

Influence du paysage sur les populations de Trichogrammes (Hymenoptera, Trichogrammatidae)

par Fabrice LAMY*, Patrice BOLLAND*, Dominique VIANNAY**
& Bernard PINTUREAU*

* BF2I-UMR INRA/INSA de Lyon, INSA bâtiment L. Pasteur, F – 69621 Villeurbanne cedex <bernard.cj.pintureau@orange.fr>

** Le Pontet, F – 69440 Chaussan

Résumé. – Le paysage de cinq parcelles de maraîchage des monts du Lyonnais est décrit à l'aide de cinq variables. Des pièges permettant de capturer les trichogrammes ont été placés dans chacune de ces parcelles, au cours de cinq semaines consécutives du printemps 2011. Une seule espèce a été capturée, *Trichogramma euproctidis* (Girault, 1911). Une analyse en composantes principales a été effectuée afin de mettre en relation les variables de l'environnement et les parcelles, et donc l'importance des populations de trichogrammes qu'elles hébergent. Il a été constaté que ces populations sont d'autant plus importantes que la biodiversité des plantes est grande et que les zones refuges sont plus fréquentes. D'autres facteurs interagissent avec ces variables environnementales qui apparaissent toutefois comme essentielles.

Abstract. – **Influence of landscape on populations of *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae).** The landscape of five gardening parcels in Monts du Lyonnais is described using five variables. Traps to capture the *Trichogramma* were placed in each of these parcels during five consecutive weeks in the spring of 2011. Only one species was trapped, *Trichogramma euproctidis* (Girault, 1911). A principal components analysis made it possible to relate the environmental variables and parcels, and therefore the importance of *Trichogramma* populations they support. It was found that these populations are even more important when plant biodiversity is high and refuge areas are more frequent. Other factors interact with these environmental variables that however appear to be essential.

Keywords. – Biodiversity, hedges, environment, gardening, populations of parasitoids.

Dans les pays développés, la principale forme de lutte utilisée contre les ravageurs des cultures fait massivement appel aux pesticides chimiques (NICOLINO & VELLERETTE, 2007) qui ont des effets nocifs sur l'environnement et la santé, et qui conduisent à de fréquentes apparitions de phénomènes de résistances. Cette méthode de lutte ayant montré ses limites, de nouveaux moyens ont été envisagés, notamment la lutte biologique à l'aide d'insectes auxiliaires (PINTUREAU, 2009a).

Ainsi, les Trichogrammes (genre *Trichogramma* Westwood, 1833) sont des micro-hyménoptères qui parasitent les œufs de nombreux Insectes et surtout de Lépidoptères. Ces parasitoïdes oophages comprennent de nombreuses espèces (PINTUREAU, 2008) présentes dans la plupart des milieux cultivés ou non. Actuellement, ils sont commercialisés en Europe pour lutter contre la Pyrale du maïs [*Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796)] (PINTUREAU, 2009b), mais bien d'autres applications contre les Lépidoptères ravageurs des plantes maraîchères, fruitières et ornementales sont à l'étude.

Contrairement à l'utilisation d'agents abiotiques tels que les insecticides de synthèses, l'efficacité des insectes auxiliaires est fortement dépendante de l'environnement. Cependant, les relations existant entre ces insectes et leur milieu sont encore mal connues dans les agrosystèmes, du fait principalement de leur complexité. Notre étude, réalisée dans les monts du Lyonnais (France), a pour but de mettre en évidence certains effets de l'environnement sur les populations locales de trichogrammes piégées dans des agrosystèmes maraîchers.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Parcelles étudiées. – Cette étude a été menée dans cinq parcelles agricoles auxquelles nous avons attribué une lettre (A, B, C, D ou E). Ces parcelles sont situées en zone de moyenne montagne dans les monts du Lyonnais sur les communes de Chaussan et de Mornant, à une altitude comprise entre 360 et 537 m. Le climat est de type semi-continentale avec des influences méditerranéennes, et la pluviométrie est d'environ 700 mm/an.

Le choix des parcelles a été effectué selon trois critères. Elles devaient être situées dans un secteur géographique restreint afin de pouvoir être comparables ; seuls 4 km séparent donc les plus éloignées. Elles devaient être relativement homogènes du point de vue agricole, et le choix s'est porté sur le maraîchage avec des méthodes respectueuses de l'environnement en minimisant l'emploi de produits phytosanitaires de synthèse (agriculture durable, voir COU-TELLEC & PINTUREAU, 2012). Enfin, elles devaient différer les unes des autres en termes d'éléments paysagers. Chaque parcelle a été définie par un carré de 100 m de côté, soit une surface de 1 ha.

