadre de notre étude, une méthode qui permet d'évaluer sur le terrain la structure de la végétation via sa *physionomie*, à l'aide d'une série de descripteurs ; une typologie des couverts des bordures de champs est ensuite réalisée. Cette méthode présente l'intérêt d'être facile à mettre en œuvre, et relativement peu coûteuse en temps, au contraire des méthodes d'échantillonnage écologiques nécessitant des connaissances taxonomiques particulières.

Le deuxième objectif de notre étude est d'explorer les relations entre cette diversité physionomique de la végétation des bordures de champ et un certain nombre de facteurs (Figure 1), associés 1) aux caractéristiques de la haie dans l'inter-champs, 2) à l'utilisation des parcelles adjacentes, 3) aux agriculteurs et à leur modes de gestion des haies et bordures de champ. Il s'agit dans ce dernier point, de donner une idée de l'intégration des haies et bordures de champ dans le fonctionnement des exploitations agricoles en terme d'organisation du travail, de temps passé et des techniques utilisées pour l'entretien.

1. Méthode

1.1. Sources de données et échantillonnage d'exploitations pour l'étude

Dans le cadre du programme, où se situe cette étude, trois sites bocagers d'environ 500 ha chacun ont été retenus ; ils ont été choisis principalement sur des critères de structure du paysage : situés au nord du département d'Ille-et-Vilaine, distants de quelques kilomètres, ils diffèrent par *le degré d'ouverture du paysage (densité de haies, taille des parcelles)*. L'élevage de bovins laitiers constitue le système de production dominant pour les trois sites d'étude. Pour la présente étude, cet échantillonnage de paysage a permis de travailler sur une diversité de bordures de champ, et d'envisager une diversité

de pratiques de gestion dans un ensemble d'exploitations.

Dans cette région, les haies sont plantées sur des talus de 0,5 à 1 mètre de haut (Figure 1). Au pied des arbres et arbustes, les talus sont recouverts d'une végétation pérenne composée de plantes herbacées et semi-ligneuses (ronces). Les agriculteurs entretiennent les haies pour récolter du bois, mais également pour limiter l'extension des branches faisant de l'ombre aux cultures et gênant le passage du matériel agricole. Le long des prairies, cet ombrage peut, au contraire, être recherché pour abriter les bovins au pâturage. Les agriculteurs doivent aussi entretenir la végétation des talus pour qu'elle ne colonise pas les parcelles adjacentes. Cette colonisation peut prendre deux formes : une forme végétative, souvent la plus spectaculaire, à partir des tiges de ronce ou des rhizomes de chiendent ou de Fougère aigle, et une forme sexuée, à partir des graines des espèces annuelles adventices des cultures. Ces dernières peuvent rapidement se développer sur les talus à la suite de perturbations du sol dues à certaines techniques d'entretien (herbicide, gyrobroyage, feu...).

Pour répondre à l'ensemble des objectifs que nous nous sommes fixé, nous avons caractérisé les techniques d'entretien des bordures de champ dans les exploitations agricoles, l'utilisation des parcelles de ces mêmes exploitations, et enfin les agriculteurs gestionnaires, *via* certaines caractéristiques clés de leurs systèmes d'exploitation. Les données que nous utilisons pour cette étude proviennent de quatre sources d'information.

La première source est une série initiale d'enquêtes sur les caractéristiques (socio-économiques, de production etc.) des exploitations agricoles localisées tout ou partie dans les sites d'étude (69 exploitants utilisant au moins une parcelle sur l'un des sites), et l'utilisation des parcelles (Thenail, 1996). Pour caractériser l'utilisation des parcelles dans la présente étude, nous avons sélectionné la variable de *succession culturale* issue de cette première série d'enquête.

D'autre part, nous avons cherché dans ces mêmes données d'enquête, une variable synthétique ayant qualité d'indicateur de la diversité des systèmes d'exploitation, notamment au regard de l'organisation du travail et du temps disponible dans ces exploitations (contrainte importante pour la gestion des haies) : c'est la variable socio-économique synthétisant les *sources de revenus des ménages* (Laurent *et al.*, 1994), qui est apparue la plus pertinente. Cette typologie des exploitations spécifie si les revenus du ménage proviennent d'activités agricoles à temps partiel ou temps plein sur l'exploitation, s'il existe des revenus d'activités extérieures ou des pensions (notamment avec un retraité dans le ménage). Cette variable est très corrélée à l'utilisation des terres dans les exploitations (Laurent *et al.*, 1994). Elle indique en outre l'ouverture de l'exploitation au monde non agricole, ce qui peut influencer en retour sur la façon dont les membres du ménage agricole perçoivent les haies.

La *deuxième source d'information* est une seconde série d'enquêtes menées dans 43 des 69 exploitations initiales ; il s'agit des exploitations disposant d'une surface importante dans les sites d'étude : les enquêtes ont porté spécifiquement sur les pratiques et temps d'entretien des haies dans les exploitations (Barmoy & Cassegrain, 1995). Les auteurs ont classé les exploitations en fonction du mode et du temps d'entretien appliqué aux strates arbustives et herbacées de l'ensemble des bordures de champ dans ces exploitations.

La *troisième source d'information* utilisée provient d'un travail d'observation réalisé spécifiquement pour cette étude : il s'agit de la description de la *physionomie des bordures de champ*. Afin de limiter le nombre de bordures de champ à décrire, 10 exploitations ont été sélectionnées parmi les 43 étudiées par (Barmoy & Cassegrain, 1995) : un total de 1168 bordures de champ a été décrit en juin 1996 (Jouin, 1996).

Ces exploitations ont été choisies pour leur diversité, représentative de celle des 43 exploitations. Le Tableau 1 récapitule leurs caractéristiques. La taille de ces 10 exploitations varie de 8 à 75 ha. Elles

sont, dans leur majorité, orientées vers la production laitière, l'une est diversifiée avec une production de viande tandis que les trois autres produisent aussi des cultures de vente. Toutes, à l'exception d'une, sont des exploitations familiales. Les techniques d'entretien des bordures de champ sont variables, le tableau donne les techniques dominantes et une variable « entretien des bordures » qui en est la combinaison et qui sera utilisée ultérieurement.

Enfin, la *quatrième source d'information* utilisée est une description en juin 96, de la *structure des haies et inter-champs* correspondants aux 1168 bordures de champ analysées (Jouin, 1996). Il s'agit en fait d'une mise à jour partielle de la base de données descriptive des haies et inter-champs de la totalité des trois sites d'étude, qui a été construite pour le programme de recherche sur le bocage, et dont les informations initiales datent de 1993, 1994 et 1995 (Denis *et al.*, 1995). Pour la présente étude, nous avons sélectionné les informations suivantes : la hauteur de la haie, le recouvrement arborescent, le recouvrement arbustif, la largeur de la canopée, le nombre de trouées dans les strates arborescentes et arbustives, la perméabilité totale au vent (plus une haie est dense, plus la perméabilité est faible), et enfin, la largeur de la zone inculte au pied de la haie, c'est-à-dire la largeur de l'inter-champs.

