

Conséquences écologiques de l'envahissement des griffes de sorcière (*Carpobrotus* spp.) sur les communautés d'insectes d'un îlot du Parc national de Port-Cros (Var)

Jérôme ORGEAS¹, Philippe PONEL¹, Sylvain FADDA¹, Armand MATOCQ²,
Anthony TURPAUD³

¹ Institut Méditerranéen d'Écologie et de Paléoécologie, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, Pavillon Villemin BP 80, 13545 Aix-en-Provence cedex 4, France

² 18 rue Buzelin, 75018 Paris, France

³ Villa l'Adret, Bd Rovery, 06660 St Etienne de Tinée, France

Auteur correspondant : J. Orgeas. Tél: 04 42 90 84 73 / Fax: 04 42 90 84 48
email: jerome.orgeas@univ-cezanne.fr

Résumé. L'expansion de deux taxa envahissants introduits, *Carpobrotus edulis* et *C. aff. acinaciformis* (ou griffes de sorcière) représente une menace pour le maintien de la biodiversité entomologique dans un îlot de l'archipel de Port-Cros (îlot de Bagaud, Parc national). La présente étude tente d'évaluer l'ampleur des changements entomofaunistiques opérés dans les zones fortement envahies par *Carpobrotus* (formations en taches ou tapis continus) par rapport aux zones adjacentes non touchées, et leurs implications en matière de conservation de la biodiversité entomologique à l'échelle de l'îlot. Pour les deux taxa de *Carpobrotus*, l'échantillonnage des insectes s'est déroulé dans quatre zones (une zone témoin de maquis ; une zone témoin de cordon halophile; deux zones au sein des taches). Au total 24 plots d'échantillonnage ont subi chacun trois campagnes d'échantillonnage. Trois méthodes de collecte ont permis de capturer la faune de la litière, la faune épigée terricole (active au sol) et la faune associée à la végétation. Cette étude a été focalisée sur les groupes des Coléoptères, des Hyménoptères Formicidae (fourmis) et des Hétéroptères (punaises) en raison de leur importance écologique. Les résultats mettent en lumière une grande richesse en espèces d'insectes probablement due à la diversité des micro habitats à l'échelle de l'îlot de Bagaud. Les Coléoptères dominent en nombre d'espèces, mais près de la moitié des espèces n'ont été collectées qu'en un ou deux individus seulement. Les fourmis en revanche dominent largement l'abondance totale des insectes collectés. L'envahissement par *Carpobrotus* a de façon évidente un fort effet négatif à la fois sur la richesse spécifique moyenne et l'abondance des peuplements entomologiques, vraisemblablement par uniformisation et "monospécialisation" du milieu dans les taches de *Carpobrotus* qui font diminuer drastiquement l'hétérogénéité paysagère et des micro habitats sans la substituer par des ressources alimentaires exploitables par la faune locale. Les Formicidae, les Coléoptères et les Hétéroptères semblent respectivement payer un tribut croissant à l'expansion de *Carpobrotus*. L'envahissement ne semble pas non plus apporter d'originalité particulière à la faune et les espèces rencontrées dans les taches se retrouvent dans d'autres écosystèmes littoraux provençaux.

Enfin, cette étude révèle un grand nombre d'espèces qui par leur rareté, leur spécificité écologique ou leur distribution localisée aux milieux littoraux méditerranéens, ont une valeur biologique remarquable. Certaines de ces espèces représentent un enjeu en terme de biologie de la conservation.

Abstract. The invasive introduced plant, *Carpobrotus edulis* et *C. aff. acinaciformis* (Hottentot figs), are found to be a major threat to entomological biodiversity in an islet of the Port-Cros National Park archipelago (Bagaud islet). This study aims (i) to assess changes in insects fauna between areas heavily invaded by *Carpobrotus* and close by areas that are not submitted to it, and (ii) to outline some conservation issues of the entomological diversity at the islet scale. For both *Carpobrotus* taxa, insect sampling occurred in four sites (control in native shrub, control in halophilic vegetation, two sites in *Carpobrotus* patches). An overall of 24 plots were sampled on three occasions. Three methods were used to collect the ground-active fauna, the fauna from the litter and the one from the upper parts of vegetation, as only beetles, ants and Heteroptera (true bugs) were collected because of their ecological importance. Results stated a high species richness likely to be due to habitat diversity. Beetles are the dominant group in respect to richness, as almost half of the species occurred only in one or two specimen, whereas ants are dominant for the overall insect abundance. Invasion by *Carpobrotus* spp. obviously induced heavy depletive effects on both average species richness and abundance of insects, likely throughout homogenisation processes of the vegetation within the patches of *Carpobrotus* that caused micro habitat heterogeneity to decrease without compensations by food resources for local fauna. Ant, beetle and true bug communities respectively seemed to increasingly suffer of the expanding *Carpobrotus*. Accordingly, invasion does not seem to favour newly established species, as encountered species are also present in other native coastal ecosystems of Provence. This study revealed a great number of rare or highly adapted to coastal Mediterranean environments species, with low range distribution. Those valuable species are of a particular interest for conservation.

INTRODUCTION

Depuis l'antiquité, les échanges commerciaux ont conduit l'homme à importer et déplacer, accidentellement ou volontairement, de nombreuses espèces végétales et animales à travers les continents. Ces échanges se sont accélérés depuis le XX^{ème} siècle et avec eux, les problèmes liés à l'envahissement d'espèces exotiques devenues incontrôlables ("pestes biologiques"). Les espèces en cause dans ces processus d'invasions biologiques posent un problème grandissant et prépondérant dans le contexte de la conservation des écosystèmes et de la biodiversité (Lodge, 1993 ; Vitousek *et al.*, 1993 ; Holway *et al.*, 2002 ; Addison et Samways, 2006) car ils concernent parfois des surfaces immenses dans lesquelles certains organismes exotiques sont susceptibles de se répandre avec une dynamique extrêmement rapide, en raison de l'absence de leurs parasites ou prédateurs naturels. L'impact de ces invasions biologiques n'est pas clairement identifié à l'échelle de la planète, en revanche sur un plan local ils se traduisent généralement (i) par une diminution de biodiversité (Knight et Rust, 1990 ; Suarez *et al.*, 1998) provoquée par la disparition d'espèces indigènes, souvent endémiques et moins compétitives, particulièrement en milieux insulaire, et (ii) par des changements drastiques dans le fonctionnement des écosystèmes naturels (Human et Gordon, 1996 ; Gómez et Oliveras, 2003).