Description des parcelles. – Pour décrire l'environnement de chaque parcelle, nous avons retenu cinq critères quantifiables : l'altitude, la naturalité, la diversité spécifique, le pourcentage d'éléments semi-naturels et le manque de relation entre éléments semi-naturels. Les parcelles ont été divisées en éléments paysagers homogènes (prairie, bandes enherbées, routes, haies, etc.) à partir de photographies satellites et d'observations sur le terrain.

L'altitude a été mesurée au centre de chaque parcelle à l'aide de la cartographie Google Earth®. Elle permet de rendre compte de la température, et donc d'un éventuel décalage de développement des populations d'insectes. Lors d'une précédente étude réalisée dans le même secteur géographique sur les populations de ravageurs des salades et de leurs prédateurs, une telle influence avait en effet été suspectée à un faible niveau (LAMY *et al.*, 2011).

La naturalité a été définie de manière empirique à partir de notes attribuées à chaque élément paysager de la parcelle ; ces notes s'échelonnent de 0 pour un espace artificiel à 10 pour un espace peu anthropisé. Ainsi, une forêt a reçu la note 10, un bois a reçu la note 9, une haie (arborescente, arborée ou mixte) a reçu la note 8, un taillis a reçu la note 7, un mur de pierres végétalisées, un arbre isolé ou une prairie ont reçu la note 6, une bande enherbée, un fossé ou une ancienne culture ont reçu la note 5, un verger ou un chemin enherbé ont reçu la note 4, une culture en place (sous serre ou à l'extérieur) a reçu la note 3, un chemin de terre a reçu la note 2, une étendue de terre nue ou une habitation ont reçu la note 1, et une route a reçu la note 0. La naturalité d'une parcelle est la somme des taux de chaque élément paysager multiplié par sa note.

La diversité spécifique des plantes a été mesurée sur le terrain pour chaque élément paysager homogène. Il ne s'est pas agi d'un inventaire floristique, mais d'une estimation du nombre d'espèces dans un milieu. Nous avons ensuite traduit le nombre d'espèces présentes par un coefficient qui prend aussi en compte la nature de l'élément paysager qu'il décrit. En effet, une haie possédant 10 espèces n'a pas la même valeur de biodiversité qu'une prairie en possédant le même nombre. Ainsi, dans les forêts, les bois, les haies, les taillis et sur les murs de pierres végétalisés, le coefficient a été fixé à 0,9 si une ou deux espèces sont présentes, à 1 si trois à six espèces sont présentes, à 1,1 si sept à 10 espèces sont présentes, et à 1,2 si plus de 10 espèces sont présentes. Dans les prairies, bandes enherbées et fossés, le coefficient a été fixé à 0,9 si une à neuf espèces sont présentes, à 1 si 10 à 15 espèces sont présentes, à 1,1 si 16 à 20 espèces sont présentes, et à 1,2 si plus de 20 espèces sont présentes. Dans les cultures anciennes ou en place, le coefficient a été fixé à 0,7 si une ou deux espèces sont présentes, à 0,8 si trois à cinq espèces sont présentes, et à 0,9 si plus de cinq espèces sont présentes. Enfin, le coefficient a été fixé à 1 pour les arbres isolés et les vergers, à 0,5 pour les étendues de terre nue, à 0,3 pour les

chemins de terre et les habitations, et à 0 pour les routes. Un coefficient supérieur à 1 indique donc la présence de nombreuses espèces dans un milieu donné.

Le pourcentage d'éléments semi-naturels a été calculé sur chaque parcelle. Il s'agit des éléments paysagers non artificiels et non ou peu exploités par l'Homme en production agricole, regroupant les bois, forêts, haies, taillis et arbres isolés, mais aussi les prairies, bandes enherbées et fossés. Nous avons aussi qualifié d'éléments semi-naturels les anciens murs de pierre colonisés par diverses espèces comme les ronces et le lierre. Le pourcentage d'éléments semi-naturels est obtenu en multipliant par 100 la surface de ces éléments divisée par la surface totale de la parcelle (1 ha).

