

ÉVALUATION DES MESURES DE COMPENSATION ÉCOLOGIQUE DE LA RÉGION DE NUVILLY/COMBREMONT

SYNTHÈSE



Agroscope RAC Changins
Station fédérale
de recherches agronomiques
Directeur: André Stäubli
www.racchangins.ch

Agroscope FAL Reckenholz
Station fédérale de recherches
en agroécologie et agriculture
Directeur: Paul Steffen
www.reckenholz.ch

SRVA
Service romand
de vulgarisation agricole
Directrice: Dominique Barjolle
www.srva.ch



FiBL – Institut de recherche
de l'agriculture biologique
Directeur: Urs Niggli
www.fibl.ch

Evaluation des mesures de compensation écologique de la région de Nuvilly/Combremont

Synthèse

S. POZZI, Service romand de vulgarisation agricole, CH-1006 Lausanne et Agroscope RAC Changins, CH-1260 Nyon
Ph. JEANNERET, Agroscope FAL Reckenholz, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zurich
H. LUKA, Institut de recherches en agriculture biologique, Ackerstrasse, CH-5070 Frick
E. WERMEILLE, biologiste indépendant, rue des Monts 15, CH-2053 Cernier

@ E-mail: stefano.pozzi@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22 36 34 316.

Résumé

Les surfaces de compensation écologique (SCE) ont pour but de favoriser la diversité biologique. A Nuvilly/Combremont, cet objectif est évalué à travers l'étude des araignées, des carabes, des papillons de jour, des oiseaux et de la flore. Mis à part les haies et les vergers, les SCE contiennent rarement plus d'espèces que les cultures. Elles contribuent néanmoins à la diversité régionale car les assemblages d'espèces sont distincts de ceux des cultures. De plus, elles abritent nettement plus d'espèces spécialistes, caractéristiques et exclusives. Après sept ans, les peuplements d'araignées et de carabes ont évolué de manière faible mais positive dans les SCE. Pour la flore et les papillons, cette évolution est difficile à mettre en évidence. Les types de SCE qui ont le plus de valeur sont les haies, dont l'implantation et le maintien doivent être renforcés, et les vergers, qui devraient davantage être associés à d'autres SCE. L'efficacité des prairies extensives pourrait être augmentée en choisissant mieux leur emplacement en fonction des milieux environnants.

Introduction

Le programme d'évaluation de l'effet des surfaces de compensation écologique (SCE) sur la biodiversité, à l'échelle locale, a été mis sur pied par l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) dans trois régions: Rafzerfeld (ZH), Ruswil/Buttisholz (LU) et Nuvilly/Combremont (FR-VD). Les résultats globaux du programme sont décrits dans un rapport de synthèse (Herzog et Walter, 2005). La Station fédérale de recherches en agroécologie et en agriculture Agroscope FAL Reckenholz coordonne le projet national avec la collaboration, pour la région de Nuvilly/Combremont, de la Station fédérale de recherches agronomiques Agroscope RAC Changins et du Service romand de vulgarisation agricole (SRVA).

Parmi les nombreux objectifs visés par l'attribution de 7% de la surface agricole utile (SAU) en SCE figurent la préservation et la restauration des milieux naturels ou semi-naturels et du paysage, ainsi que le maintien ou le développement de la diversité des espèces animales et végétales. Ce dernier objectif est évalué à Nuvilly/Combremont et fait l'objet de cette publication.

L'effet des SCE sur la biodiversité a été suivi par l'étude de la végétation et de quatre groupes faunistiques: les araignées, les carabes, les papillons de jour et les oiseaux. Ces groupes ont été choisis pour leur sensibilité aux modifications du paysage et aux pratiques agricoles (Gonseth et Mulhauser, 1995).

Cet article présente la synthèse des résultats et des analyses de la biodiversité des différents types de SCE dans la région de Nuvilly/Combremont par rapport à des stations témoins d'agriculture tradi-



Fig. 1. Le paysage de Nuvilly/Combremont est riche en arbres fruitiers à haute-tige et en prairies extensives.



Femelle de *Larinioides cornutus* (Araneidae, 6-9 mm) qui se confond avec le fruit sec qui l'abrite (photo E. Pongratz).



Le coléoptère *Carabus auratus* (17-30 mm) a une préférence pour les prairies et pâturages extensifs à Nuvilly/Combremont.

tionnelle, de 1998 à 2004. Il fait suite à la publication de Koller *et al.* (2000), présentant les premiers résultats des relevés botaniques et des papillons diurnes, et à celle de Pozzi (2004) sur les araignées de cette région. Pour la première fois, une méthode d'évaluation de la qualité des milieux terrestres, commune aux araignées, carabes et papillons de jour, a permis de quantifier la valeur écologique des habitats étudiés. Des propositions permettant d'améliorer la qualité des SCE sur le Plateau suisse sont également émises.

Matériel et méthode

Description de la région

La région de Nuvilly/Combremont est située entre le lac de Neuchâtel et la plaine de la Broye. D'une superficie de 7 km², elle recouvre la commune de Nuvilly (FR) et une partie de la commune de Combremont-le-Grand (VD). Son altitude varie de 550 à 710 m. C'est une région d'agriculture mixte, avec une proportion comparable de cultures et de surfaces herbagères (Koller *et al.*, 2000). L'exploitation en terrasses découle d'un relief varié délimité par des talus recouverts de haies et d'arbres fruitiers (fig.1). Les SCE (environ 7% de la SAU) sont en grande majorité des prairies extensives (Schüpbach, 2000).

Description des stations

En moyenne, 60 stations ont été sélectionnées par année, soit 422 stations de 1998 à 2004. Chaque station de 25 ares présente une végétation, une pente et une humidité homogènes. Les principaux types de SCE ont été étudiés: prairies et pâturages extensifs (PEX), prairies et pâturages peu intensifs (PPI), parcelles avec arbres fruitiers à haute-tige «vergers» (VE), haies (HAIE), ainsi que des prairies et pâturages exploités de manière intensive (PI), des prairies artificielles en rotation (PA) et champs de blé (BLE). Dans la région de Nuvilly/Combremont, deux éléments importants ont guidé le choix des stations: garder les mêmes sites chaque année pour les suivre dans le temps et limiter les différentes catégories de stations pour permettre les comparaisons. Comme Koller *et al.* (2000) l'indiquent, l'attribution d'une station dans une catégorie de SCE herbagère se base exclusivement sur l'inscription administrative effectuée par l'agriculteur et non sur sa composition botanique. Les surfaces sont ainsi très hétérogènes au sein d'une même catégorie. Par exemple, une prairie extensive peut, avant son inscription en SCE, avoir été cultivée intensivement ou déjà exploitée de façon extensive, sans parler de la topographie et de la qualité du sol qui influencent de manière importante l'extensification de la station après son inscription en SCE.

Plusieurs stations étant pâturées et fauchées au cours de la même saison, ces deux modes d'exploitation ont été regroupés dans les catégories prairies (PEX, PPI et PI). Enfin, après 1999, la catégorie lisière forestière a été abandonnée pour recentrer les recherches sur la SAU.

Relevés de végétation

Les relevés effectués en 1999, 2001 et 2003 ont consisté à identifier et à évaluer l'abondance de toutes les espèces végétales dans chaque station, deux fois par année, sur une surface fixe de 100 m². Dans les haies, les relevés ont été effectués séparément dans la bande boisée et la zone herbacée de transition avec la surface agricole (ourlet). Dans les cultures, ils ont eu lieu avant et après la récolte, avec les chaumes toujours en place (Koller *et al.*, 2000; Herzog et Walter, 2005).

Récolte des araignées et des carabes

En 1999, 2001 et 2003, les araignées et les carabes ont été récoltés à l'aide de pièges au sol, d'un filet fauchoir et d'un parapluie japonais (Pozzi, 2004). Les **pièges au sol** sont des tubes enterrés à fleur de sol. A l'intérieur du tube est disposé un entonnoir débouchant sur une petite bouteille remplie au tiers d'alcool à 70°. Les trois pièges par station sont disposés en triangle de 2 m de côté au centre de la parcelle (sauf dans les haies où la disposition est linéaire). Tous les pièges sont recouverts d'un toit en plastique contre les intempéries et le soleil. Ils ont été vidés chaque semaine pendant deux périodes: quatre semaines de début mai à début juin et deux semaines de fin juin à mi-juillet. Sur les trois années, 3258 échantillons ont été prélevés (6 relevés × 3 pièges × 181 stations). Le **filet fauchoir** est constitué d'un manche de 61 cm et d'un filet de toile résistante de 38 cm de diamètre. Les échantillons sont pris en «fauchant» 50 coups dans le sens de la marche, selon un mouvement pendulaire. Chaque année, cinq passages sont effectués dans chaque station (sauf les haies) entre mai et septembre une fois par mois. Le **parapluie japonais** est un entonnoir de toile de 60 cm de diamètre que l'on tient par un manche et fermé par une bouteille collectrice. La végétation est frappée à l'aide d'un bâton au-dessus de l'entonnoir. On donne trois fois cinq coups à 3 m d'intervalle dans les haies et les arbres fruitiers à hauteur d'homme. Comme pour le filet fauchoir, cinq relevés sont effectués par année.

Relevés de papillons

Les papillons de jour (rhopalocères, hespéries) ont été étudiés dans les 60 stations annuelles en 1998, 2000, 2002 et 2004 (Jeanneret *et al.*, 2000). Les individus adultes ont été comptabilisés par observation directe durant dix minutes à chaque station lors de six passages entre mai et août. Certains individus, appartenant à des espèces difficiles à distinguer les unes des autres, ont été attrapés à l'aide d'un filet et déterminés sur place.

Relevés d'oiseaux

Les 37 espèces indicatrices d'oiseaux sélectionnées ont été cartographiées chaque année de 1998 à 2004 sur les cinq secteurs de Nuvilly/Combremont (Schmid *et al.*, 2001). Chaque secteur a fait l'objet de trois passages entre début avril et début juillet, de l'aube jusqu'en milieu de matinée, lorsque les chanteurs sont les plus actifs. A la fin de la saison, les oiseaux chanteurs et nicheurs cartographiés servent à définir le nombre de territoires occupés.