Les îles du Parc national de Port-Cros sont soumises à de telles invasions, en particulier l'îlot de Bagaud actuellement en voie de colonisation rapide par deux végétaux exotiques d'origine sud-africaine, *Carpobrotus edulis* et *C. aff. acinaciformis* (ou "griffes de sorcière" ; Aizoaceae ; Suehs *et al.*, 2001). L'occupation du milieu naturel insulaire littoral par ces deux envahisseurs représente un enjeu majeur de conservation pour les espèces indigènes, et en particulier pour les espèces végétales qui par leur localisation étroite et leur rareté ont une forte valeur biologique sur le liseré littoral varois, qui subit de plus une intense fréquentation touristique. La position insulaire du Parc national de Port-Cros constitue par ailleurs un élément particulier dans la dynamique et l'amplitude des invasions. Les îles sont en effet connues pour leurs peuplements végétal et animal très distincts du continent, caractérisés par leur relative simplicité (Eliasson, 1995) et leur grande sensibilité aux perturbations (Whittaker, 1995, Vidal *et al.*, 1998a). Les phénomènes écologiques liés aux invasions y sont donc amplifiés.

Alors que l'impact des perturbations causées par les invasions biologiques ou la surabondance d'espèces synanthropes (liées à l'homme) sur les communautés végétales est relativement bien documenté (Sobey et Kenworthy, 1979 ; Dean *et al.*, 1994 ; Vidal *et al.*, 1998b, 2000), celui sur les communautés animales (et les entomocœnoses en particulier) est peu connu, puisqu'il n'a fait l'objet d'aucune étude dans notre pays, et de très peu de recherches dans le Bassin Méditerranéen (Palmer *et al.*, 2004).

La gestion conservatoire des espèces indigènes ou les modalités de contrôle de *Carpobrotus* spp. doivent pourtant prendre en compte ce compartiment biologique si important pour l'écosystème. En effet, les arthropodes en général, et les insectes en particulier, représentent les acteurs prépondérants dans la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes (Andersen et Lonsdale, 1990 ; Lovejoy, 1997). Ils constituent par exemple l'essentiel des proies, prédateurs, herbivores, agents pollinisateurs et disséminateurs des plantes, et des recycleurs (Paulian, 1988 ; Gullan et Cranston, 1994 ; Lawrence et Britton, 1994). Ce sont également des bioindicateurs sensibles aux changements écologiques provoqués par les perturbations locales issues des activités humaines (Erwin, 1997 ; Orgeas et Andersen, 2001).

La présente étude propose donc d'étudier sur l'îlot de Bagaud l'impact des deux taxons de *Carpobrotus* spp. sur les communautés de Coléoptères, fourmis (Hyménoptères Formicidae) et punaises (Hétéroptères). Les objectifs spécifiques sont : (i) d'évaluer les changements faunistiques survenus dans les communautés d'insectes dans les zones fortement envahies par *Carpobrotus* par rapport aux zones adjacentes qui ne le sont pas, et (ii) de préciser les menaces sur la biodiversité entomologique et les espèces à forte valeur biologique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le site expérimental

Concernant la couverture végétale, les îlots satellites du Parc national de Port-Cros (Bagaud, Gabinière et Rascas ; Fig. 1) où dominent les milieux très ouverts sont dans une situation opposée à celle de l'île principale de Port-Cros couverte d'un épais manteau forestier, il est donc probable que ces îlots constituent des refuges pour des espèces héliophiles ayant disparu de l'île de Port-Cros.