Le manque de relation entre les éléments semi-naturels est un indice qui peut être rapproché de ce que les écologistes appellent la connectivité paysagère, notion complexe définissant les relations entre les différentes composantes du milieu habité par une espèce donnée (FOLTÊTE, 2006). La connectivité est un facteur lié à la distance entre les composantes du milieu et à la taille de ces composantes (KINDLMANN & BUREL, 2008). Elle indique qu'une distance plus importante entre composantes est plus difficile à traverser (VOS & STUMPEL, 1996) et que des composantes plus petites sont plus difficilement découvertes (MORTELLITI & BOITANI, 2009). Nous nous sommes ici contentés de calculer un indice à partir de la distance entre les éléments semi-naturels et de la surface de ces éléments, en prenant aussi en compte une notion semblant importante, à savoir le(s) élément(s) paysager(s) séparant les éléments semi-naturels. Une route crée en effet une fracture paysagère bien plus importante qu'un chemin enherbé, par exemple. Cet indice indique en fait un manque de connectivité à partir de la moyenne du manque de relation entre deux éléments semi-naturels de la parcelle, ceux qui sont les plus proches (tous les éléments semi-naturels présents sur la parcelle sont ainsi interconnectés). Ce manque de relation s'obtient par la distance entre ces éléments divisée par la somme des surfaces des deux éléments, et multipliée par le coefficient d'élément paysager de séparation. Ce coefficient a été fixé à 1 pour une route, 0,9 pour une étendue de terre nue, 0,8 pour un chemin de terre, 0,7 pour une culture en place, et 0,6 pour un chemin enherbé ou un verger.

Piégeage des trichogrammes. – Des pièges ont permis d'estimer les populations de trichogrammes présentes sur les parcelles étudiées. Neuf de ces pièges ont été placés sur chaque parcelle à l'intérieur d'un carré de 50 mètres de côté situé au centre de celle-ci (les deux carrés, celui de la parcelle et celui qui lui est central, ont des côtés parallèles). L'un des pièges est situé au centre de la parcelle et chaque diagonale du petit carré en comporte quatre autres équidistants. Ils ont été relevés toutes les semaines durant cinq semaines de mai à juin 2011.

Les pièges à trichogrammes contiennent une bandelette de carton recouverte d'œufs irradiés du Lépidoptère Pyralidae *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879. Chaque bandelette mesure 6 cm par 1 cm et porte une densité moyenne de 500 œufs par centimètre carré, soit environ 3000 œufs. Ces œufs, que vont pouvoir parasiter les trichogrammes naturellement présents dans la parcelle, ont été fournis par la société Biotop®. Ils sont conditionnés à raison de quelques grammes dans des boîtes, conservées moins de trois jours dans une étuve humide à 4°C afin d'éviter le dessèchement. Ils sont collés sur les bandelettes avec de la gomme arabique.

Afin que les œufs puissent être parasités le plus longtemps possible, il est nécessaire de les protéger des facteurs abiotiques comme la chaleur du soleil, la pluie et l'arrosage automatique, mais aussi d'éventuels prédateurs comme les fourmis. Les pièges, accrochés à un support, sont donc composés d'une cage contenant une bandelette d'œufs et d'une protection contre les facteurs abiotiques néfastes. Le support est constitué d'une tige d'acier de 1 cm de diamètre et de 130 cm de longueur, pliée à angle droit à 30 cm (partie supérieure où sera accroché le piège). Enfoncé dans le sol, il permet une bonne stabilité du piège et un réglage

en hauteur (à environ 1 m du sol en évitant tout contact avec la végétation qui induirait une hétérogénéité entre pièges). La cage protège efficacement les œufs contre les prédateurs tout en laissant entrer les trichogrammes. Elle est constituée d'un tube de 10 cm de long en grillage de maille 1,5 mm, fermé aux deux extrémités par des rondelles en PVC de 4 cm de diamètre et de 1,5 cm de hauteur, percées en leur centre afin d'y introduire une tige filetée de 4 mm de diamètre. La rondelle fermant le bas de la cage, simplement soutenue par un écrou, est mobile et permet une ouverture aisée de la cage. La protection est composée d'une plaque de polypropylène alvéolaire de couleur verte, de 24 × 16 cm, pliée selon un angle de 70° dans le sens de la longueur. Elle est recouverte d'un sachet en plastique transparent et placée au-dessus de la cage.

Incubation des œufs. – Après leur prélèvement dans les cages, les bandelettes d'œufs sont individuellement placées dans des tubes de verre fermés par un bouchon de coton compacté afin de permettre les échanges gazeux. Les œufs sont ensuite mis à incuber dans une étuve humide à 25°C. Trois à cinq jours après avoir été prélevées, les bandelettes sont observées à la loupe binoculaire afin de compter les œufs parasités par des trichogrammes. Ces œufs sont aisément reconnaissables à leur couleur noire, contrairement aux œufs non parasités qui restent blancs puis prennent une couleur orangée avec le temps. Les trichogrammes adultes ont émergé environ sept jours après le prélèvement des bandelettes.