La piéride du chou (*Pieris brassicae*, 57-66 mm) est reconnaissable à ses grandes ailes blanches ou jaunes tachées de noir.

Analyse des résultats

Les résultats ont été analysés en quatre étapes:

- **Résultats globaux** et évolution dans le temps du nombre d'espèces, d'individus, de spécialistes, d'espèces et d'individus de la liste rouge. Les moyennes de ces différentes catégories par station de chaque type d'habitat étudié ont été calculées pour l'ensemble des groupes indicateurs.
- **Etude de la composition en espèces** par le calcul du nombre d'espèces caractéristiques (Duelli *et al.*, 1990), d'espèces exclusives et par des ordinations (analyses en composantes principales) des assemblages d'espèces (ter Braak et Smilauer, 1998).
- **Analyse écologique** des différents types d'habitats en attribuant chaque espèce recensée à une catégorie en fonction de ses affinités écologiques.
- **Méthode d'évaluation de la qualité des stations** faisant appel pour la première fois aux carabes et aux papillons de jour en plus des araignées. Elle se base sur la rareté des espèces observées en Suisse et sur leur fidélité au biotope, ce qui permet d'obtenir une valeur pour chaque station et notamment d'apprécier les biotopes renfermant peu d'espèces mais qui ont des liens étroits avec les conditions du milieu (espèces sténoèces) et de ne pas surestimer les stations riches en espèces ubiquistes (euryèces) (Pozzi, 2004).

Résultats et discussion

Nombre d'espèces

Araignées: au total, **212** espèces d'araignées et 89 066 individus ont été déterminés de 1999 à 2003 (tabl.1), soit près de 25% de la faune arachnologique suisse (Maurer et Hänggi, 1990). Cette richesse est relativement importante, compte tenu du type de piégeage non exhaustif; elle montre la grande biodiversité de cette région, par rapport aux autres sites étudiés (Jeanneret *et al.*, 2005). Parmi ces espèces, **68** espèces spécialistes (32%) – fidèles à un type de biotope – et **29** espèces rares¹ (14%) pour le versant nord des Alpes, selon les indices de fidélité et de rareté tirés de Pozzi *et al.* (1998). En moyenne, dans chaque station, **30** espèces d'araignées ont été trouvées dont 11% de spécialistes et 2% d'araignées rares.

Le plus grand nombre d'espèces a été déterminé dans les haies, les prairies extensives et les vergers, tandis que les prairies artificielles et les champs de blé en contiennent le moins. En moyenne par station, les haies accueillent le plus d'espèces (35,2) et d'araignées rares (2,2), tandis que les vergers ont le plus de spécialistes (5,5) (fig. 2), ce qui s'explique en partie par des espèces inféodées à la strate arborescente. Par contre, il y a peu de différence entre les prairies extensives, les prairies peu intensives et les prairies intensives même si les prairies extensives sont toujours supérieures aux prairies traditionnelles (tabl.1). La comparaison statistique confirme que les SCE en général contiennent significativement plus d'espèces et de spécialistes (pour les trois années étudiées) que les milieux traditionnels, mais que les différences ne sont pas significatives pour le nombre d'espèces, d'individus ou de spécialistes entre les prairies SCE et les prairies intensives (Jeanneret *et al.*, 2005).

Tableau 1. Nombre de stations (N Sta), d'espèces total (N Esp), d'individus (N Ind), d'espèces de spécialistes (N Spé), d'espèces et d'individus rares (N sp R, N ind R), d'espèces et d'individus de la liste rouge (N sp LR, N ind LR), recouvrement des espèces végétales (REC), moyenne du recouvrement (M REC), nombres moyens par station (N M) et résultats moyens par type d'habitat de l'évaluation (EVA) selon la méthode de Pozzi *et al.* (1998).

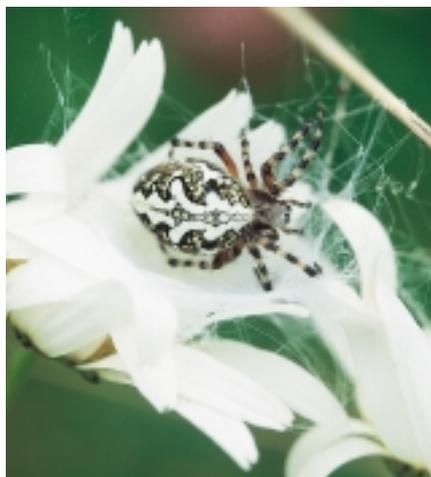
	PEX	PPI	VE	HAIE	PI	PA	BLE	TOT
ARAIGNÉES								
N Sta	52	12	22	21	29	16	24	181
N Esp	134	93	118	140	90	78	88	212
N Ind	33 004	5979	7786	4456	15 270	11 440	9479	89 066
N Spé	34	12	29	30	16	12	15	68
N sp R	10	5	9	16	3	4	2	29
N ind R	12	5	50	152	4	5	2	235
N M Esp	27,7	29,1	34,6	35,2	26,8	26,9	24,5	30
N M Spé	2,8	3,2	5,5	4,2	2,5	3	2,4	3,4
N M sp R	0,3	0,4	1,6	2,2	0,1	0,2	0,1	0,7
N M ind R	0,3	0,4	2,3	7,2	0,1	0,2	0,1	1,5
EVA	6,8	6,6	12,2	30	5,6	6,2	5,3	10,4
CARABES								
N Sta	52	12	22	21	29	16	24	181
N Esp	87	68	61	76	73	60	66	108
N Ind	34 449	10 058	6782	5877	13 747	10 444	30 909	113 592
N Spé	22	17	15	21	18	9	12	31
N sp LR	7	6	4	4	5	3	2	11
N ind LR	429	69	8	97	13	85	32	736
N M Esp	26,5	29,7	22,5	28,3	22,3	22,5	25,6	25,4
N M Spé	3,4	4,6	1,6	6,5	2,7	0,8	1	2,9
N M sp LR	0,9	0,8	0,3	0,9	0,3	0,5	0,5	0,6
N M ind LR	8,9	4,6	0,3	4,6	0,4	4,3	1,4	3,5
EVA	6,5	9	4,4	19,1	4,7	4,8	5,4	7,7
RHOPALOCÈRES								
N Sta	70	16	29	28	41	19	33	241
N Esp	40	37	37	33	34	27	25	44
N Ind	4905	943	1224	1949	1614	824	575	12 334
N Spé	11	7	8	3	8	3	3	14
N sp LR	5	2	2	0	3	1	1	6
N ind LR	20	2	2	0	4	1	1	30
N M Esp	14,5	14,8	12,6	13,7	13,5	11	7	12,4
N M Spé	1	1	0,6	0,4	0,7	0,4	0,1	0,6
N M sp LR	0,15	0,1	0,05	0	0,13	0,05	0,03	0,07
N M ind LR	0,28	0,1	0,05	0	0,13	0,05	0,03	0,09
EVA	8,6	8,7	6,7	5,4	5,6	2,8	2,8	5,9
FLORE								
N Sta	52	12	22	21	29	16	24	181
N Esp	136	66	77	176	77	42	57	269
REC	12 702	2351	4671	8621	5177	2984	1495	40 248
M REC	228,4	229,3	209,4	410,8	212,2	184,7	59	226,7
N sp LR	6	1	3	14	3	4	6	33
N M Esp	23,9	22,6	25,6	52,6	22	14,1	7,5	25,1
N M sp LR	0,2	0,1	0,2	1,6	0,1	0,1	0,3	0,4

PEX = prairies extensives; PPI = prairies peu intensives; VE = vergers; HAIE = haies; PI = prairies intensives; PA = prairies artificielles; BLE = champs de blé. TOT = total pour le projet (renferme aussi les résultats pour les lisières de 1998 et 1999).

Carabes: au total, **108** espèces de carabes et 113 592 individus ont été identifiés à Nuvilly/Combremont de 1999 à 2003, ce qui représente 20% des espèces de la faune carabique suisse (Luka et Pfiffner, 2005), parmi lesquelles **31** espèces spécialistes (28%) et **11** (10%) figurant sur la liste rouge² (Marggi, 1994). En moyenne, dans

¹Les araignées rares trouvées à Nuvilly/Combremont sont: *Anelosimus vittatus*, *Araniella inconspicua*, *Bathyphantes parvulus*, *Centromerus leruthi*, *Cetonana laiteps*, *Cheiracanthium virescens*, *Cortiarachne depressa*, *Dismodicus elevatus*, *Entelecara congenera*, *Gibbaranea gibbosa*, *Gongyliellum murcidum*, *Mioxena blanda*, *Ostearius melanopygius*, *Panamomops mingei*, *Pardosa paludicola*, *Pirata tenuitarsis*, *Philodromus aureolus*, *Philodromus histrio*, *Philodromus praedatus*, *Pistius truncatus*, *Pseudicus encarpatus*, *Syedra gracilis*, *Textrix denticulata*, *Theridion mystaceum*, *Thomisus onustus*, *Xysticus cambridgei*, *Walckenaeria monoceros*, *Walckenaeria unicornis*, *Zora parallela*.

²Les carabes de la liste rouge trouvés à Nuvilly/Combremont sont: *Agonum viridicupreum*, *Amara fulvipes*, *Amara kultii*, *Anisodactylus nemorivagus*, *Bembidion inustum*, *Brachinus elegans*, *Carabus auratus*, *Harpalus smaragdinus*, *Notiophilus rufipes*, *Panagaeus bipustulatus* et *Trechoblemus micros*.



L'araignée *Aculepeira ceropegia* (12-14 mm) construit un abri au cœur d'une fleur.

chaque station, **25,4** espèces de carabes ont été trouvées dont 11% de spécialistes et 2% de carabes de la liste rouge (tabl.1).