1.2 Méthode descriptive de la physionomie des bordures de champ

Les critères retenus pour la description de la physionomie des bordures de champ prennent en compte :

- les différents composants de la végétation de la bordure de champ : recouvrement en graminées, dicotylédones, feuilles mortes, mousses et lichens, herbes sèches, sol nu ;
- le développement (hauteur, recouvrement) de certaines espèces (ronce, fougère, lierre) pouvant indiquer l'absence d'entretien (Tableau 2).

Exploitation	SAU (ha)	OTEX	Source de revenus des ménages	Jours de travail / an		Mode de gestion des bordures	Estimation des longueurs de haies
				Débroussail. mécanique	Débrous-chimique		
P08	42	81	9	0	3	Gestion2	5.7 km
P14	75	43	8	0	2	Gestion2	9.7 km
P24	49	81	1	1	0	Gestion4	4.9 km
T05	17	41	7	24	0	Gestion1	6.9 km
T08	35	41	7	0	1	Gestion4	10.3 km
T09	19	41	7	5	0	Gestion3	7.5 km
T13	29	41	3	0	6	Gestion2	5.3 km
V04	36	41	7	20	4	Gestion1	13.7 km
V07	43	41	8	0	4	Gestion2	12.4 km
V13	8	11	3	4	0	Gestion3	1.6 km

Code des OTEX, selon le standard européen de classification des exploitations :

11 : OTEX Grandes Cultures, orientée vers la production de céréales

41 : OTEX Bovins LAIT

43 : OTEX Bovins lait, élevage et viande

81 : OTEX Grandes Cultures et Herbivores

Source de revenus des ménages :

1 : Société : exploitation non familiale, gérée par des salariés.

Les autres classes sont constituées par des exploitations familiales :

3 : Exploitation à temps partiel (< 1 UTA : unité travailleur annuel), ménage avec des revenus d'activités extérieures et sans pension.

7 : Exploitation à temps plein (≥ 1 UTA), ménage avec des revenus d'activités extérieures et sans pension.

8 : Exploitation à temps plein, ménage sans revenus d'activités extérieures mais avec une pension.

9 : Exploitation à temps plein, ménage sans revenus d'activités extérieures ni de pension.

Modes d'entretien des bordures de champ sur le territoire d'exploitation :

Entretien 1 : Débroussaillage mécanique dominant, très important

Entretien 2 : Débroussaillage chimique uniquement, important

Entretien 3 : Débroussaillage mécanique uniquement, assez important

Entretien 4 : Débroussaillage mécanique ou chimique très faible

Tableau 1 : Caractéristiques des 10 exploitations étudiées

Composants de la strate herbacée	graminées dicotylédones feuilles mortes mousses et lichens débris végétaux sol nu
Autres espèces prises en compte	ronce (<i>Rubus sp.</i>) fougère (<i>Pteridium sp.</i>) lierre (<i>Hedera helix</i>) ortie dioïque (<i>Urtica dioica</i>)

Tableau 2 : Variables utilisées pour la caractérisation des bordures de champ.

Pour chacun des constituants, un code de recouvrement est attribué (code 0 : recouvrement de 0 % ; code 1 : 1-10 % ; code 2 : 10-25 % ; code 3 : 25-50 % ; code 4 : 50-75 % ; code 5 > 75 %).

Nous avons repris certains de ces descripteurs de travaux portant sur les relations entre la flore herbacée et sa richesse écologique, en tant qu'habitat pour la faune (Boatman *et al.*, 1994). En l'absence de résultats expérimentaux sur les effets des pratiques d'entretien sur la végétation herbacée des talus, nous avons émis quelques hypothèses pour définir nos descripteurs. Contrairement à (Marshall & Nowakowski, 1994), nous n'avons pas cherché à distinguer l'abondance des dicotylédones annuelles par rapport aux vivaces mais à mettre en évidence leurs conditions d'établissement en rapport avec l'état de la végétation. En effet, une végétation plus ou moins rase ou l'importance du sol nu à la sortie de l'hiver, consécutives aux modes de gestion peuvent avoir une influence sur l'établissement des espèces végétales. Nous avons également noté l'abondance de l'ortie dioïque (*Urtica dioica*), espèce pouvant indiquer des apports importants d'azote, soit directement, soit par la circulation latérale de l'eau.

2. Analyse

2.1. Analyse statistique

Une typologie de la physionomie des bordures de champ a été construite après une analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) et une classification ascendante hiérarchique utilisant la bibliothèque ADDAD (Association pour le Développement et la Diffusion de l'Analyse des Données, (Lebeaux, 1985)). Cette typologie nous permet de rendre compte de la diversité de ces bordures de champ.

Préalablement à l'AFCM, les variables ont été recodées en classes pour tenir compte de la non-linéarité de leurs relations. Pour éviter un découpage en classes trop rigides, qui ne correspondent pas aux variations continues sur le ter-

rain, nous avons opté pour un codage basé sur la logique floue (Gallego, 1982) : pour chaque bordure observée, on affecte un taux d'appartenance à une classe donnée de valeur. Ainsi une observation peut appartenir à deux classes successives. Pour l'analyse statistique, nous n'avons retenu comme modalités de variables actives (37) que celles qui correspondent à des recouvrements non nuls.

L'AFCM a été réalisée sur un tableau composé des 1277 observations en ligne (aux 1168 bordures de champ des 10 exploitations s'ajoutent les observations de bordures de chemins ou de routes) et des 37 modalités de variables actives, en colonne. Les cinq premiers facteurs rendent compte de 31,01% de l'inertie du nuage ; cette inertie est représentée à 7,90 % sur l'axe 1, 7,59 % sur l'axe 2, 5,74 % sur l'axe 3, 5,07 % sur l'axe 4 et 4,71 % sur l'axe 5. Les valeurs propres associées sont respectivement de 0,229 ; 0,220 ; 0,166 ; 0,147 et 0,136.

A partir de cette AFCM, une classification ascendante hiérarchique a été réalisée sur les cinq premiers facteurs. La typologie construite a permis d'individualiser sept classes de physionomie de bordures de champ.

2.2. Tests d'information mutuelle

Des tests d'information mutuelle ont été mis en œuvre pour tester la relation entre la physionomie des bordures de champ (variable de typologie prise comme variable à expliquer), et un certain nombre de variables potentiellement explicatives que nous avons mentionné précédemment, et qui décrivent : les exploitations (sources de revenus des ménages, stratégie de débroussaillage et de gestion des haies), l'utilisation des parcelles (succession culturale), la structure des haies et inter-champs (largeur de la canopée, largeur de l'inter-champs, etc.).