Identification des trichogrammes. – Afin d'identifier les espèces de *Trichogrammes* présentes sur les différentes parcelles, il est nécessaire d'observer les genitalia et les antennes des mâles sous le microscope (PINTUREAU, 2008). Pour cela, tous les adultes issus d'une bandelette sont immergés dans de l'alcool à 70 %, puis les sexes sont séparés sous la loupe binoculaire. Un maximum de cinq mâles par bandelette, sexe reconnaissable à ses antennes portant de longues soies, est déposé sur une lame de verre dans une goutte de liquide de Faure (20 g de gomme arabique, 50 g d'hydrate de chloral, 20 ml de glycérine et 50 ml d'eau distillée). La dissection des antennes et genitalia est alors réalisée à l'aide de deux minuties sous la loupe binoculaire. Le corps du trichogramme est ensuite retiré du liquide de Faure et une lamelle de verre est placée sur la gouttelette.

RÉSULTATS

Descriptif des parcelles étudiées. – Une très grande hétérogénéité environnementale est constatée entre les parcelles dont la différenciation est donc aisée.

La parcelle A est située à une altitude de 378 m sur un terrain plat. Sa diversité spécifique est faible, tandis que sa naturalité, son pourcentage d'éléments semi-naturels et les relations entre ses éléments semi-naturels sont moyens (tableau I). Seuls deux traitements, à l'aide de deux insecticides chimiques, ont été effectués sur la plus grande partie de la parcelle (7200 m²) durant l'étude.

La parcelle B est située à une altitude de 537 m en exposition sud. Sa naturalité, sa diversité spécifique et son pourcentage d'éléments semi-naturels sont faibles. Il y a par ailleurs une mauvaise relation entre ses éléments semi-naturels. Pour ces quatre critères, la parcelle B est la plus mal notée (tableau I). Un seul traitement à l'aide d'un insecticide chimique a eu lieu sur une petite partie de la parcelle (300 m²).

La parcelle C est située à une altitude de 476 m en exposition sud. Sa naturalité et sa diversité spécifique sont moyennes, tandis que son pourcentage d'éléments semi-naturels est élevé. Elle présente aussi une bonne relation entre ses éléments semi-naturels (tableau I). Aucun traitement n'a eu lieu sur cette parcelle durant l'étude.

La parcelle D est située à une altitude de 507 m en exposition sud. Sa naturalité, sa diversité spécifique et son pourcentage d'éléments semi-naturels sont élevés. Elle présente aussi une bonne relation entre ses éléments semi-naturels (tableau I). Aucun traitement n'a eu lieu sur cette parcelle durant l'étude.

Tableau I. – Description de l'environnement de chaque parcelle étudiée selon l'altitude et la végétation.

Parcelles	Altitude	Pourcentage d'ESN*	Naturalité	Diversité spécifique	Manque de relation entre ESN*
A	378	9,41	3,03	0,69	0,0679
B	537	3,52	1,80	0,69	0,2067
C	476	37,95	4,27	0,86	0,0025
D	507	38,59	5,05	0,98	0,0140
E	360	20,82	3,49	0,81	0,0034

* ESN : éléments semi-naturels.

La parcelle E est située à une altitude de 360 m sur un terrain plat. Sa naturalité et sa diversité spécifique sont moyennes, tandis que son pourcentage d'éléments semi-naturels est assez élevé. Il y a par ailleurs une bonne relation entre ses éléments semi-naturels (tableau I). Deux traitements, à l'aide de deux biopesticides (pyréthre et *Bacillus thuringiensis*), ont été effectués sur une faible partie de la parcelle (800 m²).

En prenant en compte l'ensemble des parcelles, certains critères descriptifs sont corrélés. Il en est ainsi de la naturalité et de la relation entre les éléments semi-naturels, mais surtout de la naturalité et de la diversité spécifique ou du pourcentage d'éléments semi-naturels, et de la diversité spécifique et du pourcentage d'éléments semi-naturels (tableau II).

Tableau II. – Corrélations dans les parcelles étudiées (n = 5) entre les caractères descriptifs de l'altitude et de la végétation.

	Altitude	Pourcentage d'ESN*	Naturalité	Diversité spécifique
Pourcentage d'ESN*	0,151	1		
Naturalité	-0,012	0,950 ²	1	
Diversité spécifique	0,227	0,940 ²	0,934 ²	1
Manque de relation entre ESN*	0,482	-0,793	-0,857 ¹	-0,700

* Eléments semi-naturels ; ¹ Valeur significative au seuil de 5% ; ² Valeur significative au seuil de 1%.