Globalement, le plus grand nombre d'espèces a été déterminé dans les prairies extensives et les haies, suivies des prairies intensives et peu intensives. Les prairies artificielles et les «vergers» en hébergent le moins. En moyenne, par station, les prairies peu intensives accueillent le plus d'espèces (29,7), les haies le plus de spécialistes (23%) et les prairies extensives le plus d'espèces de la liste rouge (3%) (fig. 2). Par contre, il y a peu de différences, aussi sur le plan statistique (Luka et Pfiffner, 2005), entre les vergers, les prairies intensives et les prairies artificielles, ce qui peut provenir d'une pâture intensive de la strate herbacée des «vergers». Enfin, les SCE en général contiennent significativement plus de spécialistes pour les trois années que les milieux traditionnels, et les prairies extensives plus d'espèces (2001 et 2003) que les prairies intensives.

Rhopalocères: au total, **44** espèces de papillons de jour et 12 334 individus ont été identifiés en 1998, 2000, 2002 et 2004, soit 23% des papillons diurnes (Rhopalocères, Hespérides) de Suisse et plus de 40% des espèces potentiellement présentes dans les paysages agricoles du Plateau (Aviron *et al.*, 2005). Parmi ces espèces, **14** sont spécialistes (32%) et **6** (14%) sont sur la liste rouge³ (Gonseth, 1994). En moyenne, dans chaque station, **12,4** espèces de papillons de jour ont été trouvées, dont 5% de spécialistes et 0,6% de papillons menacés (tabl.1).

Globalement, le plus grand nombre d'espèces a été déterminé dans les prairies extensives, les vergers et les prairies peu intensives et le plus petit dans les champs de blé et les prairies artificielles. Les haies ne contiennent aucun papillon de jour de la liste rouge. En moyenne, par station, les prairies extensives et peu intensives hébergent le plus d'espèces (14,8 et 14,5) et le plus de spécialistes (7%) (fig. 2). Toutefois, comme pour les araignées, les prairies SCE diffèrent peu des prairies intensives même si statistiquement il y a plus d'espèces deux années sur quatre (Aviron *et al.*, 2005).

Flore: au total, **269** espèces végétales ont été recensées dans les stations d'étude en 1999, 2001 et 2003. En 1999, une analyse de l'ensemble du périmètre avait révélé la présence de **348** espèces, ce qui confirme que près d'un quart de la flore du périmètre, en particulier les espèces rudérales et thermophiles, a survécu grâce aux surfaces marginales entretenues de manière sporadique en bordure de la SAU, telles que bandes herbeuses extensives, bordures de cultures et talus de routes (Koller *et al.*, 2000). Parmi les espèces identifiées dans les stations, **33** (12%) figurent dans la liste rouge (Moser *et al.*, 2002). En moyenne, dans chaque station, **25** espèces végétales sont présentes, dont 2% sont menacées (tabl.1).

³Les papillons diurnes de la liste rouge trouvés à Nuvilly/Combremont sont: le Gazé (*Aporia crataegi*), la Grisette (*Carcharodus alceae*), la Petite Violette (*Clossiana dia*), la Mélitée des scabieuses (*Melicta parthenoides*), l'Hespérie de la mauve (*Pyrgus malvae*) et le Thécla du couvrier (*Satyrrium pruni*).

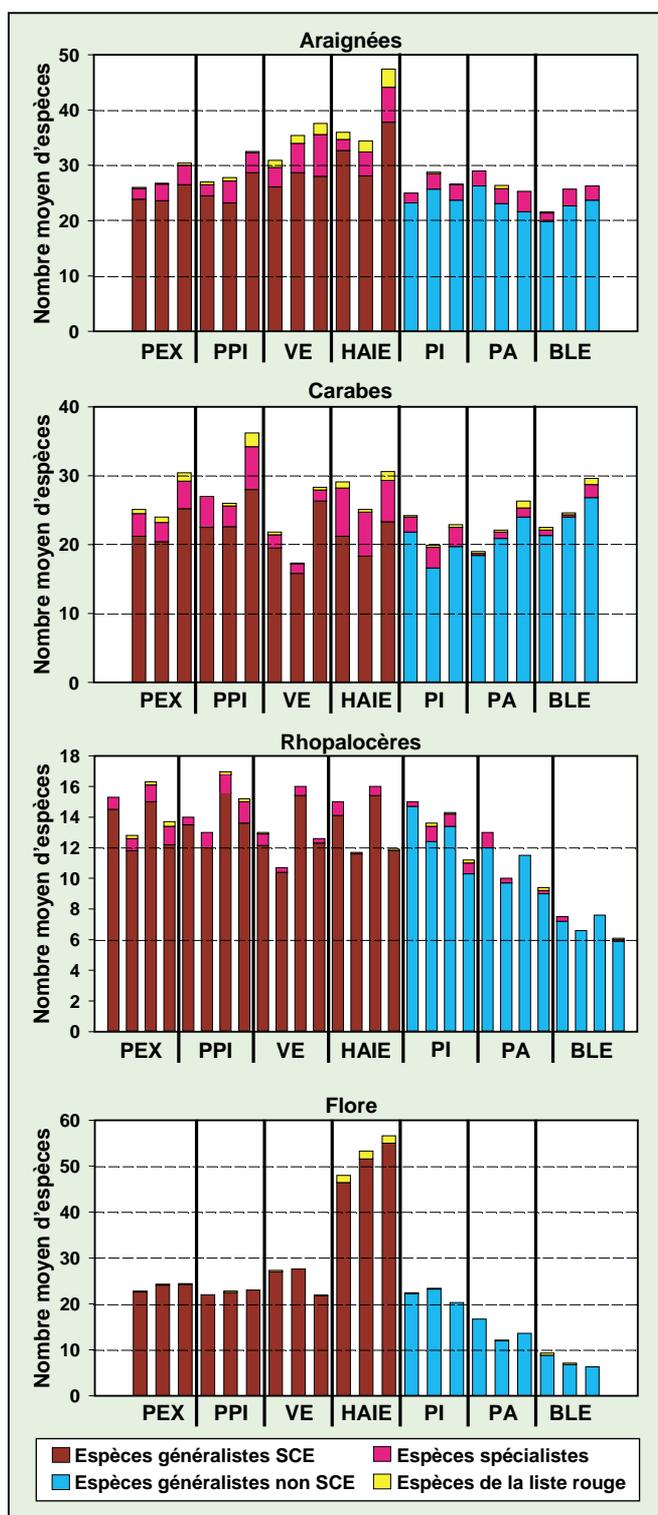


Fig. 2. Nombre moyen d'espèces et part des espèces spécialistes et des espèces de la liste rouge dans les SCE et les autres habitats de 1998 à 2004 (une colonne par année) pour les araignées, les carabes, les rhopalocères et la flore. PEX = prairies extensives; PPI = prairies peu intensives; VE = vergers; HAIE = haies; PI = prairies intensives; PA = prairies artificielles; BLE = champs de blé.

Globalement, le plus grand nombre d'espèces a été observé dans les haies et les prairies extensives, et le plus faible nombre dans les prairies artificielles. En moyenne, par station, les haies contiennent le plus d'espèces (52,6) et le plus d'espèces menacées (1,6), viennent ensuite les vergers (25,6), suivies des prairies extensives (23,9), des prairies artificielles (14,1) et des champs de blé (7,5) (fig. 2). A noter que ces derniers ont un taux relativement élevé de plantes me-

Tableau 2. Récapitulatif du nombre de territoires des oiseaux indicateurs de 1998 à 2003.

Espèce	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Faucon crécerelle				2	1	3
Caille des blés	6	5		2	1	5
Coucou gris		2	2	1	2	4
Pic vert	3	1	4	5	4	8
Alouette des champs	48	54	54	56	62	58
Fauvette grisette	7	14	9	12	14	9
Pie-grièche écorcheur	6	7	4	9	7	5
Bruant jaune	73	75	73	68	81	85
N SP Indicatrices	6	7	6	8	8	8
N TOT Territoires	143	158	146	155	172	177

N SP Indicatrices: nombre d'espèces indicatrices
N TOT Territoires: nombre total de territoires recensés.

nacées rudérales (4%) (*Amaranthus cruentus*, *Aphanes arvensis*, *Bifora radians*, *Filago arvensis*, *Sinapis alba*, *Spergula arvensis*). L'autre catégorie importante de plantes menacées est inféodée aux herbages maigres (*Arabis ciliata*, *Campanula patula*, *C. rapunculoides*, *Centaureum erythraea*, *Helictotrichon pratense*).

Oiseaux: au total, **73** espèces d'oiseaux ont été recensées de 1998 à 2004, soit environ 20% des espèces avicoles de Suisse. **8** font partie des **37** espèces indicatrices choisies par l'OFAG pour le suivi des mesures de compensation écologique (tabl. 2).

En moyenne, **160** territoires d'espèces indicatrices ont été trouvés chaque année, dont les plus importants sont en moyenne annuelle: le bruant jaune (76 territoires), l'alouette des champs (55), la fauvette grisette (11), la pie-grièche écorcheur (6), le pic vert et la caille des blés (4), le coucou gris et le faucon crécerelle (2).

Evolution dans le temps

Araignées: le nombre total d'espèces et d'individus reste stable pour les araignées: 29 142 individus adultes et **168** espèces en 1999; 29 463 individus et **164** espèces en 2001; 30 461 individus et **167** espèces en 2003. En comparant le nombre moyen (fig. 2) et le total d'espèces par type d'habitat, les SCE enregistrent une évolution nettement positive de 1999 à 2003: les haies (36 à 47,4 et 89 à 115), les vergers (30,9 à 37,6 et 78 à 88), les prairies extensives (26 à 30,4 et 86 à 96) et les prairies peu intensives (27 à 32,5 et 36 à 75) et une certaine stabilité pour les autres milieux. Le nombre moyen de spécialistes progresse dans tous les types d'habitats, passant en moyenne de 2,3 en 1999 à 4,3 en 2003, et le plus dans les vergers (3,5 à 7,6). Le nombre moyen d'araignées rares augmente seulement dans les SCE mais reste globalement faible, sauf dans les haies et les vergers.