La procédure utilisée a été proposée par Phipps (1981). Soit P_i les différentes classes de physionomie de bordures de champ : la diversité (ou hétérogénéité) de la physionomie de ces bordures, encore appelée entropie, $H(P)$, est calculée par la formule de Shannon. Soit E ,

l'ensemble des variables explicatives ; $H(E)$ est l'hétérogénéité des variables explicatives ; $H(P,E)$ est l'hétérogénéité de la matrice $P \times E$. L'information mutuelle entre la physionomie des bordures de champ et les variables explicatives confrontées se mesure par $T(P/E) = H(P) + H(E) - H(P,E)$: c'est la mesure de l'information que l'on a de la physionomie des bordures de champ, lorsque l'on connaît les variables explicatives et réciproquement. La signification statistique de la liaison entre E et P est testée grâce au critère de Kullback qui suit approximativement une loi du χ^2 à $(l-1)(c-1)$ degrés de liberté (l étant le nombre de lignes, et c le nombre de colonnes de la matrice). Le test d'information mutuelle présente des avantages par rapport à un test du χ^2 , car il n'impose pas de contraintes d'effectif ni de normalité des données. Le seuil de signification de la liaison entre les variables a été fixé à 5 % au cours des tests mis en œuvre. La redondance $R(P/E) = T(P/E) / H(P)$ mesure le niveau d'organisation du système. Plus R est élevé, plus grande est l'information apportée par les variables explicatives sur le type de physionomie de bordure de champ.

Le programme est construit pour travailler par paliers successifs. Au premier palier, la procédure teste la signification des liaisons entre la variable « type physionomique » et chacune des variables explicatives. Elle retient, pour le palier suivant, la variable ayant le plus fort rapport de signification et réalise alors une partition de l'ensemble des bordures selon les modalités de la variable explicative retenue. Au deuxième palier, la procédure teste d'abord, pour le premier sous-ensemble solution, la signification des liaisons entre le type physionomique et les autres variables explicatives et retient de nouveau la variable qui a le plus fort rapport de signification. Elle procède de la même façon pour les autres sous-ensembles définis au premier palier et réalise de nouvelles partitions. La procédure continue ainsi jusqu'à ce qu'elle rencontre l'une des règles d'arrêt. Une étape est solution (un sous-ensemble est constitué) lorsque l'hétérogénéité du sous-ensemble n'est plus significative, c'est-à-dire lorsque le nombre d'individus qui

la compose est inférieur à 10, et/ou lorsque l'entropie mutuelle est inférieure à 0,5 et/ou lorsqu'il n'y a plus de variable explicative ayant une valeur significative avec la variable à expliquer.

Les résultats des tests d'information sont de trois ordres :

- 1) une mesure du taux d'information entre le type physionomique et chacune des variables explicatives, et, à la fin du test, le taux d'information entre le type physionomique et l'ensemble des variables explicatives ;
- 2) une hiérarchie des contributions des différentes variables explicatives à l'explication des types physionomiques ;
- 3) une matrice solution donnant les effectifs de chaque sous-ensemble solution pour chacune des modalités des variables explicatives peut être utilisée afin de mieux décrire les types physionomiques, en relation avec les caractéristiques des parcelles, des haies et des exploitations agricoles associées.

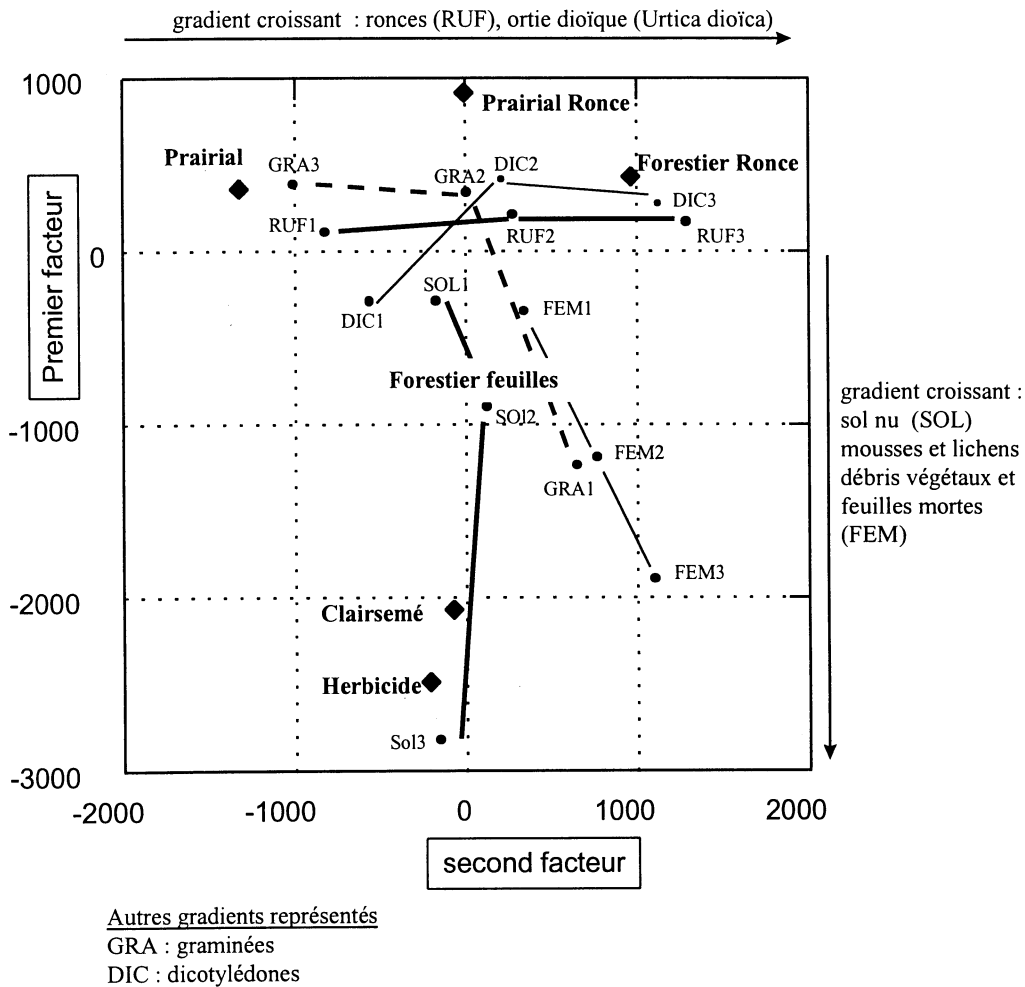
3. Résultats

3.1. Typologie des physionomies des bordures de champ de dix exploitations

3.1.1. Caractérisation des types de physionomie des bordures de champs

L'analyse factorielle (Figure 2) permet de dégager deux gradients principaux de variation, apparents sur le plan défini par les deux premiers axes factoriels :

- *sur le premier axe* : le recouvrement en mousses et lichens, herbes sèches, débris végétaux, sol nu, feuilles mortes et lierre est croissant du pôle positif vers le pôle négatif ; le recouvrement en graminées et fougères est croissant vers le pôle positif ;
- *sur le deuxième axe* : le recouvrement des ronces et celui des dicotylédones est de plus en plus importants vers les valeurs positives de l'axe.



types physionomiques de bordures de champ

Figure 2 : Projection des descripteurs de la physionomie des bordures de champ dans le plan factoriel 1-2, les types physionomiques sont représentés en tant que variables supplémentaires

La classification aboutit à sept types d'effectifs inégaux. Les classes des types physionomiques sont également représentées sur le plan factoriel, en tant que variable supplémentaire.