Identification des trichogrammes capturés et quantification de leurs populations. – Une seule espèce a été identifiée sur l'ensemble des parcelles lors de tous les piégeages. Il s'agit de *Trichogramma euproctidis* (Girault, 1911), appartenant au groupe *evanescens* (PINTUREAU, 2008).

Les captures effectuées, nombreuses lors des dernières semaines d'étude, nous ont permis d'évaluer l'importance des populations au moyen de deux variables ayant des significations légèrement différentes. Le pourcentage de plaquettes parasitées (toujours partiellement) dans chaque parcelle au cours de chaque semaine d'étude renseigne sur la capacité de la population de trichogrammes à découvrir des hôtes. Le nombre d'œufs parasités dans chaque parcelle au cours de chaque semaine d'étude (portés par neuf bandelettes, sauf exceptions en cas de pertes), indique la capacité de cette population à parasiter ces hôtes. Au seuil de signification de 1%, la corrélation entre ces deux variables est toutefois significative ($r = 0,978$ avec $n = 25$).

Pourcentage de bandelettes parasitées. – Trois bandelettes ont été perdues pour des raisons climatiques ou culturelles, deux le 26 mai dans la parcelle C et la parcelle D, et une le 1er juin dans la parcelle C. Globalement, le pourcentage de bandelettes parasitées augmente au cours des semaines d'étude, avec cependant une forte hétérogénéité entre les parcelles (fig. 1).

Le pourcentage maximum (77,8) a été constaté dans la parcelle E au cours de la dernière semaine d'étude. En tenant compte des cinq semaines de relevés, ce pourcentage est également le plus élevé dans la parcelle E (42), il est plus faible dans les parcelles C et D (14), et le moins élevé dans les parcelles A et B (9).

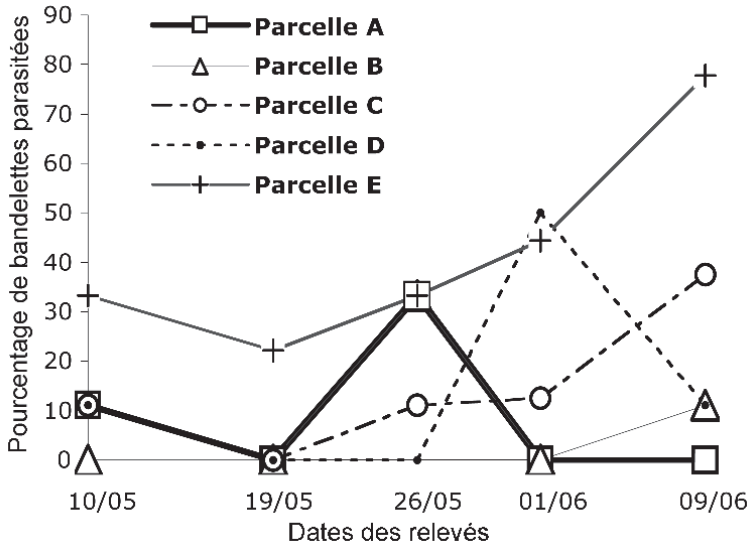


Fig. 1. – Pourcentages de bandelettes portant des œufs d'*Ephestia kuehniella* parasitées par *Trichogramma euproctidis* relevés dans chaque parcelle étudiée dans les monts du Lyonnais lors de cinq échantillonnages.

Nombre d'œufs parasités. – Les trois bandelettes perdues l'ont été dans des parcelles et à des dates où les captures étaient faibles, et ces données manquantes n'ont pas pu perturber les résultats. Comme précédemment, le nombre d'œufs parasités augmente globalement au cours des semaines d'étude, avec de fortes différences entre parcelles (fig. 2).

Le nombre maximum d'œufs parasités (717) a de nouveau été constaté dans la parcelle E au cours de la dernière semaine d'étude. En tenant compte de l'ensemble des relevés, ce nombre est également le plus grand dans la parcelle E (1166), il est plus faible dans les parcelles C et D (respectivement 351 et 495), et le moins élevé dans les parcelles A et B (respectivement 100 et 111). Une situation identique à celle enregistrée pour le pourcentage de bandelettes parasitées est donc constatée.