Carabes: le nombre total d'espèces augmente progressivement de **87** en 1999 à **95** en 2003; le nombre d'individus double lui quasiment en 2003 (50 665) par rapport à 1999 (27 030). Même la moyenne totale d'espèces par station augmente de **24,7** en 1999 à **28,4** en 2003. De manière générale, le nombre moyen (fig. 2) et total d'espèces par type d'habitat augmente dans tous les milieux entre 1999 et 2003, avec une baisse en 2001 par rapport à 1999. Le nombre moyen de spécialistes progresse particulièrement dans les prairies extensives (3,3 à 4) et peu intensives (4,5 à 6,2) et reste stable dans les autres types au cours du temps. Le nombre moyen d'espèces de la liste rouge augmente partout mais reste bas sauf dans les prairies peu intensives (5,5% en 2003).

Rhopalocères: les nombres d'espèces et d'individus varient fortement d'une année à l'autre et sont le plus souvent moins élevés en 2000 et 2004 (2808 papillons observés et 2253) par rapport à 1998 et 2002 (3122 et 4151). Cela reflète l'influence climatique, plus im-

portante pour les papillons diurnes que pour les autres taxons étudiés. Toutefois, le total d'espèces par année augmente de **34** en 1998 à **41** en 2004, le total de spécialistes de 5 à 10 et le total d'espèces de la liste rouge de 1 à 4. Par type d'habitat, on constate une progression du pourcentage de spécialistes dans les prairies extensives (5,2 à 8,8%) et peu intensives (3,6 à 9,2%), cependant les valeurs restent généralement basses dans tous les milieux, de même pour les espèces de la liste rouge (fig. 2).

Flore: le nombre moyen d'espèces augmente légèrement dans les prairies extensives, peu intensives et dans les haies, mais a diminué dans les vergers et les stations traditionnelles (fig. 2). De même, le nombre moyen de plantes de la liste rouge reste stable dans les prairies extensives et les haies mais diminue jusqu'à disparaître la dernière année dans les champs de blé, les prairies artificielles, intensives et peu intensives et les vergers. Enfin, le nombre total d'espèces par année diminue de **210** en 1999 à **167** en 2003, de même que le nombre total d'espèces de la liste rouge passe de 20 à 9.

Oiseaux: le nombre d'espèces indicatrices part de **6** en 1998 à **8** à partir de 2001. De même, le nombre de territoires totaux par année augmente de **143** à **177** en 2003 (tabl. 2). En ce qui concerne les espèces, un premier groupe accroît le nombre de ses territoires (bruant jaune, faucon crécerelle, coucou gris, pic vert), un deuxième reste stable (caille, alouette des champs) et le dernier voit le nombre de ses territoires fluctuer beaucoup et même diminuer avec le temps (fauvette grisette et pie-grièche écorcheur). Tandis que les deux premiers groupes sont inféodés à un paysage cultivé traditionnel, riche en arbres, en vergers et en haies pour le premier groupe, le dernier affectionne les friches buissonnantes avec des ronces et des herbes enchevêtrées. La grisette mange beaucoup de petits insectes et autres petits animaux, ainsi que quelques fruits sauvages, et la pie-grièche écorcheur se nourrit de gros insectes, de micromammifères (campagnols, musaraignes), grenouilles, lézards, petits oiseaux et de lombrics. Ces deux espèces sont des bio-indicateurs particulièrement importants d'un milieu campagnard riche et diversifié, avec des haies, des herbages et une entomofaune abondante et, de ce fait, de la qualité des milieux ruraux traditionnels. La confirmation de leur diminution à Nuvilly/Combremont constituerait un signe d'appauvrissement de l'ensemble de la région.

Le bilan national (Birrer *et al.*, 2005) montre que les oiseaux sont plus nombreux dans les paysages comprenant un grand nombre de SCE. Cependant, les prairies SCE, par leur faible qualité générale, ne les favorisent pas pour l'instant. Ils sont plus abondants dans les haies et les vergers gérés en SCE et entourés de prairies SCE.

Composition en espèces

L'analyse des assemblages spécifiques montre un autre aspect de l'effet des SCE sur la biodiversité. Ils réagissent plus sensiblement aux types d'habitats, car non seulement le nombre d'espèces et leur abondance sont pris en considération, mais également la composition en espèces (Jeanneret *et al.*, 2005).

Espèces caractéristiques et exclusives

La figure 3 résume une première analyse de la composition en espèces de chaque type d'habitat (avec les lisières en plus, comme référence). Dans chaque groupe indicateur, on a dénombré le nombre d'espèces **caractéristiques** (deux tiers des individus observés dans le type d'habitat, basé sur le recouvrement pour la flore) et le nombre d'espèces **exclusives** (observées dans un seul type d'habitat). D'une manière globale, la plupart des espèces caractéristiques et exclusives sont présentes dans les SCE contrairement aux autres biotopes (fig. 3). Par exemple, plus de 75% de ces espèces pour les araignées sont présentes dans les SCE, plus de 66% pour la flore, plus de 50% pour les carabes et la totalité pour les papillons de jour, même si ceux-ci sont peu nombreux. 44% des espèces caractéristiques et 35% des exclusives de la flore et des araignées sont dans les haies. Parmi ces araignées, les plus exigeantes écologiquement

et les plus nombreuses sont *Linyphia hortensis*, *Philodromus cespitum*, *P. dispar*, *Thomisus onustus*. Les prairies extensives abritent un nombre assez élevé de ces espèces dans tous les groupes, à la différence des prairies intensives et artificielles. Chez les papillons, les espèces caractéristiques et exclusives sont le Demi-Argus (*Cyaniris semiargus*), la Piéride du lotier (*Leptidea sinapis*), la Mélitée des scabieuses (*Melicta parthenoides*), la Petite Violette (*Clossiana dia*) et l'Hespérie de la mauve (*Pyrgus malvae*), ces trois dernières espèces appartenant à la liste rouge; chez les carabes, il s'agit de *Carabus auratus*, *Diachromus germanus* et *Amara kulti*. Enfin, les

araignées se caractérisent par un nombre élevé d'espèces (18%) inféodées aux arbres fruitiers (vergers), dont les plus exigeantes écologiquement sont *Hypomma cornutum*, *Meioneta beata*, *Panatomops sulcifrons*, *Tetrax denticulata*, *Zygiella x-notata*.

Assemblages d'espèces

La figure 4 illustre les résultats des ordinations (analyse en composantes principales) pour les araignées et les carabes en 2001. Les stations d'un même type d'habitat ont été regroupées dans un polygone dont l'étendue exprime la variabilité des assemblages d'espèces entre les stations. Une enveloppe étendue traduit ainsi une grande variabilité entre les stations d'un même type d'habitat. La distance entre les enveloppes exprime quant à elle la différence des assemblages spécifiques entre les types d'habitats. Des enveloppes éloignées et bien distinctes sur le graphique traduisent des différences marquées dans les assemblages d'espèces (Aviron *et al.*, 2005).

A Nuvilly/Combremont, les assemblages spécifiques des araignées et des carabes des SCE se différencient significativement des assemblages des cultures pour toutes les années de l'étude (Jeanneret *et al.*, 2005; Luka et Piffner, 2005). L'étude des types d'habitats en

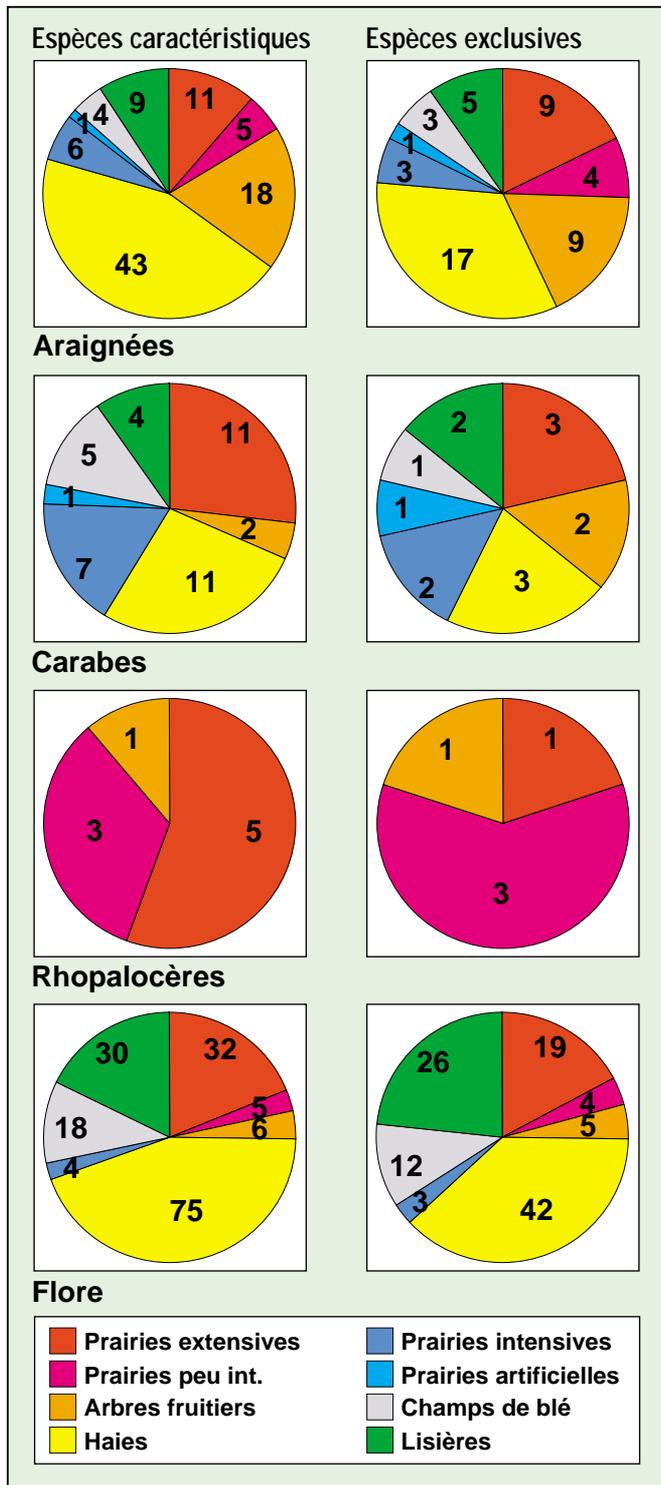


Fig. 3. Distribution de l'occurrence du nombre d'espèces caractéristiques et exclusives dans chaque type d'habitat (y compris les lisières de 1998 et 1999) pour les araignées, les carabes, les rhopalocères et la flore.