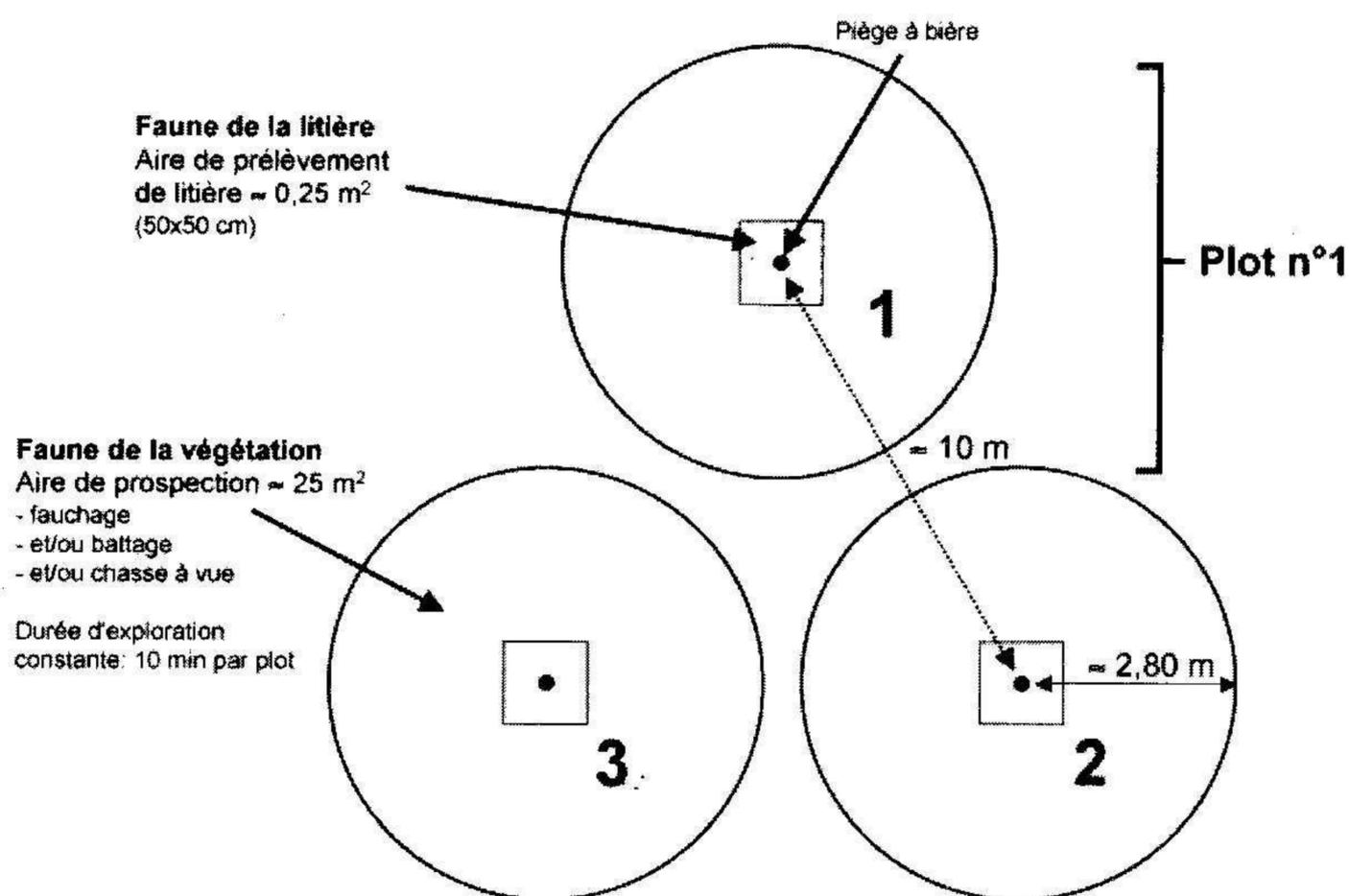


Figure 1. Positionnement théorique des zones d'échantillonnage le long du profil de pente de l'îlot de Bagaud.

L'îlot de Bagaud constitue par sa situation d'éloignement au continent (15 kilomètres) et sa petite taille (57 ha), un "laboratoire écologique" dans lequel les processus d'invasions sont susceptibles d'être exacerbés. Son statut de réserve biologique intégrale en fait le site expérimental idéal, sachant que les deux taxons de *Carpobrotus edulis* et *C. aff. acinaciformis* y sont présents et suffisamment abondants pour supporter le protocole expérimental retenu pour cette étude.

Sur la zone d'étude, la végétation est formée de maquis sur les pentes et les parties sommitales de l'île, d'un cordon de végétation halophile souvent très étroit en bordure du rivage, et d'une bande plus ou moins large de *Carpobrotus*. La tache de *Carpobrotus aff. acinaciformis* (Fig. 2) est la plus grande puisqu'elle recouvre la quasi-totalité de l'aire de la "Batterie fortifiée Sud", alors que celle de *C. edulis* (Fig. 3) couvre une étroite bande à l'est de l'île.