Type physionomique 1 (2 bordures observées). Il s'agit de deux bordures constituées presque uniquement de sol nu. Seules quelques rares fougères subsistent. [Type « sol nu »]

Type physionomique 2 (331 bordures). C'est le type physionomique le plus fréquent. Ces bordures présentent un aspect visuel homogène. Les ronces (basses) et les fougères y sont peu développées. Les graminées y sont majo-

ritaires, les dicotylédones relativement peu représentées. [Type « prairial »]

Type physionomique 3 (205 bordures). De part sa construction lors de la classification, ce type physionomique est relativement proche du type 2. Les bordures sont relativement homogènes (présence quasi exceptionnelle de feuilles mortes, de mousses et lichens, d'herbes sèches, peu de sol nu et de débris végétaux). Les ronces et les fougères y sont relativement bien développées, les graminées et les dicotylédones aussi. [Type « prairial avec ronces »]

Type physionomique 4 (52 bordures). Ces bordures présentent un aspect très hétérogène dû, sur la plupart d'entre

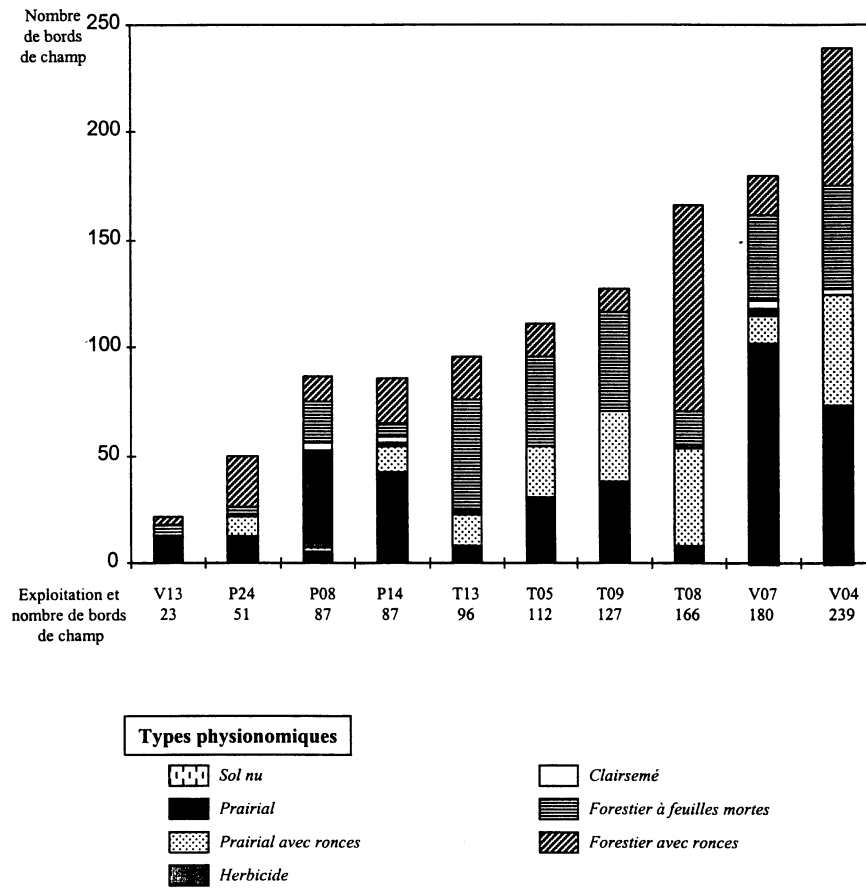


Figure 3 : Physiognomie des bordures de champ des dix exploitations

R : Redondance exprimée par le test d'information mutuelle

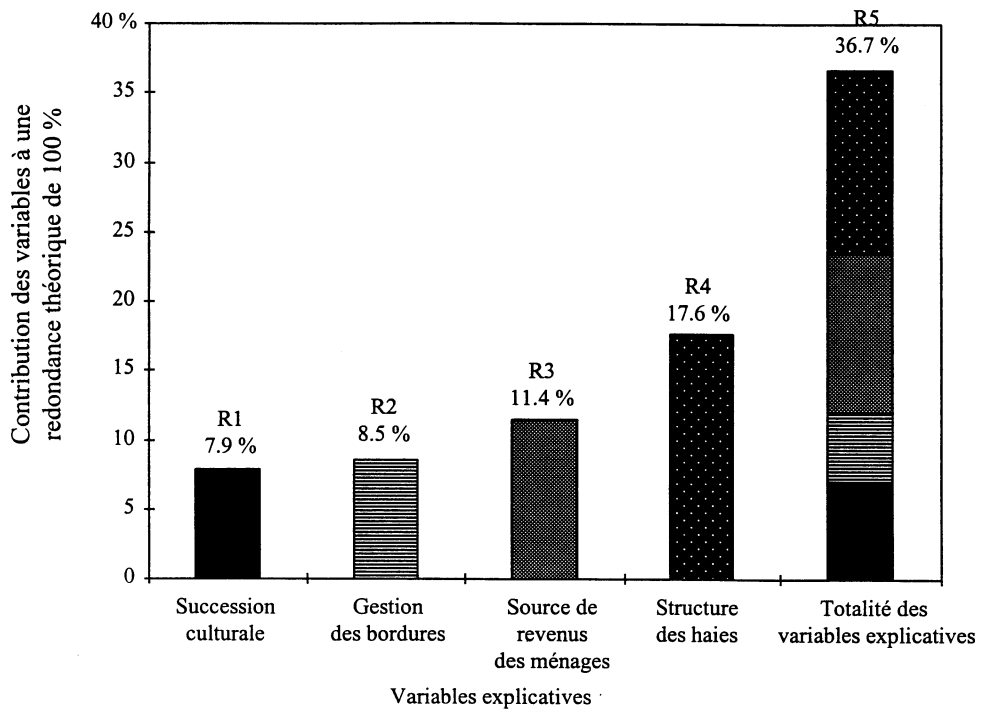


Figure 4 : Facteurs explicatifs de la physiognomie des bords de champs de dix exploitations agricoles (1168 bords de champs)

elles, à l'importance des herbes sèches et des débris végétaux après pulvérisation d'un herbicide. Les graminées et les dicotylédones brûlées y sont minoritaires, les feuilles mortes, les mousses et lichens davantage encore. Les ronces y sont peu importantes, les fougères se développent. [Type « *herbicide* »]

Type physiologique 5 (13 bordures). Le sol nu est très important, les taux de recouvrement en graminées, dicotylédones, ronces, fougères, herbes sèches et débris végétaux y sont très faibles. [Type « *végétation clairsemée* »]

Type physiologique 6 (276 bordures). Cet ensemble regroupe les bordures les plus hétérogènes. Se trouvent mêlés les graminées, les dicotylédones, les mousses et lichens, les feuilles mortes, les débris végétaux, les fougères et les ronces qui laissent cependant apparaître du sol nu. C'est dans ce groupe que le recouvrement en lierre est le plus important. [Type « *forestier à feuilles mortes* »]

Type physiologique 7 (285 bordures). Ces bordures sont également hétérogènes. Les ronces et les fougères, assez hautes, y sont bien développées. Les graminées et les dicotylédones y ont une égale importance. On y trouve un peu de débris végétaux, de sol nu, rarement de feuilles mortes. [Type « *forestier à ronces* »]

3.1.2. Diversité des types physiologiques de bordures de champ selon les exploitations

Les fréquences des types physiologiques de bordures de champ sont différentes selon les exploitations (Figure 3).