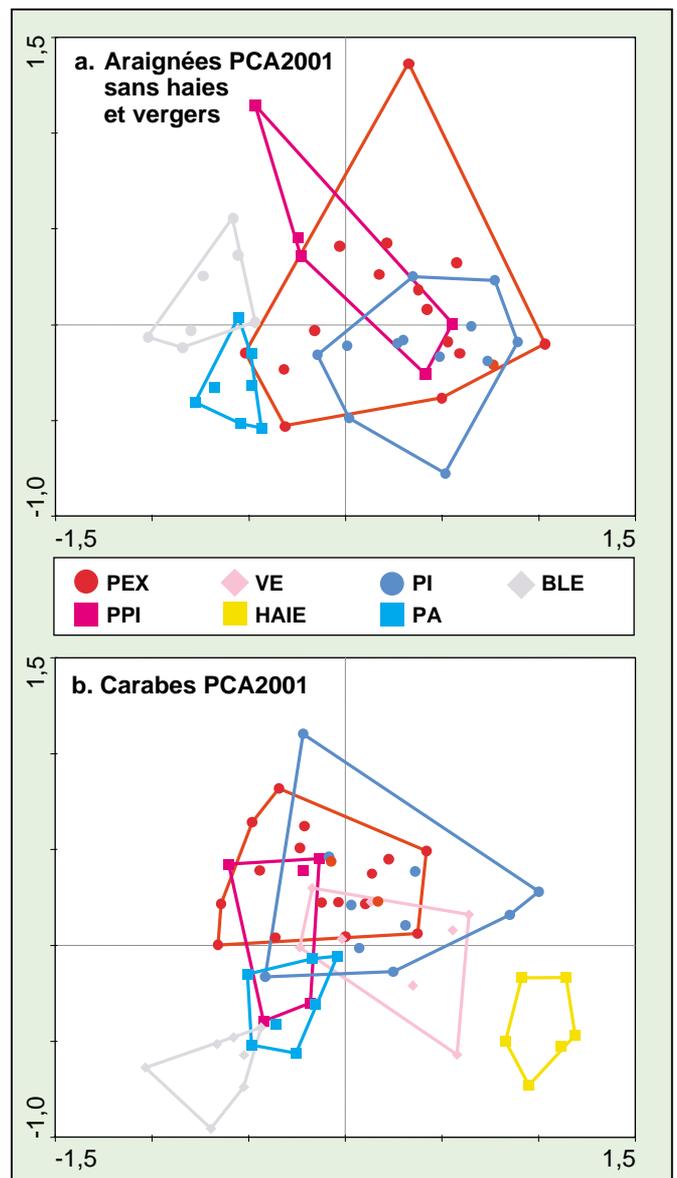


Fig. 4. Assemblage d'espèces (a) d'araignées (tous les habitats sauf haies et vergers) et (b) de carabes (tous les habitats) en 2001 par une analyse en composante principale (PCA). Abréviations des habitats, voir fig. 2.

2001, par exemple, montre que les assemblages d'araignées et de carabes des haies, des champs de blé et des prairies artificielles se distinguent nettement de l'ensemble des prairies permanentes (fig. 4a et 4b). Par contre, leur distinction est difficile entre les prairies extensives, peu intensives et intensives. Pour les araignées, l'enveloppe des prairies extensives recouvre les deux autres types de prairies, montrant par là une plus forte variabilité (fig. 4a). Pour les carabes, ce sont les assemblages des prairies intensives qui sont les plus variables (fig. 4b). Ces résultats démontrent, pour les araignées et les carabes, la grande variabilité des milieux prairiaux, administrativement rattachés à un type d'habitat sans correspondre à une entité biologique définie. Au sein des prairies extensives, certaines stations sont effectivement en voie d'extensification et ont des assemblages d'espèces distincts de ceux des prairies intensives, tandis que d'autres, selon leur histoire, leur type de sol et leur situation, sont très proches des prairies intensives.

Ecologie des espèces

Pour l'analyse écologique des différents types d'habitats, chaque espèce des différents groupes d'indicateurs a été catégorisée selon ses affinités écologiques. Ces catégories sont légèrement différentes d'un groupe à l'autre mais toutes suivent un ordre allant de très extensif à très intensif: espèces typiques des prairies maigres (sèches ou humides), des prairies en transition (peu intensives), des ourlets, lisières, haies, forêts (extensives puis intensives), des prairies intensives, des cultures et enfin espèces ubiquistes. La figure 5 illustre une partie des analyses effectuées pour tous les groupes d'indicateurs.

Sur la base de l'affinité écologique des espèces, deux types principaux d'analyses ont été effectués:

1. Comparaison des types d'habitats en fonction de leur contenu en espèces de chaque catégorie écologique. Cette analyse permet de caractériser les types d'habitats en tenant compte des espèces peu abondantes mais caractéristiques du type d'habitat.
2. Comparaison des types d'habitats sur la proportion d'individus (ou le taux de recouvrement pour la flore) de chaque catégorie écologique, permettant ensuite de comparer la proportion de chaque catégorie écologique dans les types d'habitats.

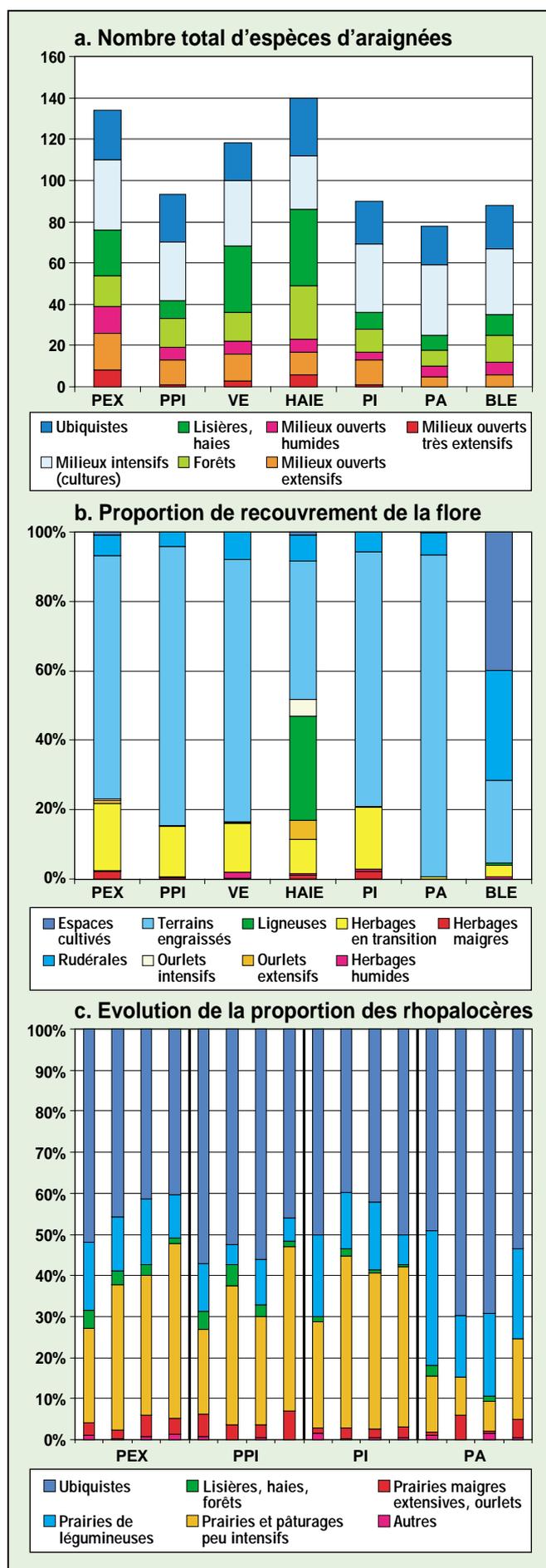
Ces deux types d'analyses ont été effectués d'une part en regroupant par type d'habitat les résultats des trois années d'étude et, d'autre part, en suivant l'évolution au cours du temps de chaque type d'habitat.

Le premier type d'analyse laisse apparaître un plus grand nombre d'espèces liées aux milieux extensifs dans les SCE, en particulier dans les prairies extensives. La différence est moins importante entre les prairies peu intensives, intensives et les vergers, en particulier pour les carabes et la flore. La figure 5a montre que les champs de blé et les prairies artificielles abritent toujours moins d'espèces d'araignées associées aux milieux extensifs que tous les autres habitats et que les espèces liées aux cultures et les ubiquistes y dominent.

Le suivi dans le temps du nombre d'espèces révèle une progression des espèces d'araignées associées aux milieux extensifs dans les SCE et leur stabilité dans les autres types d'habitats; pour les carabes et les papillons de jour, ces espèces progressent surtout dans les prairies extensives et peu intensives. Enfin, pour la flore, les différentes catégories restent stables pendant la durée du projet.

Lorsqu'on analyse la proportion d'espèces de chaque catégorie écologique en fonction du nombre d'individus, on s'aperçoit de la

Fig. 5. Analyse écologique: (a) comparaison du nombre total d'espèces d'araignées de chaque catégorie écologique en fonction du type d'habitat, (b) comparaison du recouvrement de chaque espèce végétale affiliée à une catégorie écologique, ce qui donne la proportion des individus de chaque groupe écologique au sein d'un type d'habitat et (c) suivi dans le temps (gauche à droite: 1998 à 2004) de la proportion de chaque groupe écologique de rhopalocères au sein des différents types de prairies. Abréviations des habitats, voir fig. 2.