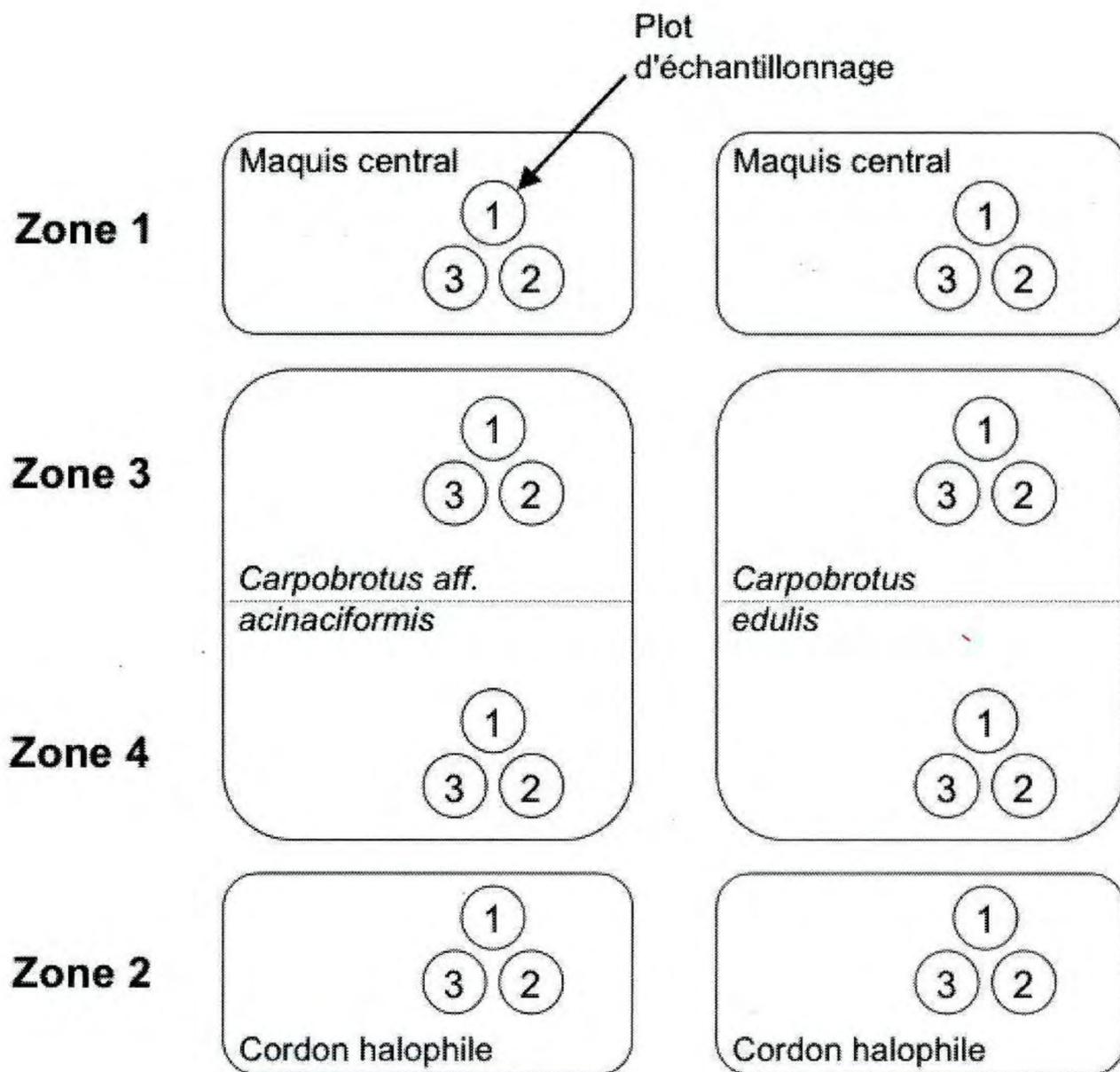


Figure 2. Vue générale de la nappe de *Carpobrotus aff. acinaciformis* dans la zone de la "Batterie fortifiée Sud".

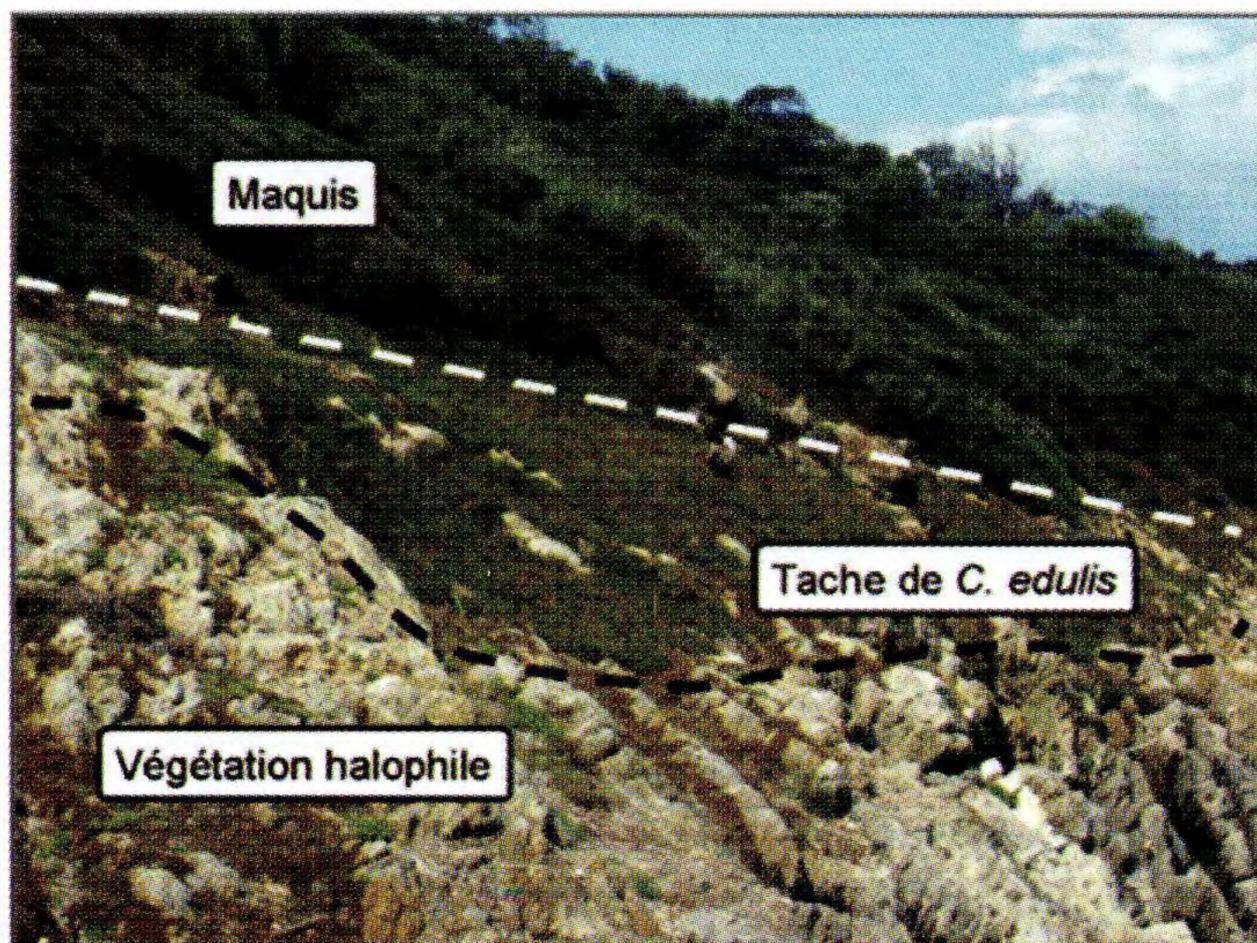


Figure 3. Vue générale de la nappe de *Carpobrotus edulis* dans la zone du débarcadère de l'Est de l'îlot.