Importance des populations de trichogrammes et structure du paysage. – Afin de mettre en relation l'importance des populations de trichogrammes et les critères de description de l'environnement propres à chaque parcelle, nous avons réalisé une analyse en composantes principales (ACP). Cette analyse permet de situer les parcelles (et donc leurs populations de trichogrammes) dans un espace défini par les cinq variables altitude, pourcentage d'éléments semi-naturels, diversité spécifique, naturalité et manque de relation entre les éléments semi-naturels.

La fig. 3 donne les résultats de cette ACP dont les deux premiers axes rendent compte de plus de 98 % de la variabilité totale. Les vecteurs propres (tableau III) indiquent que le premier axe est surtout défini par la naturalité, le pourcentage d'éléments semi-naturels et la diversité

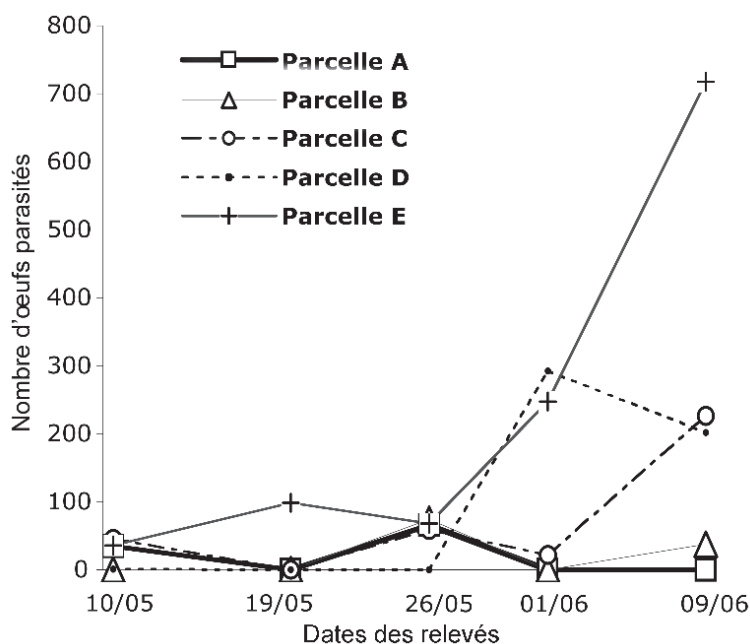


Fig. 2. – Nombres d'œufs parasités relevés dans chaque parcelle étudiée dans les monts du Lyonnais lors de cinq échantillonnages.

spécifique. Le deuxième axe est quant à lui surtout défini par l'altitude et le manque de relation entre les éléments semi-naturels.

L'axe 1 de la fig. 3 confirme en outre que les parcelles C et E se caractérisent par de bons critères de diversité spécifique, naturalité et pourcentage d'éléments semi-naturels (trois critères corrélés, rappelons-le), et les deux axes montrent que la parcelle D se caractérise en plus par son altitude plus élevée. La parcelle A se caractérise par contre par le manque de relation entre ses éléments semi-naturels, et la parcelle B se caractérise en plus par sa forte altitude.

Les populations de trichogrammes les plus importantes, que ce soit d'après l'un ou l'autre des deux caractères mesurés, qui sont corrélés (pourcentage de plaquettes parasitées et nombre d'œufs parasités), ont été relevées sur la parcelle E et à un moindre degré sur les parcelles C et D. Les populations les moins importantes ont été relevées sur les parcelles A et B. Les fortes populations se trouvent donc dans des environnements à forte diversité et naturalité

Tableau III. – Classification, selon les deux premiers axes F1 et F2, des vecteurs propres de l'analyse en composantes principales (ACP) effectuée sur les caractères descriptifs de l'altitude et de la végétation de chaque parcelle étudiée.

F1		F2	
Caractères	Vecteurs	Caractères	Vecteurs
Manque de relation entre ESN*	-0,466	Naturalité	0,016
Altitude	-0,016	Pourcentage d'ESN*	0,150
Diversité spécifique	0,498	Diversité spécifique	0,233
Pourcentage d'ESN*	0,513	Manque de relation entre ESN*	0,403
Naturalité	0,521	Altitude	0,872

* Eléments semi-naturels.

où se trouvent de nombreux éléments semi-naturels. Une bonne relation entre ces éléments peut aussi positivement influencer sur ces populations. L'altitude assez élevée de la parcelle D, pourtant en exposition sud, a pu un peu réduire la population de trichogrammes. Par contre, de faibles diversité spécifique, naturalité, pourcentage d'éléments semi-naturels et un manque de relation entre ceux-ci expliquent la modestie des populations présentes dans les parcelles A et B, où l'altitude ne semble jouer aucun rôle (la première parcelle est l'une des plus basses étudiées, et l'autre est la plus haute). de relation entre ceux-ci expliquent la modestie des populations présentes dans les parcelles A et B, où l'altitude ne semble jouer aucun rôle (la première parcelle est l'une des plus basses étudiées, et l'autre est la plus haute).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les trichogrammes piégés dans une large zone maraîchère des monts du Lyonnais n'ont montré aucune diversité spécifique, ce qui peut probablement s'expliquer par des phénomènes