Lexique

Biodiversité: contraction de diversité biologique, elle s'applique à l'ensemble des organismes vivants. Elle se mesure par la variété au sein des espèces (diversité génétique), la variété entre les espèces (diversité spécifique) et la variété des milieux (diversité des écosystèmes).

Bio-indicateur (espèce indicatrice): espèce qui, en raison de ses particularités écologiques, sert d'indice précoce de la modification de certains facteurs écologiques et permet d'apprécier l'évolution de la qualité biologique d'un milieu.

Caractéristique: se dit d'une espèce dont au moins les deux tiers des effectifs proviennent d'un seul des habitats étudiés.

Euryèce: se dit d'une espèce peu exigeante envers l'humidité, la température, la lumière, capable de peupler des milieux très divers.

Exclusive: se dit d'une espèce qui n'a été observée que dans un seul type d'habitat.

Extensif: mode d'exploitation qui fait un recours limité aux moyens permettant d'obtenir une productivité élevée (par exemple engrais, fauche, produits phytosanitaires, etc.).

Peuplement: ensemble d'individus appartenant à différentes espèces d'un même groupe systématique vivant dans le même écosystème.

SCE: abréviation usuelle de «surfaces de compensation écologique»: zone exploitée de manière extensive en milieu rural, selon les directives administratives.

Spécialiste: espèce fidèle par son écologie à un type d'habitat.

Sténoèce: se dit d'une espèce exigeante envers les facteurs environnementaux, inféodée à un milieu particulier.

Ubiquiste: espèce s'adaptant à tous les milieux.

domination des espèces ubiquistes et des espèces inféodées aux milieux intensifs dans tous les types d'habitats sauf les haies, comme l'illustre la figure 5b pour la flore. Cette dominance reflète la réalité biologique des stations étudiées globalement par type d'habitat. Certaines stations peuvent être un peu plus extensives d'un point de vue biologique, mais en moyenne les espèces liées aux cultures sont dominantes. Les différences entre les prairies extensives et intensives ne sont pas significatives. Par contre, malgré une dominance des espèces liées aux milieux intensifs, la proportion des individus d'espèces associées aux milieux extensifs s'accroît avec le temps dans les prairies en SCE, à l'exemple des rhopalocères dans la figure 5c.

Espèces par type d'habitat

Toutes les **prairies** sont dominées par des espèces caractéristiques des terrains exploités intensivement: *Agonum muelleri*, *Anchomenus dorsalis*, *Bembidion tetracolum*, *Loricera pilicornis* chez les carabes, chez les araignées, *Erigone atra*, *Erigone dentipalpis*, *Oedothorax fuscus*, *Pachygnatha degeeri*, *Pardosa palustris* et, chez les papillons, les Piérides, le Myrtil (*Maniola jurtina*), le Demi-deuil (*Melanargia galathea*) et l'Argus bleu (*Polyommatus icarus*). Les espèces plus spécialistes, le Demi-argus (*Cyaniris semiargus*) ou l'Hespérie de la houque (*Thymelicus sylvestris*), sont plus abondantes dans les **prairies extensives et peu intensives**. Les espèces d'araignées trouvées presque exclusivement dans ces milieux sont *Crustulina guttata*, *Gongylidiellum murcidum*, *Ozyptila scabricula*, *Panamomops mengi*, *Pelecopsis parallela*, *Pirata hygrophilus*, *Pirata knorri*, *Pirata piraticus*, *Thanatus formicinus*, *Zelotes clivicola* et, pour les carabes, *Amara fulvipes*, *A. kulti*, *Diachromus germanus*, *Carabus auratus*, *Pterostichus anthracinus*. Ces espèces sont sensibles à des fauches très fréquentes et s'adaptent bien dans des milieux où persistent des zones d'herbes hautes. Dans les **prairies intensives**, les carabes *Bembidion obtusum* et *Harpalus anxius* dominant.



Le carabe *Amara ovata* (7,5-10 mm) a été trouvé dans tous les types d'habitats: blé, prairies, haies, lisières.

Dans les **haies**, on trouve des araignées rares en Suisse, à exigences écologiques précises: *Araniella inconspicua*, *Araniella opistographa*, *Bathypantes parvulus*, *Centromerus leruthi*, *Entelecara congenera*, *Kaestneria dorsalis*, *Meioneta saxatilis*, *Micaria fulgens*, *Philodromus cespitum*, *Philodromus histrio*, *Tapinocyba insecta*, *Thomisus onustus*, *Walckenaeria monoceros*, *Zora parallela*. Les papillons sont caractérisés par la présence de deux espèces de lisières forestières, le Tristan (*Aphantopus hyperanthus*) et le Tircis (*Pararge aegeria*). Les carabes présents principalement dans les haies sont *Abax parallelepipedus*, *Carabus problematicus*, *Molops piceus*, *Harpalus latus*, *Harpalus nitidulus*, *H. puncticeps*, *H. rufibarbis*, *H. ruficola*, *Pterostichus ovoideus*, *Panagaeus bipustulatus*, *Trichotichnus nitens*.

Des espèces d'araignées sténoèces assez rares en Suisse ont été trouvées quasi exclusivement dans les **vergers** contenant des arbres à haute-tige: *Ceratinella brevipes*, *Cetonana laticeps*, *Dictyna uncinata*, *Gibbaranea gibbosa*, *Hypomma cornutum*, *Lathys humilis*, *Meioneta beata*, *Paidiscura pallens*, *Philodromus aureolus*, *P. praedatus*, *Pseudicrus encarpatus*, *Salticus zebraneus*, *Theridion pinastri*, *Tetrix denticulata*. Une utilisation moins intensive de la strate herbacée sur ce type de parcelles serait favorable aux araignées prairiales sténoèces. Les carabes *Dyschirius globosus*, *Bembidion inustum* et *Trichotichnus laevicollis* sont caractéristiques des milieux de vergers, de même que les papillons Thécla du chêne (*Neozephyrus quercus*), Thécla du coudrier (*Satyrrium pruni*) et Azuré des parcs (*Celastrina argiolus*).

Dans les **champs de blé**, les principales araignées piégées étaient *Oedothorax apicatus*, *Pardosa agrestis*, *Porrhomma micropthalmum*, *P. oblitum*, *Walckenaeria vigilax* ainsi que les carabes *Acupalpus meridianus*, *Asaphidion flavipes*, *Carabus granulatus*, *Demetrius atricapillus*.

Evaluation des types d'habitats

Basée sur la rareté et la fidélité des espèces rencontrées par rapport à leur occurrence en Suisse, une valeur comparative et évolutive des stations a été calculée (Pozzi *et al.*, 1998) et employée pour la première fois avec les carabes et les papillons de jour, en plus des araignées (fig. 6). Dans l'ensemble des groupes, les valeurs moyennes des stations étudiées de 1998 à 2004 sont plutôt faibles. Par exemple, la majorité des araignées est située dans la catégorie SVP (milieu sans valeur particulière): 113 stations sur 181 (63%) en additionnant les stations des trois années. Les autres catégories comp-



Le tabac d'Espagne (*Argynnis paphia*, 54-70 mm) fréquente principalement les prairies extensives à proximité des milieux boisés.

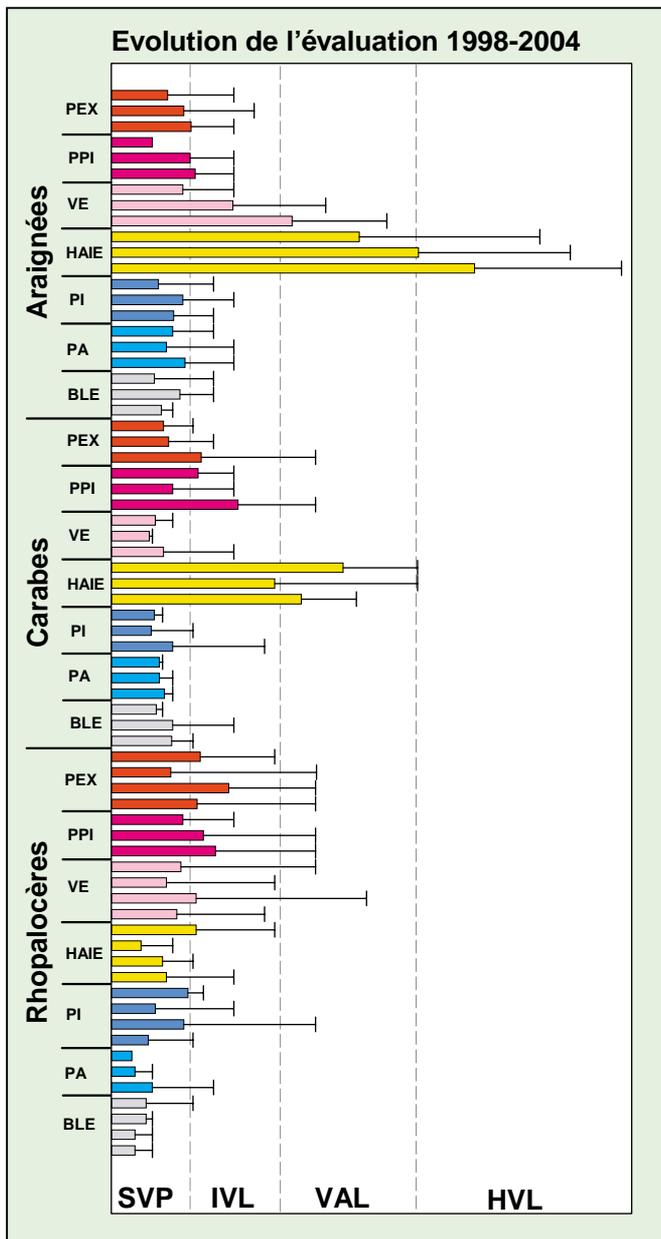


Fig. 6. Evolution dans le temps des évaluations. Valeurs moyennes (rectangles colorés) et meilleures stations de chaque type d'habitat (ligne noire terminée par un trait vertical) par année (de haut en bas: de 1998 à 2004). SVP = milieu sans valeur particulière; IVL = milieu intéressant, de valeur limitée; VAL = milieu de valeur; HVL = milieu de haute valeur. Abréviations des habitats, voir fig. 2.

tent 23% IVL (intéressant, valeur limitée), 10% VAL (de valeur) et 4% HVL (de haute valeur). Les proportions de SVP et IVL sont encore plus élevées dans les autres groupes. La moyenne générale est de 10,4 pour les araignées, 7,7 pour les carabes et 5,9 pour les rhopalocères (stations intéressantes à partir de 8). En comparaison, lors d'une étude arachnologique des prairies maigres (*Mesobrometum*), 78% des stations ont été évaluées comme de haute valeur (HVL et VAL) avec une moyenne générale de 30,9 pour les 40 stations (Pozzi *et al.*, 1998). Cet exemple indique le niveau qualitatif des milieux naturels, souvent protégés pour leur biodiversité et sans lien étroit avec l'agriculture. Pour les surfaces de compensation écologique, il est évident que l'objectif n'est pas d'arriver aussi loin mais plutôt de tendre vers des stations de valeur (note supérieure à 18). Pour l'instant, seules les haies constituent des stations de valeur pour les araignées (note de 30 en moyenne) et les carabes (19,1). Les «arbres fruitiers à haute-tige» rentrent pour les araignées dans

Tableau 3. Evolution des évaluations entre 1999 et 2003 pour les stations suivies pendant toute l'étude. Dans chaque carré est noté le numéro de référence de la station.