Echantillonnage

Le protocole expérimental s'organise autour des deux principales nappes de *Carpobrotus* de l'îlot de Bagaud. La première tache est occupée par *Carpobrotus edulis* et l'autre par *C. aff. acinaciformis*. Les autres taches n'occupent pas une surface suffisamment grande pour supporter l'effort d'échantillonnage prévu. Pour chaque tache, une zonation théorique de quatre habitats a été établie (Fig. 4) :

- la zone 1, externe à la tache, correspond aux parties hautes de l'îlot. Elle est représentée par un maquis à bruyère *Erica arborea* et sal-separeille *Smilax aspera* ("Maquis"),

- la zone 2, externe également, correspond aux parties basses de l'îlot. Elle se caractérise par un cordon littoral herbacé composé de plantes halophiles (liseré ou "Cordon halophile"),

- la zone 3 est située à l'intérieur de la tache, en position adjacente au maquis à bruyère (Tache "maquis"),

- la zone 4 est située à l'intérieur de la tache, en position adjacente au maquis littoral (Tache "halophile").

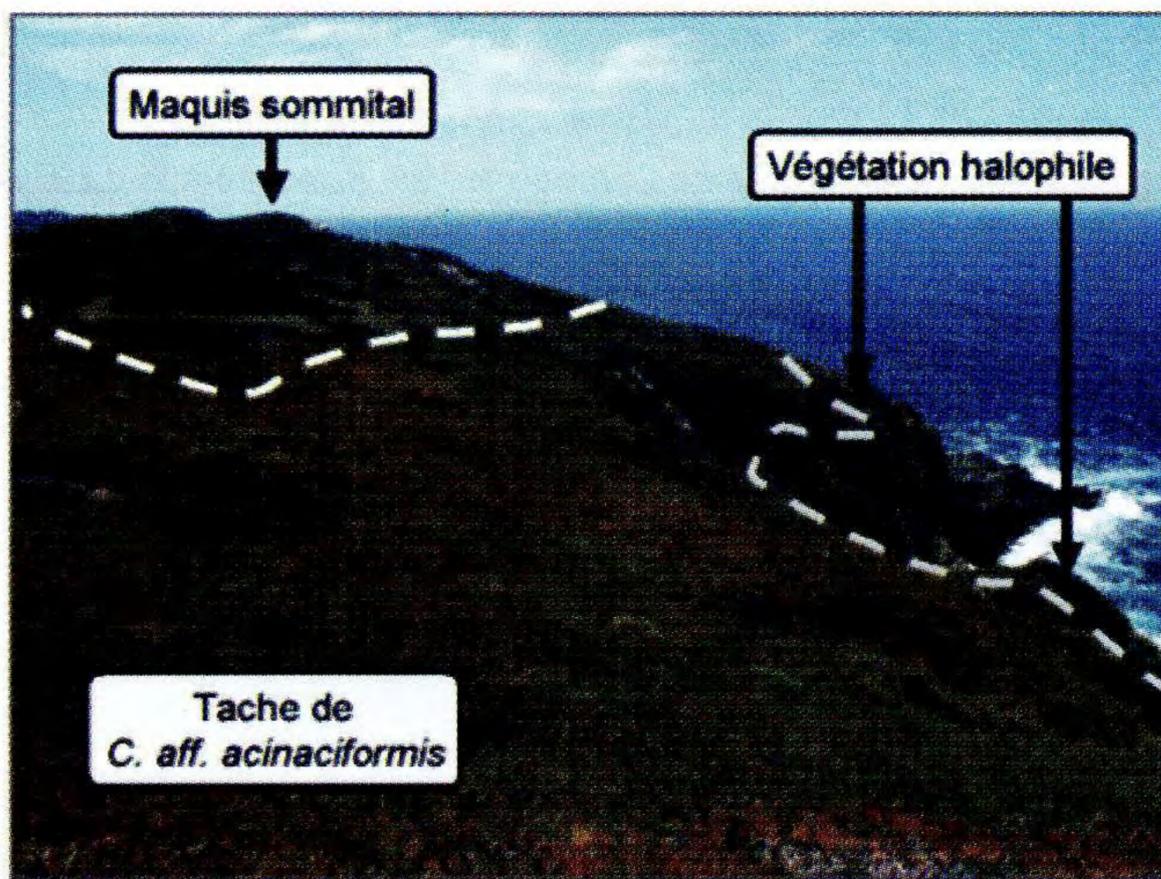


Figure 4. Distribution des plots d'échantillonnage sur le site expérimental de Bagaud.

Les prospections se sont effectuées au printemps 2002, en trois phases (18 avril, 16 mai, 17 juin) réparties sur la période d'activité maximale des insectes et de floraison des principales espèces végétales dont celle de *Carpobrotus*. L'étalement des prospections dans le temps a permis d'améliorer l'effort d'échantillonnage sur une entomofaune souvent très saisonnière, afin de ne pas manquer les espèces ayant un pic d'activité resserré dans le temps.

La présence de seulement deux taches de superficie suffisamment vaste pour être expérimentalement exploitables n'a pas permis de définir de réelles réplifications de sites. Ce léger biais intrinsèque a été compensé par trois "pseudo-réplifications" au sein de chaque zone d'échantillonnage, aboutissant ainsi au même effort d'échantillonnage par zone. Les pseudo-réplifications de chaque zone, même si elles ne sont pas parfaitement indépendantes théoriquement, ont été néanmoins suffisamment éloignées dans l'espace pour que les échantillons collectés puissent être considérés comme indépendants. Ce type de réplification permet par ailleurs de pallier une éventuelle faiblesse numérique des échantillons des populations d'insectes, habituelle dans ce type de milieu et d'améliorer la pertinence du traitement statistique des données. Le nombre total de "plots d'échantillonnage" est donc : 2 taxa de *Carpobrotus* x 4 zones x 3 réplifications = 24 plots.

Le prélèvement des insectes

Les plots d'échantillonnage au sein d'une même zone sont disposés à une distance au moins supérieure à 10 m les uns des autres et répartis selon la façon indiquée par la Fig. 5.