Les exploitations dénommées P14, V07 et V13 se caractérisent par un nombre important de bordures de champ de type « *prairial* » (type 2) et « *prairial avec ronces* » (type 3). L'exploitation T13 possède davantage de bordures de champ de type « *forestier à feuilles mortes* » (type 6), tandis que les exploitations T08 et P24 présentent davantage de bordures de champ de type « *forestier à ronces* » (type 7). Une seule exploitation, P08, se caractérise par un nombre

important de bordures de champ de type « *herbicide* » (type 4). Enfin, les trois exploitations restantes présentent chacune une large gamme de types physiologiques de bordures de champ.

Ainsi, la diversité des exploitations apparaît être un facteur de la diversité de physiologie des bordures de champ. La mise en relation des caractéristiques de ces exploitations et de la typologie des bordures permet de tester cette hypothèse.

3.2. Les facteurs explicatifs de la physiologie des bordures de champ

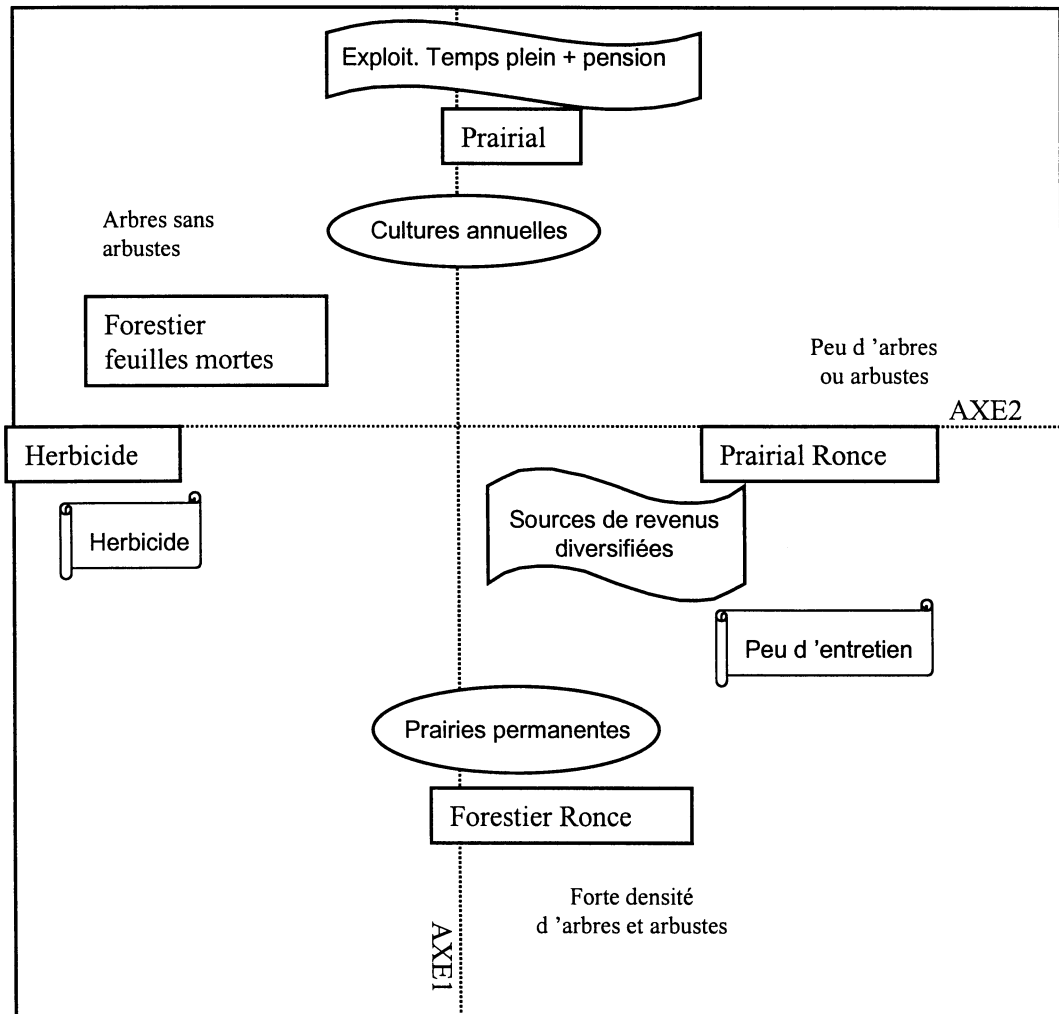
3.2.1. Hiérarchie des facteurs explicatifs de la physiologie des bordures de champ

Des tests d'information mutuelle successifs ont été mis en œuvre afin de hiérarchiser les facteurs susceptibles d'expliquer la physiologie des bordures de champ (Figure 4).

Les premiers tests sont réalisés chacun à partir d'une seule variable explicative (tests 1, 2, 3) ou d'un petit groupe de variables explicatives (test 4). Ils mettent en œuvre tour à tour : la succession culturale dans la parcelle adjacente (test 1), le mode de gestion des bordures de champ par l'exploitant (test 2), les sources de revenus du ménage (test 3), la structure des haies (prenant en compte le recouvrement arborescent, le recouvrement arbustif, la largeur de la canopée, la hauteur maximale, la hauteur dominante, la largeur de la zone inculte : test 4).

Le dernier test (figure 4 à droite) met en jeu l'ensemble des variables explicatives (test 5, «complet »).

Lorsque l'on met en œuvre l'ensemble des variables explicatives dans un même test (test «complet »), on augmente nettement la connaissance que l'on peut avoir de la physiologie des bordures de champ, en comparaison de l'utilisation d'une seule des variables explicatives (test 1 à 4). Cela montre que cette physiologie dépend de l'ensemble, assez complexe, de facteurs ; la diversité des haies ou des



Légende

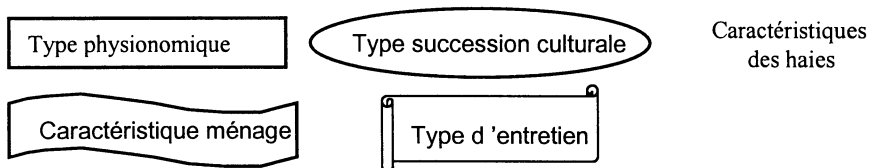


Figure 5 : Représentation des relations entre les types physiologiques et les caractéristiques environnementales et socio-économiques des bordures de champ

parcelles n'est pas réductible à celle des exploitations.

La redondance totale obtenue par ce test complet (36,7 %) est toutefois inférieure à celle obtenue (45,4 %) en additionnant de manière artificielle les redondances issues des tests sur les variables explicatives prises une par une (tests 1, 2, 3, 4). Cela indique une certaine corrélation entre ces variables explicatives.