EVO	-8	0	+8	+16	+26
PEX	5 10	4 7 12 14 3 15 8			
PPI		11 16 6			
VE		18 20		2	
HAIE					
PI		24 22		28 25 23	
PA				27	
BLE			29		
PEX			31	30 32 33 35	
PPI				34	
VE		56 52 57 58			
HAIE		54			
PI			42		
PA			53		
BLE					

PEX = prairies extensives; PPI = prairies peu intensives; VE = vergers; HAIE = haies; PI = prairies intensives; PA = prairies artificielles; BLE = champs de blé.

la catégorie milieu intéressant, de valeur limitée (12,2). Pour les papillons, les prairies SCE (extensives et peu intensives) rentrent dans cette catégorie (8,6 et 8,7) et pour les carabes les prairies peu intensives (9).

En général, pour les trois taxons, les SCE sont meilleures que les autres stations. Pour chaque type d'habitat, la représentation de la meilleure station au cours du temps (fig. 6: ligne noire terminée par un trait vertical, prolongeant la valeur moyenne colorée) permet de souligner la prévalence de ces milieux. Les haies peuvent atteindre individuellement le niveau THVL (très haute valeur) et les vergers et les prairies SCE le niveau VAL (de valeur). En général, les prairies extensives et peu intensives sont légèrement meilleures que les prairies naturelles. Enfin, les prairies artificielles et les champs de blé présentent les valeurs les plus basses pour les trois taxons.

Evolution de l'évaluation dans le temps

Une tendance à une évolution positive se dessine au cours du temps (fig. 6, de haut en bas), en particulier pour les SCE. Elle est confirmée, par exemple pour les araignées, par le calcul de la moyenne générale des sites en 1999 (7,8), en 2001 (10,8) et en 2003 (12,5). Cette légère progression d'ensemble pourrait être un premier signe positif de l'apport des surfaces de compensation écologique pour la biodiversité de la région de Nuilly/Combremont. Les deux types d'habitats qui progressent le plus pour les araignées sont: les haies (24,3 à 35,6) et les vergers (7 à 17,7); pour les carabes: les prairies peu intensives (8,5 à 12,4) et les prairies extensives (5,1 à 8,8) et, pour les rhopalocères: les prairies extensives (5,8 à 11,5) et les prairies peu intensives (7 à 10,2) avec une fluctuation plus grande d'une année à l'autre, liée aux variations climatiques. Pour la dernière année de l'étude 2003, les prairies peu intensives passent (4 à 8,2) dans la catégorie milieu intéressant pour les araignées et les prairies extensives s'en approchent (5,5 à 7,8). De son côté, la valeur des stations non SCE (prairies intensives, artificielles et champs de blé) stagne dans l'ensemble des groupes.

Le tableau 3 (voir Pozzi, 2004) reprend pour chaque type d'habitat l'évolution de la qualité arachnologique des 36 stations étudiées de 1999 à 2003. Les stations qui ont conservé exactement la même évaluation (différence de 0) sont placées au centre. Plus la station est située à droite, plus sa qualité a augmenté, et inversement, plus elle est située à gauche, plus sa qualité a diminué. Ce tableau montre l'évolution positive générale entre 1999 et 2003. Les stations 33, 34 (+17) et 35 (+26) sont des haies très bien structurées par les différents étages de végétation, sans dominance d'une strate

sur les autres. L'évolution négative de certaines stations appelle les commentaires suivants: la station 5 est une grande prairie extensive utilisée après le 15 juin pour plusieurs manifestations estivales, ce qui engendre un piétinement important; la station 10 est fauchée à ras dès le 15 juin et ensuite plusieurs fois le reste de l'année; la station 29 est une haie entretenue par une coupe rase avant la saison 2001 lui enlevant une grande partie de sa valeur (-18), dès 2003, elle s'améliore à nouveau (-6).

L'évaluation des stations «vergers» dépend en grande partie de l'intensité de l'exploitation pratiquée sous les arbres fruitiers: les stations 22 et 24 sont surpâturées et 23, 25 et 27 exploitées plus extensivement.

Synthèse et propositions par type de SCE

A l'exception des haies (araignées et carabes) et des vergers (araignées), les surfaces de compensation écologique de Nuvilly/Combremont n'abritent en général pas plus d'espèces que les cultures. Elles présentent néanmoins des assemblages d'espèces particuliers caractérisés par la présence d'espèces spécialistes ou menacées. De plus, l'étude des espèces caractéristiques et exclusives montre que les SCE présentent un nombre important d'espèces dépendantes de ces habitats et qui ne pourraient pas ou peu trouver leur place dans un paysage composé de cultures uniquement. Ces espèces sont en général peu fréquentes et caractérisées par des exigences écologiques élevées. Les différents types de SCE apportent des cortèges différents d'espèces, suggérant que la diversité de SCE doit être favorisée. L'efficacité de chaque SCE semble varier en fonction de ses propres caractéristiques (exposition, pente, historique, etc.) et de celles des milieux environnants. Il est donc important de les considérer lors de la mise en place des SCE. Ainsi, pour contribuer à la diversité des habitats dans un paysage, les SCE ne doivent pas seulement être exposées au nord, en lisière de forêt, mais aussi représenter une diversité de pente, d'exposition et de localisation par rapport à la forêt ou à un point d'eau. Ainsi, il faut favoriser une installation à proximité d'autres SCE ou de milieux naturels pour créer un réseau de milieux favorables. En outre, les SCE situées au bord d'une rivière ou d'un ruisseau seraient susceptibles de protéger la qualité des eaux.

Prairies extensives et peu intensives

Les prairies extensives et peu intensives sont composées d'assemblages d'espèces significativement différents de ceux des prairies intensives, mais leur valeur respective, malgré une amélioration au cours du temps, n'est que faiblement supérieure aux prairies traditionnelles. Ce résultat reflète l'hétérogénéité des stations inscrites comme extensives.

Pour améliorer la qualité des prairies SCE, on devrait définir une qualité minimale et mieux choisir leur emplacement avec les agriculteurs en préférant les sites à potentiel d'extensification plus rapide, avec un sol peu profond et une exposition favorable. De plus, les prairies sont généralement exploitées et fertilisées de manière conventionnelle avant leur conversion: il serait donc avantageux de ne pas les déplacer après les six années contractuelles, une période prolongée sans fertilisation étant nécessaire afin d'amaigrir les sols riches en azote. D'autre part, le nombre de fauches ou de pâtures postérieures au 15 juin devrait être limité afin de favoriser l'accomplissement du cycle complet de vie d'un maximum d'espèces.

Arbres fruitiers (vergers traditionnels)

Une part intéressante de la biodiversité des vergers traditionnels se situe au niveau de la strate arborescente, comme le montre l'étude des araignées. La strate herbacée, en revanche, abrite une diversité limitée des papillons et des carabes, qui s'explique par le fait que seuls les arbres sont soumis à une gestion extensive.

L'amélioration de la qualité des vergers traditionnels passe par une association accrue à d'autres SCE. Enfin, on peut préconiser le maintien des arbres plus âgés, très favorables à la faune, en particulier aux oiseaux.

Haies

L'implantation et le maintien des haies doivent être renforcés dans le paysage agricole comme un des éléments prépondérants de la biodiversité et dont les multiples fonctions sont déjà reconnues depuis longtemps – sur le plan écologique, agricole, économique et paysager.

La qualité des haies repose sur la diversité des espèces ligneuses, dont les épineux, et sur la diversité structurale en développant en particulier les haies basses. D'autre part, l'entretien ne doit plus se faire par une coupe rase mais par des coupes sélectives, en poursuivant l'extensification des ourlets par des fauches encore plus tardives.

Bilan de la bio-indication à l'aide des différents groupes

Le suivi de la plupart des stations de 1998 à 2004 a permis de mettre en évidence la finesse et la rapidité de réaction de la faune aux changements de mesures de gestion. Les araignées, les carabes et les papillons de jour en particulier constituent des indicateurs pertinents et complémentaires pour caractériser une station et sa dynamique. Par exemple, lors de la suppression de la fauche, la composition faunistique d'une prairie se modifie en peu de temps, en particulier pour les araignées, carnivores non spécifiques très sensibles aux variables environnementales et aux données microclimatiques. Ces arthropodes répondent aux modifications du milieu, en partie avant la flore qui réagit fréquemment avec un certain décalage. A Nuvilly/Combremont, alors que la composition arachnologique et carabique indique une première évolution, l'exploitation extensive des prairies ne se traduit pas encore par le développement d'espèces végétales caractéristiques des herbages maigres et la disparition des espèces des terrains fertilisés.