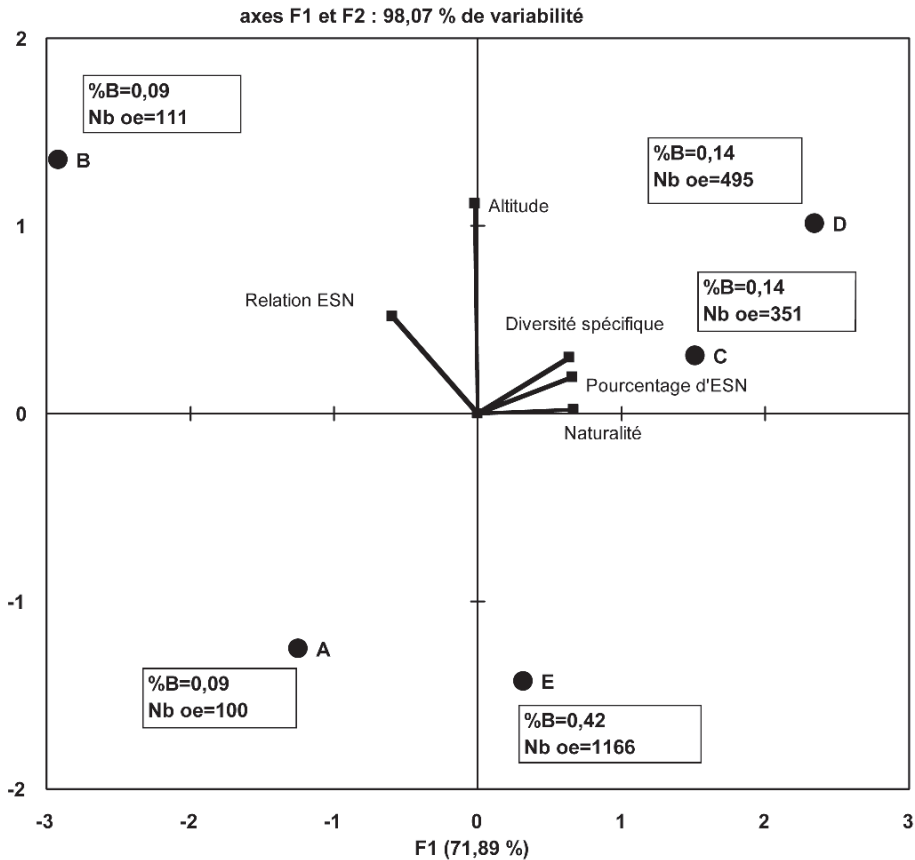


Fig. 3. – Analyse en composantes principales effectuée à partir de cinq critères descriptifs de l'environnement de cinq parcelles des monts du Lyonnais (A, B, C, D et E). La définition des critères se trouve dans le texte (ESN : éléments semi-naturels ; relation ESN : manque de relation entre les éléments semi-naturels). L'importance des populations de trichogrammes relevées dans chaque parcelle est indiquée par %B (pourcentage de bandelettes portant des œufs parasités, calculé sur l'ensemble des bandelettes déposées au cours des cinq échantillonnages réalisés) et Nb oe (nombre d'œufs parasités sur l'ensemble des bandelettes déposées au cours des cinq échantillonnages réalisés).

compétitifs. Seule l'espèce *Trichogramma euproctidis* a en effet été observée. Toutefois, d'autres espèces présentes dans la région Rhône-Alpes (PINTUREAU, 2008) mais moins sensibles au type de piège utilisé, faisant appel à des œufs d'*Ephestia kuehniella*, ou présentes dans des zones forestières, peuvent ne pas avoir été détectées.

Nous avons observé une nette augmentation du pourcentage de bandelettes parasitées et du nombre d'œufs parasités au cours de la période d'étude, ce qui est conforme à l'augmentation des températures. Deux parcelles, A et B, ont présenté de faibles populations de trichogrammes par rapport aux trois autres, C, D et E. Nous avons pu mettre en relation cette différenciation des populations de parasitoïdes oophages avec des caractéristiques paysagères des parcelles. En effet, l'analyse statistique a clairement montré que ces populations utiles sont favorisées par une forte biodiversité présente dans l'environnement, et par la présence et l'importance de forêts, de bois, de haies et de taillis. La connectivité entre ces éléments est aussi un critère favorable au développement des populations de trichogrammes.