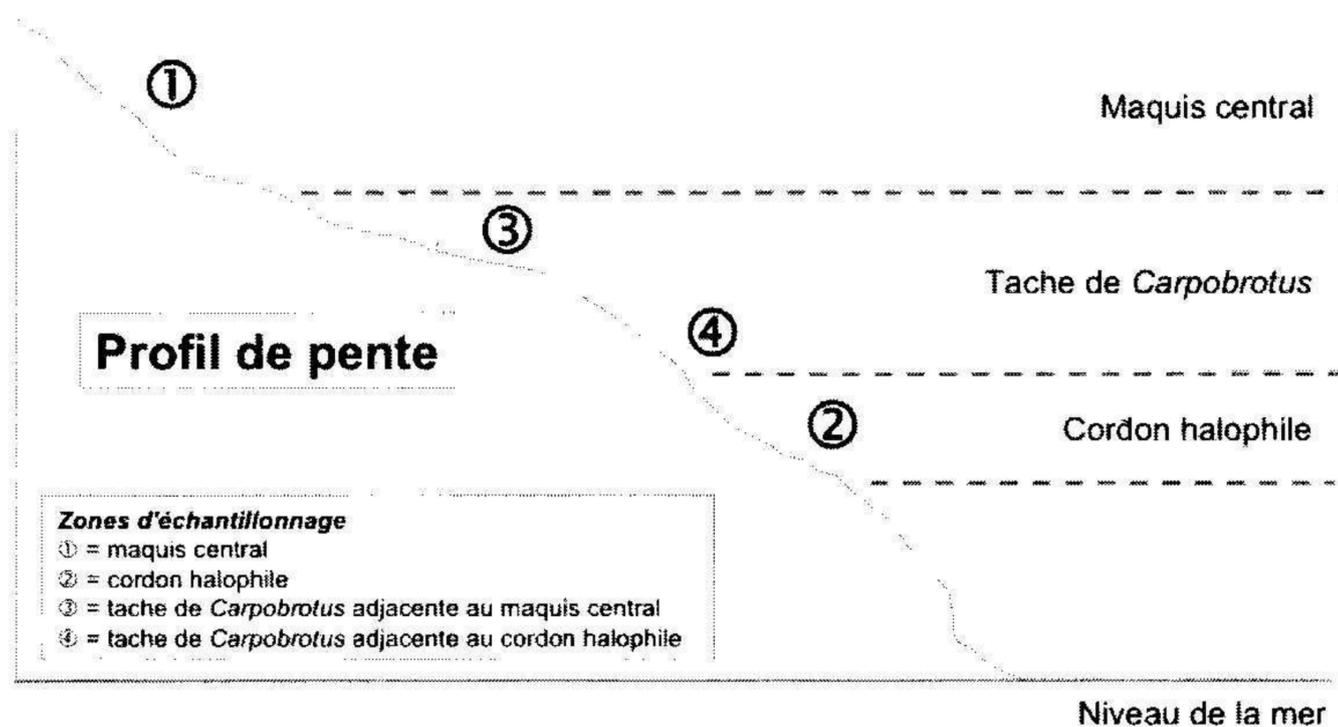


Figure 5. Protocole d'échantillonnage au sein de chaque plot.

Trois types de faune entomologique ont été récoltés sur chaque plot d'échantillonnage (Fig. 6). (i) L'échantillonnage de la faune de la litière des placettes expérimentales a été effectué le 18 avril au centre de chaque plot, sur un carré de 50 cm de côté. La litière a été positionnée sur Berlèse en laboratoire afin d'en extraire les insectes. (ii) La pose de pièges attractifs enfouis au ras du sol a permis de capturer la faune active au sol (faune "terricole"). Un piège a été positionné au centre de chaque plot d'échantillonnage et relevé à chaque campagne de terrain. La collecte par piège présente l'avantage de prendre en compte la

faune active la nuit que l'on ne peut capturer autrement. Compte tenu du faible nombre d'insectes rencontrés au cours d'inventaires antérieurs, les pièges attractifs à bière ont été privilégiés pour une meilleure efficacité de collecte. (iii) La collecte de la faune épigée de la végétation s'est déroulée, selon le type de végétation, par fauchage au filet fauchoir (végétation herbacée, fleurs de *Carpobrotus*), par battage (végétation arbustive et arborée), et / ou par chasse à vue sur l'ensemble de chaque plot d'échantillonnage. Cette méthode a été pratiquée pour chaque campagne de terrain et sur chaque plot pendant 10 mn sur un cercle d'un rayon de 2,80m environ (25m²). Le fauchage des fleurs de *Carpobrotus* a permis d'évaluer les potentialités de *Carpobrotus* comme source trophique principale ou complémentaire (pollen ou nectar) pour les espèces floricoles.

Groupes "cibles"

Les insectes choisis comme modèle biologique pour cette étude sont les Coléoptères, les Hyménoptères Formicidae (fourmis) et les Hétéroptères ("Punaises").

Les Coléoptères constituent un groupe clé dont la valeur biologique est hautement significative dans le cadre de la gestion conservatoire puisqu'ils constituent l'essentiel de la biodiversité arthropodienne (40% des espèces d'insectes décrites ; Crowson, 1981 ; Wilson, 1988; Hammond, 1992), avec de très nombreuses espèces rares (Erwin, 1988; Stork, 1991 ; Wilson, 1992). De nombreuses espèces entretiennent par ailleurs des relations exclusives avec certaines plantes. Les individus ont été identifiés dans la majorité des cas jusqu'à l'espèce ou jusqu'au niveau taxinomique le plus fin possible, en utilisant la nomenclature actuelle de Minelli *et al.* (1993-1995) et la collection de référence du laboratoire.

Les Hyménoptères Formicidae (fourmis) occupent un rôle fonctionnel important dans les écosystèmes notamment pour la dispersion des diaspores (graines) des végétaux. Ils sont par ailleurs sensibles aux changements écologiques (Andersen, 1995 ; Hoffmann et Andersen, 2003). Les individus ont été identifiés jusqu'à l'espèce.