Néanmoins, on perçoit à chaque fois la prépondérance des variables descriptives des haies (redondance de 17,6 % dans le test 4), et de structure des revenus du ménage (redondance de 11,4 % dans le test 3), sur les variables de succession culturale de la parcelle (redondance de 7,9 % dans le test 1), et de mode de gestion des bordures de champ (redondance de 8,5 % dans le test 2).

On remarquera en outre que le type de succession culturale dans la parcelle adjacente permet mieux de connaître la physionomie de la bordure du champ, que l'occupation du sol, c'est-à-dire le couvert végétal observé l'année donnée sur la parcelle : dans ce dernier cas, la redondance n'est que de 4,4 %.

3.2.2. Relation entre physionomie et variables explicatives

Suite à la procédure de test d'information mutuelle, nous avons réalisé une analyse factorielle des correspondances multiples sur la matrice constituée des 34 sous-ensembles solutions correspondant à 884 bordures de champ et des types physiologiques. Cette analyse permet d'explicitier les relations entre les physiologies de bordures de champ et les variables explicatives telles qu'elles ont été hiérarchisées *via* les tests d'information mutuelle. En effet, les types de physiologie de bordures de champ sont positionnés de cette manière, par rapport aux sous-ensembles solutions qui correspondent à une combinaison des variables explicatives hiérarchisées. Lors d'une première analyse, le type « *herbicide* » est apparu situé hors de tout gradient, il a été exclu de l'analyse et mis en variable supplémentaire.

L'inertie du nuage est représentée à 81,34 % sur les trois premiers axes (38,81 % sur l'axe 1, 23,86 % sur l'axe 2, 18,67 % sur l'axe 3 ; les valeurs propres sont respectivement de 0,352, 0,216, et 0,169).

Sur l'axe 1, le type physiologique 7 « *forestier à ronces* », proche des valeurs négatives, s'oppose au type physiologique 2 « *prairial* », proche des valeurs positives. Sur l'axe 2, le type physiologique 6 « *forestier à feuilles mortes* », dans les valeurs négatives, s'oppose au type physiologique 3 « *prairial avec ronces* », vers les valeurs positives. Sur l'axe 3, les types physiologiques 2 « *prairial* » et 7 « *forestier à ronces* » sont représentés vers les valeurs négatives tandis que les types 3 « *prairial avec ronces* » et 6 « *forestier à feuilles mortes* » le sont dans les valeurs positives. Les sous-ensembles solutions les plus représentatifs des types physiologiques permettent d'associer ces derniers à certaines caractéristiques des parcelles adjacentes, des exploitations, des haies (Figure 5). Nous décrivons dans les points qui suivent, ces relations entre les physiologies de bordures de champ et les hiérarchies de variables explicatives telles qu'elles ont été réalisées par les tests d'information mutuelle.

3.2.2.1. Physiologie de bordures de champ et caractéristiques des exploitations

Gestion globale des bordures de champ dans les exploitations. Le type physiologique 4 herbicide se caractérise par un mode de gestion particulier : il est associé à l'utilisation exclusive du débroussaillage chimique (96 % des bordures de champ du type 4 appartiennent à des exploitations qui les gèrent de cette façon). Le type physiologique 2 « *prairial* » est également associé à un entretien chimique des bordures de champ. Le type physiologique 7 « *forestier à ronces* » est davantage lié à une gestion très faible. Les types physiologiques 3 « *prairial avec ronces* » et 6 « *forestier à feuilles mortes* » ne sont pas corrélés à un mode de gestion.

Structure du revenu des ménages. Les bordures de type 7 « *forestier à ronces* » se trouvent sur le territoire d'une

exploitation de type société ou à des exploitations à temps plein, avec des revenus d'activités extérieures. Celles de type physiologique 3 «*prairial avec ronces*» appartiennent uniquement à des exploitations à temps plein, avec des revenus extérieurs. Le type physiologique 2 «*prairial*» est lié à des exploitations à temps plein, sans revenu d'activités extérieures mais avec une pension. Le type physiologique 4 «herbicide» est associé à des exploitations à temps plein, dont les ressources proviennent uniquement de l'activité agricole. Le type physiologique 6 «*forestier à feuilles mortes*» n'est pas lié à un mode particulier de structure des revenus du ménage.

3.2.2.2. Physiologie des bordures de champ et structure des haies et inter-champs

Les bordures de type physiologique 7 «*forestier à ronces*» sont associées à des haies denses, peu perméables, ayant des recouvrements arborescent et arbustif très importants. Le type 6 «*forestier à feuilles mortes*» est plutôt lié à des haies assez perméables, ayant un recouvrement arborescent important mais peu d'arbustes. Le type 2 «*prairial*» est associé aux inter-champs sans arbre et avec de rares arbustes, le type 4 «herbicide» se rattache à des inter-champs sans arbre ni arbuste. Le type 3 «*prairial avec ronces*» est, une fois de plus, le moins homogène en regard de la structure de la haie associée.

3.2.2.3. Physiologie des bordures de champ et caractéristiques des parcelles

Les bordures de champ de type 4 «herbicide» sont adjacentes à des parcelles utilisées en cultures de vente ; les types 2 «*prairial*» et 3 «*prairial avec ronces*» bordent davantage des parcelles dont la succession culturale est maïs/blé ou maïs/blé/ray grass. Les autres types physiologiques semblent moins corrélés à un type de succession culturale, toutefois les bordures adjacentes à des prairies permanentes sont en majorité de type physiologique 7 «*forestier à ronces*» ou 6 «*forestier à feuilles mortes*».

Discussion

La diversité de structure de la végétation des bordures de champ est très grande. Cependant, l'évaluation physiologique de cette structure que nous avons réalisée à l'aide de quelques descripteurs simples nous a permis 1) de bien décrire cette diversité, 2) de repérer une organisation de cette diversité, en identifiant des ensembles de bordures de même type physiologique.

Nous montrons que les différences de physiologie sont en relation avec un ensemble de facteurs de diverses natures : écologique, agronomique, technique, voire socio-économique et que la diversité des états des bordures de champ est variable selon les exploitations agricoles considérées. L'approche environnementale des exploitations agricoles que nous proposons ne porte donc pas sur les seuls espaces de production ou pratiques de production, mais permet de prendre en compte la totalité du territoire d'exploitation, avec ses espaces non cultivés.

De façon concomitante, nous avons cherché à replacer les bordures de champ dans leur contexte spatial au sein de l'exploitation : les facteurs mis en œuvre se rapportent à trois niveaux que sont l'inter-champs, la parcelle d'usage et l'exploitation. Ce travail intégrant l'ensemble de l'exploitation agricole se différencie de ceux des écologues qui ne considèrent que la bordure de champ et son environnement physique immédiat (Carr & Bell, 1991 ; Cummins & French, 1994 ; Paoletti & Pimentel, 1992).

La reconnaissance des bordures de champ non seulement comme «habitat écologique» mais également comme «unité de gestion» a déjà conduit à un meilleur dialogue entre écologues et agronomes (Baudry *et al.*, 1993). La bordure de champ constitue un objet commun sur lequel des observations et des modèles biologiques et techniques peuvent être articulés (Baudry *et al.*, 1996) ce qui amène les écologues à considérer la diversité des exploitations comme une variable explicative de la biodiversité (Le Coeur, 1996).