L'altitude des parcelles, dans la fourchette étudiée, ne joue par contre pas, ou très peu, de rôle dans la fréquence des trichogrammes. Les deux parcelles les plus basses (A et E) ont en effet montré la population la moins importante et la population la plus importante. Ceci confirme la faible influence de ce paramètre sur les Insectes dans la gamme des altitudes prises en compte dans cette étude (LAMY *et al.*, 2011). Par contre, les quelques traitements chimiques réalisés ont pu avoir une plus forte influence, contrairement aux traitements bio-logiques sur la parcelle E où a été relevé le plus grand nombre de trichogrammes. Toutefois, un fort traitement (parcelle A) a donné le même résultat qu'un faible traitement (parcelle B) en termes de populations de trichogrammes, et ces traitements ne peuvent donc à eux seuls expliquer la différence entre ces populations qui reste en grande partie liée à la structure paysagère.

A l'inverse, la population particulièrement importante de la parcelle E doit en partie provenir d'un facteur non pris en compte. Il peut s'agir de l'historique de cette parcelle. En effet, elle est depuis longtemps conduite de manière durable, et les éléments semi-naturels présents, notamment la haie, sont très anciens. Les populations entomophages présentes y trouvent donc un habitat stable leur permettant un grand développement, et des refuges lorsque les conditions ne sont pas favorables.

L'environnement exerce donc une importante influence sur le niveau des populations de trichogrammes, favorisant plus ou moins la découverte et le parasitisme des hôtes. Une grande biodiversité et la présence de nombreuses zones refuges sont pour cela essentielles, bien que d'autres facteurs, comme l'absence de traitements chimiques, jouent aussi un rôle dans cette efficacité parasitaire. La lutte contre les lépidoptères ravageurs utilisant des lâchers inondatifs de trichogrammes (PINTUREAU, 2009a), doit en conséquence prendre en compte ces facteurs environnementaux pour atteindre une efficacité optimale. Ceci doit être réalisé en modulant le nombre de lâchers par saison, le nombre de points de lâchers par hectare et le nombre de trichogrammes à déposer au niveau de chaque point de lâcher (PINTUREAU, 2009b).

REMERCIEMENTS. – MM. et Mmes Carat, Guiot, Mas, Morellon et Viannay, agriculteurs dans les monts du Lyonnais, nous ont aimablement offert leurs cultures pour mener à bien notre étude.

AUTEURS CITÉS

- COUTELLEC L. & PINTUREAU B., 2012. – Crop protection between sciences, ethics and societies: from quick-fix ideal to multiple partial solutions. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, en ligne. doi 10.1007/s10806-011-9363-x, 24 p.
- FOLTÊTE J. C., 2006. – *Paysage et mouvement. De l'écologie aux déplacements urbains : éléments pour une identification des paysages préférentiels*. Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches, vol. 2, Université de Franche-Comté, 226 p.

- KINDLMANN P. & BUREL F., 2008. – Connectivity measures: a review. *Landscape Ecology*, **23** : 879-890.
- LAMY F., BOLLAND P., VIANNAY D. & PINTUREAU B., 2011. – Influence des pratiques culturales sur les populations d'arthropodes dans un contexte de maraîchage rhônalpin. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, **80** : 211-217.
- MORTELLITI A. & BOITANI L., 2009. – Distribution and coexistence of shrews in patchy landscapes: a field test of multiple hypotheses. *Acta Oecologica*, **35** : 797-804.
- NICOLINO F. & VEILLERETTE F., 2007. – *Pesticides. Révélations sur un scandale français*. Fayard, Paris, 384 p.
- PINTUREAU B., 2008. – *Les Espèces européennes de Trichogrammes*. ILV Edition, Cergy-Pontoise (France), 95 p.
- 2009a. – *La lutte biologique. Application aux Arthropodes ravageurs et aux adventices*. Ed. Ellipses, Paris, 192 p.
- 2009b. – *La lutte biologique et les Trichogrammes. Application au contrôle de la pyrale du maïs*. Ed. Le Manuscrit, Paris, 258 p.
- VOS C. C. & STUMPEL A. H. P., 1996. – Comparison of habitat-isolation parameters in relation to fragmented distribution patterns in the tree frog (*Hyla arborea*). *Landscape Ecology*, **11** : 203-214.
-