Conclusions

- ❑ La présence de 785 espèces au total des groupes étudiés (araignées, carabes, papillons de jour, oiseaux, flore) dont 94 menacées, à Nuvilly/Combremont, montre le potentiel de cette région en matière de biodiversité.
- ❑ Les résultats montrent que les SCE contiennent rarement plus d'espèces que les cultures, sauf les haies (pour les araignées et les carabes) et les vergers (pour les araignées).
- ❑ Les SCE contribuent par contre à la diversité régionale car elles sont composées d'assemblages spécifiques distincts de ceux des cultures et distincts entre les différents types de SCE.
- ❑ Les SCE abritent nettement plus d'espèces spécialistes, caractéristiques et exclusives que les cultures.
- ❑ L'évolution dans le temps, après sept ans, est faible mais perceptiblement positive pour les peuplements d'araignées et de carabes des SCE. Elle est difficile à mettre en évidence pour la flore et les papillons.
- ❑ Les types de SCE qui ont le plus de valeur sont les haies, dont l'implantation et le maintien doivent être renforcés, et les vergers, qui doivent être associés à d'autres SCE.
- ❑ L'efficacité des SCE, en particulier des prairies extensives, pourrait être augmentée en choisissant mieux leur emplacement en fonction du contexte local (antécédents, pente, exposition) et de la proximité de milieux naturels.

Remerciements

Nous remercions toutes les personnes qui ont participé à cette étude, de la collecte des organismes à l'analyse des données, et les institutions associées: Agroscope FAL Reckenholz et RAC Changins, SRVA, FIBL, WSL, Vogelwarte, Atena, ainsi que les agriculteurs qui nous ont accueillis chaleureusement pendant toute la durée du projet.

Nos remerciements vont également à Sarah Pearson (SRVA), Jacques Derron (Agroscope RAC Changins) et Felix Herzog (Agroscope FAL Reckenholz) pour la relecture critique du manuscrit. Merci enfin à Monique Derron, Patricia et Giacomo Pozzi pour les traductions du résumé.

Bibliographie

- Aviron S., Jeanneret Ph., Klaus I. & Wermeille E., 2005. Papillons diurnes. In: Evaluation des mesures écologiques: biodiversité. Herzog F., Walter T. (eds). Agroscope FAL Reckenholz, *Cahiers de la FAL* (sous presse).
- Birrer S., Kohli L., Spiess M. & Herzog F., 2005. Evaluation der Wirksamkeit ökologischer Ausgleichsflächen anhand der Brutvögel. In: Evaluation des mesures écologiques: biodiversité. Herzog F., Walter T. (eds). Agroscope FAL Reckenholz, *Cahiers de la FAL* (sous presse).
- Duelli P., Studer M., Marchand I. & Jakob S., 1990. Population movements of arthropods between natural and cultivated areas. *Biological Conservation* **54**, 193-207.
- Gonseth Y., 1994. Rote Liste der gefährdeten Tagfalter der Schweiz. In: Rote Liste der gefährdeten Tierarten der Schweiz. Duelli P. (ed.). BUWAL, EDMZ, 48-51.
- Gonseth Y. & Mulhauser G., 1996. Bio-indication et surfaces de compensation écologique. *Cahiers de l'environnement* (OFEFP) **261**, 135 p.
- Herzog F. & Walter T., 2005. Evaluation des mesures écologiques: biodiversité. Agroscope FAL Reckenholz, *Cahiers de la FAL* (sous presse).
- Jeanneret P., Schüpbach B., Steiger J., Waldburger M. & Bigler F., 2000. Evaluation der Ökomassnahmen: Biodiversität. Tagfalter und Spinnen. *Agrarforschung* **7**, 112-116.
- Jeanneret P. & Pozzi S., 2005. Araignées. In: Evaluation des mesures écologiques: biodiversité. Herzog F., Walter T. (eds). Agroscope FAL Reckenholz, *Cahiers de la FAL* (sous presse).
- Koller N., Pearson S., Pozzi S., Godat S., Herzog F. & Wermeille E., 2000. Evaluation des mesures de compensation écologique sur la diversité de la flore et des papillons dans la région de Nuvilly/Combremont. *Revue suisse Agric.* **32** (6), 265-271.
- Luka H. & Pfiffner L., 2005. Laufkäfer. In: Evaluation des mesures écologiques: biodiversité. Herzog F., Walter T. (eds). Agroscope FAL Reckenholz, *Cahiers de la FAL* (sous presse).
- Marggi W.-A., 1994. Rote Liste der gefährdeten Laufkäfer und Sandlaufkäfer der Schweiz. In: Rote Listen der gefährdeten Tierarten der Schweiz. Duelli P. (ed). OFEFP 1997, 55-59.
- Maurer R. & Hänggi A., 1990. Katalog der schweizerischen Spinnen. *Documenta Faunistica Helveticae* **12**, CSCF, Neuchâtel, 412 p.
- Moser D., Gyga A., Bäumler B., Wyler N. & Palese R., 2002. Rote Liste der gefährdeten Arten, Farn und Blütenpflanzen. OFEFP, 121 p.
- Pozzi S., Gonseth Y. & Hänggi A., 1998. Evaluation de l'entretien des prairies sèches du plateau occidental suisse par le biais de leur peuplement arachnologique (*Arachnida, Araneae*). *Revue suisse Zool.* **105** (3), 465-485.
- Pozzi S., 2004. Evaluation des mesures de compensation écologique dans la région de Nuvilly/Combremont par le biais des araignées. Bilan intermédiaire. *Revue suisse Agric.* **36** (2), 57-64.
- Schmid H., Burkhart M., Keller V., Knaus P., Volet B. & Zbinden N., 2001. Die Entwicklung der Vogelwelt in der Schweiz. Avifauna Report Sempach 1, Annex. Schweizerische Vogelwarte, Sempach. 444 p.
- Schüpbach B., Gfeller M., Wachter U., Lips A., Harding J. & Bigler F., 2000. Evaluation der Ökomassnahmen: Biodiversität. Die Landschaften der drei Fallstudiengebiete. *Agrarforschung* **7**, 100-105.
- ter Braak C. J. F. & Smlauer P., 1998. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA, 352 p.
- Wermeille E. & Caron G., 2005. Valeur des jachères pour la grisette (*Caracharodius alceae*) et quelques autres espèces de papillons diurnes. *Revue suisse Agric.* **37** (4), 175-182.

Summary

Evaluation of the effect of ecological compensation areas in Nuvilly/Combremont (Switzerland). Synthesis

The ecological compensation areas (ECA) aim to support the biological diversity. This objective is evaluated by the study of spiders, carabids, butterflies, plants and birds. Except for hedgerows and orchards, the ECA rarely contain more species than the cultivated areas. They contribute, however, to the regional diversity, as they are composed of specific assemblages, distinct from those of cultivated areas. Moreover, they shelter more specific, characteristic and rare species. After seven years, spiders and carabids show a weak but positive change in ECA, while no big differences could be demonstrated for the flora and the butterflies. The most valuable types of ECA are hedgerows, whose establishment and maintenance should be reinforced, and traditional orchards, which should be associated with other ECA. Choosing better locations according to the local context and the nature of the surrounding environment could increase the efficiency of extensive meadows.

Key words: ecological compensation, spiders, carabids, butterflies, birds, flora, evaluation method, habitat quality.

Zusammenfassung

Evaluation der ökologischen Ausgleichsmassnahmen im Gebiet von Nuvilly/Combremont (VD-FR). Schlussbericht

Die ökologischen Ausgleichsflächen (öAF) haben zum Ziel, die biologische Vielfalt zu fördern. Zur Evaluierung dieser Zielsetzung wurde in Nuvilly während sieben Jahren die Entwicklung der Artenzusammensetzung und der Bestände von Fauna (Spinnen, Laufkäfer, Tagfalter, Vögel) und Flora auf verschiedenen öAF-Typen untersucht. Die Resultate zeigen, dass, ausser Hecken und Hochstamm-Obstgärten, öAF nur selten artenreicher sind als Kulturland. Trotzdem tragen sie zur regionalen Vielfalt bei, da sie besondere, von den Kulturen abweichende, Artgemeinschaften aufweisen. Zudem beherbergen sie eindeutig mehr spezialisierte, charakteristische und exklusive Arten. In den öAF zeigt sich im Laufe dieser sieben Jahren für die Spinnen- und Laufkäferbestände eine leicht positive Entwicklung. Für die Flora und die Tagfalter hingegen kann dies nicht klar bewiesen werden. Die wertvollsten öAF-Typen sind Hecken, die vermehrt und langfristig angelegt werden sollten, sowie Hochstamm-Obstgärten, deren ökologischer Wert erhöht würde, wenn sie mit anderen öAF kombiniert würden. Die Wirksamkeit der extensiv Wiesen könnte verbessert werden, indem bei der Wahl ihrer Standorte den lokalen Bedingungen und den umgebenden Lebensräumen mehr Bedeutung zugemessen würde.

Riassunto

Valutazione delle misure di compensazione ecologica nella regione di Nuvilly/Combremont (Svizzera). Sintesi

Le superfici di compensazione ecologica (SCE) hanno lo scopo di favorire la diversità biologica. Questo obiettivo è valutato per mezzo dello studio dei ragni, dei carabi, delle farfalle, degli uccelli e della flora. Lasciando da parte le siepi ed i frutteti, le SCE raramente contengono una quantità di specie superiore alle zone coltivate. Esse contribuiscono, nondimeno, alla diversità regionale in quanto sono composte da compagini specifiche distinte dalle coltivazioni. In più, ospitano certamente più specie specialiste, caratteristiche ed esclusive. L'evoluzione nel tempo, dopo 7 anni, è debole ma percettibilmente positiva per il popolamento dei ragni e dei carabi nelle SCE. Essa è difficile a mettere in evidenza per la flora e le farfalle. Gli esemplari di SCE che valgono di più sono le siepi, la cui diffusione e mantenimento devono essere rinforzati ed i frutteti che devono essere associati ad altri SCE. L'efficacia delle praterie estensive potrebbe essere aumentata scegliendo meglio la loro ubicazione in funzione del contesto locale e della natura dei dintorni.