Dans cette étude, les modes d'entretien des bordures de champ, pris en compte comme variable explicative font référence à l'ensemble des bordures de champ d'une exploitation, et non à chacune, prise individuellement. En effet, il n'est pas possible, par enquête, d'obtenir des informations individualisées pour chaque bordure de champ. De plus, les pratiques peuvent varier d'une année sur l'autre. Par conséquent, nous ne savons pas exactement comment les états physiologiques observés sont produits sur chaque bordure de champ, mais nous savons que leur diversité est liée à d'autres diversités comme celle des exploitations agricoles ou des usages des parcelles. Il convient d'être circonspect dans l'interprétation de nos résultats qui ne peuvent être lus dans le sens : tel type d'exploitation produit tel type de bordure, sans que les mécanismes soient élucidés.

Concernant ces mécanismes, l'articulation en cours avec les travaux des sociologues (Luginbühl et Toubanc, 1997) devrait apporter quelques réponses sur le lien entre la structure des haies (strate arborescente) et l'intérêt des agriculteurs pour le bocage. Or nous constatons un lien entre la structure des haies et la physionomie de la végétation des bordures. La relation entre la physionomie des bordures et le type de ménage agricole intervient à ce niveau. L'interprétation est difficile car nous avons peu d'exploitations. Ellis *et al.* (com. pers.) ont trouvé que la richesse floristique des prairies gérées par des ménages pluri-actifs est supérieure à celle des prairies des autres catégories d'agriculteurs. Il semble donc bien y avoir un lien entre les caractéristiques socio-économiques des ménages agricoles et leur façon de gérer les couverts végétaux plus ou moins pérennes.

Un deuxième ensemble de facteurs a trait aux dates et modalités possibles d'intervention en fonction des cultures présentes et de leur succession qui conduit à une combinaison de modalités dont nous observons la résultante. Une observation détaillée des pratiques d'entretien est en cours sur trois cent bordures pour apporter des réponses. Des contraintes peuvent déjà être avancées : les interventions mécaniques sont

possibles sur les bordures en été après la récolte des céréales, ce n'est pas le cas quand du maïs est présent ; l'introduction de prairies temporaires pâturées dans les successions culturales rend possible un pâturage des bordures, voire une mise à nu du sol des talus par les animaux. On pourrait, par conséquent, s'attendre à une relation plus forte entre le type de succession culturale et la physionomie des bordures. Sans doute le poids de la structure des haies est-il important pour deux raisons. La première est que cette structure détermine la quantité d'ombre ou de lumière, de feuilles mortes qui arrivent sur la strate herbacée ; la deuxième est que la présence d'arbres peut gêner une fauche ou un broyage, par la présence de troncs. Nous avons montré, par ailleurs (Marshall *et al.*, 1997) que la structure de haie est liée à l'occupation du sol ; elle peut donc, dans les analyses, en masquer les effets. On note d'ailleurs que dans l'analyse prenant en compte l'ensemble des variables, la contribution de la structure de la haie est relativement élevée. Peut-être s'agit-il d'un paramètre clé ? Nous pourrions tester cette hypothèse en prenant cette structure comme variable de contrôle.

Un approfondissement de l'étude des mécanismes produisant tel ou tel type de bordure ne semble véritablement intéressant que si les objectifs recherchés en terme de structure de bordures de champ sont fixés auparavant. Or, si les travaux des écologues ont montré des relations entre les structures des bordures de champ et les espèces qu'elles abritent, on ne sait pas en quoi, au niveau d'un paysage, la diversité des bordures de champ et des exploitations contribuent à la diversité biologique. Il est probable que la co-occurrence de bordures de type « forestier » et de type « prairial » au sein d'un paysage contribue à la richesse biologique, mais il faut déterminer quelles doivent être les proportions et les arrangements spatiaux de chaque type. Un réseau de haies avec une végétation arborescente dense, en bordure de prairies permanentes doit offrir un habitat à des espèces (végétales et animales) de milieu ombragé, habituellement trouvées en forêt. Le fait que les haies soient insérées dans des

réseaux permet à ces espèces de circuler, sous forme d'individu ou de graine, d'une haie à l'autre et de recoloniser des haies d'où elles ont disparu. Ces disparitions peuvent avoir lieu suite à la récolte de bois et à l'arrivée soudaine de lumière ou d'autres « accidents » environnementaux ou de dynamique de population. Par ailleurs, des réseaux de haies à végétation moins dense offrent aux espèces de milieu ouvert un habitat non fertilisé et peu perturbé. Les travaux de Le Cœur *et al.* (1997) vont dans le sens d'un test de cette hypothèse. Ils montrent des différences de végétation entre des paysages différant à la fois par la densité de haies et la densité de plantes dans ces haies. Un test plus avancé consisterait maintenant à comparer la végétation de zones de prairies entourées de haies à couvert arborescent dense à des zones de cultures avec des haies au couvert plus clairsemé.

Dans une réflexion commune entre agronomes, écologues, et gestionnaires sur les relations entre les activités agricoles et les problèmes d'environnement, il est nécessaire de s'interroger conjointement sur l'impact des pratiques d'entretien des bordures de champ sur l'environnement, sur les facteurs de décision concernant les choix des pratiques d'entretien et sur leurs conditions d'utilisation. L'étude des contraintes d'exploitation, en terme d'organisation du travail par exemple, pourrait servir de point de départ à une recherche opérationnelle pour une gestion appropriée des bordures de champ. Nous avons vu, ci-dessus, quelques contraintes en matière de date d'intervention. La disponibilité de la main d'œuvre à ces dates est probablement un facteur important que nous devons analyser. Une difficulté concrète dans ce type de recherche est la récolte de données au niveau le plus fin (bordure de champ) qui ne peut concerner qu'un nombre restreint d'exploitations. Ici, à une exception près, nous avons des exploitations laitières. L'étude d'autres types d'exploitations, de production porcine, par exemple, devra prendre en compte non seulement le système de production et ses conséquences sur l'occupation du sol, mais aussi le fait qu'il s'agit de systèmes fortement producteurs d'effluents d'élevage dont l'épandage peut avoir des

conséquences sur la végétation des bordures de champs. L'apport important d'azote doit favoriser certaines espèces nitrophiles (orties...).

Jusqu'à présent les politiques publiques ont prêté peu d'attention à la gestion des haies et quand elles le faisaient, seules les strates arborescentes et arbustives étaient concernées (Bazin *et al.*, 1995). Aujourd'hui, l'évolution des politiques agricoles, notamment européennes, vers des mesures agri-environnementales suscitent de nombreux travaux sur la mise en place de bandes herbeuses pour créer une bordure de champ, dans un but de protection de la faune et de la flore (Boatman, 1994). Une recherche active a lieu dans tous les pays européens pour déterminer un « code de bonne pratique » de la gestion des bordures de champ (Hegarty *et al.*, 1994).