L'étude de la diversité et de l'abondance des Hétéroptères représente une démarche originale dans ce type de milieu et a été l'occasion d'établir les premiers éléments d'un inventaire des Hétéroptères de l'îlot, complètement inconnus jusqu'à ce jour. La majorité des espèces a été obtenue par extraction de la litière et par battage/fauchage de la végétation. Dans le cas de la présente étude, l'identification des Hétéroptères a été faite au niveau de l'espèce dans la majorité des cas.

Traitements numériques et statistiques

Afin d'évaluer l'impact de *Carpobrotus* sur les entomocoenoses, les quatre zones d'échantillonnage ont fait l'objet de comparaisons en termes de richesse en espèces et d'abondance en individus. Les résultats des trois campagnes de terrain ont été fusionnés (somme des abondances) pour chaque plot expérimental afin de mieux séparer le signal "*Carpobrotus*" de la variabilité bruit de fond et réduire le signal saisonnier. Pour cela, ont été calculées la richesse spécifique et l'abondance moyennes (\pm erreur standard) pour chaque zone d'échantillonnage à partir des données de chaque plot expérimental ($n=6$ pour chaque zone, les données relatives aux deux taxons de *Carpobrotus* ayant été fusionnées).

Les modifications imposées aux communautés par la présence de *Carpobrotus* sont également susceptibles de modifier la composition des assemblages d'espèces. Pour tester cette hypothèse, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée sur les données en présence-absence fusionnées pour les trois types de faune : faune active au sol, de la litière et de la végétation.

RÉSULTATS

La faune de l'îlot

Le nombre total d'individus d'arthropodes prélevés sur l'îlot de Bagaud au cours de la présente étude est de 9 124. Les insectes des trois groupes cibles dominant, avec 8 202 individus répartis en 148 taxons (Tabl. I, II et III). Cette grande diversité résulte d'une richesse entomologique et d'une variété d'habitats importantes, mises en évidence par un effort d'échantillonnage intense (nombre de plots prospectés, diversité des méthodes de collecte employées).

Tableau I. Liste des taxons collectés et leurs abondances absolue et relative (%).

		Abondance absolue	Abondance relative (%)
Coléoptères			
Anaspidae	<i>Anaspis geoffroyi</i>	1	0,012
	<i>Anaspis maculatus</i>	18	0,219
	<i>Anaspis</i> sp. 1	15	0,183
	<i>Anaspis</i> sp. 2	3	0,037
	<i>Anaspis</i> sp. 3	1	0,012
	<i>Anaspis</i> sp. 4	4	0,049
Anobiidae	<i>Ernobius parens</i>	3	0,037
	<i>Lasioderma</i> sp.	1	0,012
	<i>Stagetus</i> cf. <i>andalusiacus</i>	2	0,024
Anthicidae	<i>Microhoria plumbea</i>	6	0,073
Apionidae	<i>Apion nigritarse</i>	1	0,012
	<i>Apion tubiferum</i>	2	0,024
Bruchidae	<i>Bruchidius fasciatus</i>	6	0,073

	<i>Bruchidius seminarius</i>	34	0,415
Buprestidae	<i>Anthaxia umbellatarum</i>	1	0,012
	<i>Buprestis octoguttata</i>	1	0,012
Carabidae	<i>Calosoma sycophanta</i> (fragment)	1	0,012
	<i>Celia ingenua</i>	2	0,024
	<i>Cymindis coadunata</i>	1	0,012
	<i>Philorhizus vectensis</i>	4	0,049
Cerambycidae	<i>Clytus rhamnii</i>	1	0,012
	<i>Monohamus galloprovincialis</i>	1	0,012
	<i>Nathrius brevipennis</i>	1	0,012
	<i>Parmena solieri</i>	4	0,049
Chrysomelidae	<i>Chrysomela americana</i>	4	0,049
	<i>Colaspidea metallica</i>	41	0,500
	<i>Cryptocephalus bipunctatus</i>	1	0,012
	<i>Hispa testacea</i>	3	0,037
	<i>Lachnaea italica</i>	4	0,049
	<i>Longitarsus ochroleucus</i>	7	0,085
	<i>Macrolenes dentipes</i>	1	0,012
	<i>Stylosomus minutissimus</i>	32	0,390
Coccinellidae	<i>Chilocorus bipustulatus</i>	4	0,049
	<i>Coccinella 7-punctata</i>	6	0,073
	<i>Exochomus quadripustulatus</i>	1	0,012
	<i>Myrrha octodecimguttata</i>	2	0,024
	<i>Nephus bipunctatus</i>	17	0,207
	<i>Rhizobius litura</i>	3	0,037
	<i>Scymnus</i> sp. s.l.	3	0,037
Corylophidae	<i>Arthrolips convexiuscula</i>	11	0,134
	<i>Arthrolips humilis</i>	10	0,122
	<i>Sericoderus lateralis</i>	1	0,012
Cryptophagidae	<i>Cryptophagus</i> sp.	1	0,012
	<i>Setaria sericea</i>	27	0,329
Curculionidae	<i>Cathormiocerus curvipes</i>	8	0,098
	<i>Donus crinitus</i>	4	0,049
	<i>Echinodera peragalloi</i>	4	0,049
	<i>Gronops lunatus</i>	1	0,012
	<i>Lixus flavescens</i>	1	0,012
	<i>Nanophyes transversus</i>	4	0,049
	<i>Omiamima concinna</i>	11	0,134
	<i>Otiorhynchus meridionalis</i>	1	0,012
	<i>Otiorhynchus</i> cf. <i>vitellus</i>	1	0,012
	<i>Peritelus suturellus</i>	115	1,402
	<i>Trachyphloeus</i> sp.	7	0,085
	<i>Tychius tibialis</i>	14	0,171
Dermestidae	<i>Anthrenus festivus</i>	112	1,366
	<i>Globicornis variegata</i>	2	0,024
Elateridae	<i>Agrilus cyanescens</i>	2	0,024
	<i>Cardiophorus biguttatus</i>	13	0,158
	<i>Melanotus tenebrosus</i>	3	0,037
Endomychidae	<i>Lycoperdina bovistae</i>	1	0,012
Hydraenidae	<i>Hydraena</i> sp.	1	0,012
Lathridiidae	<i>Cartodere</i> cf. <i>costulata</i>	1	0,012
	<i>Cartodere delamarei</i>	3	0,037
	<i>Dienerella parilis</i>	11	0,134
	Lathridiidae sp. A	1	0,012
	Lathridiidae sp. B	1	0,012
	Lathridiidae sp. C	1	0,012
	<i>Melanophthalma fuscipennis</i>	7	0,085