Par nos travaux, nous proposons un pas supplémentaire vers la prise en compte de l'intégration des bordures de champs dans les exploitations. Les applications potentielles sont d'autant plus grandes que l'on assiste au passage progressif de gestion individuelle par l'agriculteur à des gestion par entreprise, par des Coopératives d'Utilisation de Matériel Agricole. La mise en place de contrats territoriaux, prévus dans la future loi d'orientation agricole, nécessitera aussi ce type de recherche.

Remerciements

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre de recherches financées par la Commission Européenne (contrat FAIR « *Field boundary habitats for wildlife, crop, and environmental protection* »), le Ministère de l'Environnement (contrat « *Organisation paysagère, agricole, écologique, sociale des structures linéaires boisées* ») et l'INRA (AIP « *Nouvelles fonctions de l'agriculture et de l'espace rural* »). Nous remercions Françoise Burel, Didier Le Cœur, Guillaume Pain et Jean-Pierre Deffontaines, un lecteur anonyme et les éditeurs pour leurs commentaires avisés sur des versions antérieures du manuscrit.

Références

- Barmoy S., Cassegrain A.**, 1995. *Organisation du travail et gestion des haies dans les exploitations agricoles en zones bocagères*. INRA SAD-Armorique, Mémoire de DAA, Ecole Nationale Supérieure d'Horticulture, Versailles.
- Bates G. H.**, 1937. The vegetation of way-side and hedgerow. *Journal of Ecology* **25**: 469-481.
- Baudry J., Steyaert P., Thenail C., Deffontaines J.-P., Maigrot J.-L., Léouffre M.-C., Santucci P., Balent G.**, 1996. *Approche spatiale des systèmes techniques agricoles et environnement* : , pp. 123-137, INRA Paris, Toulouse
- Baudry J., Tatoni T., Luginbühl Y., Barre V., et Berlan-Darqué M.**, 1993. Bocages et Environnement. *REED Janvier-Juillet 1993*: 15-19
- Bazin P., Jégat R. et Schmutz T.**, 1995. L'entretien courant des haies. Les grands modèles d'entretien des haies. 71 p.
- Boatman N. (dir.)**, 1994. Field margins: integrating agriculture and conservation Vol. 58, Surrey, U.K. British Crop Protection Council, 404 p.
- Boatman N. D., Blake K. A., Aebischer N. J. and Sotherton, N. W.**, 1994. Factors affecting the herbaceous flora of hedgerows on arable farms and its value as wildlife habitat. In Watt, T. A., and Buckley, G. P. (dir.), *Hedgerow management and nature conservation*. Wye College Press, pp. 33-46
- Burel F.**, 1996. Hedgerows and their role in agricultural landscapes. *Critical Review in Plant Sciences* **15**: 169-190
- Carr S. and Bell M.**, 1991. Practical conservation - Boundary habitats. London, 127 p.
- Cummins R. P. and French D. D.**, 1994. Floristic diversity, management and associated land use in British hedgerows. In Watt, T. A., and Buckley, G. P. (dir.), *Hedgerow management and nature conservation*. Wye College Press : 95-106
- Deffontaines J.-P., Thenail C. and Baudry J.**, 1995. Agricultural systems and landscape patterns: how can we built a relationship? *Landscape and Urban Planning* **31**: 3-10.
- Denis D., Thenail C., Petit S., Morvan N., Moonen N., Mérot P., Le Coeur D., Dubs F., Burel F. and Baudry J.**, 1995. *Méthode d'analyse des haies : Protocole d'observation et gestion informatisée des données*, INRA-SAD Armorique, CNRS, URA ECOBIO, Rennes.
- Forman R. T. T. and Baudry J.**, 1984. Hedgerows and hedgerow networks in Landscape Ecology. *Environmental Management* **8**: 499-510.
- Gallego F. J.**, 1982. Codage flou en analyse des correspondances. *Les Cahiers d'Analyse des Données* **VII**: 413-430.
- Hegarty C. A., McAdam J. H. and Cooper A.**, 1994. Factors influencing the plant species composition of hedges - implications for management in environmentally sensitive areas. In Boatman, N. (dir.), *Field margins : integrating agriculture and conservation* : 227-234.
- Jouin A.**, 1996. *Bordures de champs bocagers : physionomie et gestion*, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Nancy, INRA SAD-Armorique Rennes, 35 p.
- Laurent C., Langlet A., Chevallier C., Julian P., Maigrot J.-L., et Ponchelet D.**, 1994. Ménages, activités agricoles et utilisation du territoire : du local au global à travers les RGA. *Cahiers d'études et de recherches francophones. Agricultures* **3**: 93-107.
- Lebeaux M. O.**, 1985. *ADDAD*, Association pour le Développement et la Diffusion de l'Analyse des Données.
- Le Coeur D.**, 1996. *La végétation des éléments linéaires non cultivés des paysages agricoles : identification à plusieurs échelles spatiales, des facteurs de la richesse et de la composition floristiques des peuplements*, Université de Rennes 1, Rennes, 251 p.
- Le Coeur D., Baudry J. and Burel F.**, 1997. Field margins plant assemblages : variation partitioning between local and landscape factors. *Landscape and Urban Planning* **37**: 57-71.
- Luginbühl, Y., M. Toublanc**, 1997. De l'utilité de l'émondage à la contemplation du paysage. Paris, CNRS, UMR LADYSS.
- Marshall E. J. P., Arnold G. M.**, 1995. Factors affecting field weed and field margins flora on a farm in Essex, UK. *Landscape and Urban Planning* **31**: 205-216.

Marshall E. J. P., Nowakowski M., 1994. Establishment and management of herb-rich field margins. In Watt TA, B. G. (dir.), *Hedgerow Management and Nature Conservation*. Wye College Press : 154-156.

Marshall E. P. J., Joenje W., Burel F., Gerowitt B., Paoletti M., Thomas C. F. G., Moonen C., Baudry J., Le Coeur D., Klein D., Schippers P., Kopp A., and Thenail C., 1997. *Field boundary habitats for wildlife, crop and environmental protection. Final Report*, Long Ashton Research Station, University of Bristol, U.K.; Agricultural University, Wageningen, The Netherlands; Université de Rennes 1, France.

Mérot P., Reyne S., and Baudry J., 1994. Structures linéaires boisées: environnement physique et agronomique, méthodes et perspective d'étude des transferts. In Cailiez, F., Cavailhes, J., Hubert, B., Montard (de), F.-X., Guitton, J.-L., and Terrasson, D. (dir.), *Agriculteurs, agricultures et forêts*. Antony CEMAGREF : 89-117

Paoletti M. G., and Pimentel D. (dir), 1992. *Biotic diversity in agroecosystems*, Amsterdam Elsevier, 356 p.

Phipps M., 1981. Entropy and community pattern analysis. *Journal of Theoretical Biology* **93**: 253-273.

Thenail C., 1996. *Exploitations agricoles : contribution à la structure de la mosaïque paysagère*, Université de Rennes 1, Rennes, 382 p.

Way J. M., and Greig-Smith P. W. (dir.), 1987. *Field margins* Vol. 35 British Crop Protection Council, 128 p.