	<i>Melanophthalma</i> sp.	5	0,061
	<i>Melanophthalma taurica</i>	2	0,024
Melyridae	<i>Attalus analis</i>	38	0,463
	<i>Colotes javeti</i>	10	0,122
	<i>Colotes punctatus</i>	6	0,073
	<i>Danacea longiceps</i>	111	1,353
	<i>Dasytes tristiculus</i>	30	0,366
	<i>Dasytes flavipes</i>	2	0,024
	<i>Haplocnemus calidus</i>	1	0,012
Mordellidae	Mordellidae sp. 1	6	0,073
	Mordellidae sp. 2	1	0,012
Mycetophagidae	<i>Berginus tamarisci</i>	4	0,049
Nitidulidae	<i>Cybocephalus</i> sp.	2	0,024
	<i>Meligethes fuscus</i>	4	0,049
Oedemeridae	<i>Oedemera barbara</i>	14	0,171
	<i>Oedemera flavipes</i>	122	1,487
Phalacridae	<i>Olibrus particeps</i>	1	0,012
	<i>Stilbus testaceus</i>	1	0,012
Ptiliidae	<i>Acrotrichis</i> sp.	1	0,012
Ptinidae	<i>Ptinus bidens</i>	42	0,512
	<i>Ptinus lichenum</i>	2	0,024
Scarabaeidae	<i>Anisoplia remota</i>	4	0,049
	<i>Potosia morio</i>	1	0,012
Scolytidae	<i>Phloeosinus thuyae</i>	1	0,012
Scydmaenidae	<i>Scydmorephes myrmecophilus</i>	2	0,024
Staphylinidae	Aleocharinae indet.	9	0,110
	<i>Oligota</i> sp.	1	0,012
	<i>Tachyporus</i> sp.	2	0,024
	<i>Xantholinus</i> sp. s.l.	1	0,012
Tenebrionidae	<i>Asida dejeani</i>	6	0,073
	<i>Bioplanes meridionalis</i>	55	0,671
	<i>Catomus rotundatus</i>	1	0,012
	<i>Dichillus minutus</i>	44	0,536
	<i>Gonocephalum rusticum</i>	2	0,024
	<i>Nalassus assimilis</i>	1	0,012
	<i>Stenosis sardoa</i>	1	0,012
Thorictidae	<i>Thorictus grandicollis</i>	16	0,195

Hétéroptères

Lygaeidae	<i>Aphanus rolandri</i>	2	0,024
Nabidae	<i>Aptus mirmicoides</i>	7	0,085
Pentatomidae	<i>Carpocoris mediterraneus</i>	1	0,012
Miridae	<i>Compsidolon crotchi</i>	6	0,073
Reduviidae	<i>Coranus</i> sp. (immature stade V)	1	0,012
Coreoidea	<i>Coriomeris affinis</i>	1	0,012
Geocoridae	<i>Geocoris</i> sp.	3	0,037
Pentatomidae	<i>Geotomus</i> sp. (femelle)	8	0,098
Coreoidea	<i>Gonocerus imitator</i>	3	0,037
Lygaeidae	<i>Henestaris laticeps</i>	2	0,024
Lygaeidae	<i>Kleidocerys resedae</i>	22	0,268
Lygaeidae	<i>Lygaeosoma sardeum</i>	4	0,049
Lygaeidae	<i>Macroplax fasciata</i>	2	0,024
Miridae	<i>Macrotylus paykulli</i> ou <i>nasutus</i> (femelle)	1	0,012
Miridae	<i>Mimocoris coarctatus</i>	1	0,012
Pentatomidae	<i>Neottiglossa leporina</i>	5	0,061
Nabidae	<i>Notochilus damryi</i>	13	0,158
Lygaeidae	<i>Nysius senecionis</i>	5	0,061

Pentatomidae	<i>Pentatomidae</i> sp. (immature stade II ou III)	19	0,232
Miridae	<i>Phyllinae</i> (immature indét.)	3	0,037
Miridae	<i>Phytocoris pini</i>	3	0,037
Nabidae	<i>Plinthisus minutissimus</i>	50	0,610
Coreoidea	<i>Prionotylus brevicornis</i>	2	0,024
Lygaeidae	<i>Rhyparochromus tristis</i>	2	0,024

Hyménoptères Formicidae

Formicinae	<i>Camponotus aethiops</i>	9	0,110
	<i>Camponotus lateralis</i>	98	1,195
	<i>Camponotus piceus</i>	25	0,305
	<i>Camponotus sylvaticus</i>	64	0,780
	<i>Lasius niger</i>	243	2,963
	<i>Plagiolepis pygmaea</i>	4 020	49,012
Myrmicinae	<i>Aphaenogaster subterranea</i>	5	0,061
	<i>Crematogaster auberti</i>	40	0,488
	<i>Crematogaster scutellaris</i>	82	1,000
	<i>Crematogaster sordidula</i>	358	4,365
	<i>Leptothorax parvulus</i>	13	0,158
	<i>Leptothorax niger</i>	132	1,609
	<i>Leptothorax unifasciatus</i>	17	0,207
	<i>Messor sancta</i>	59	0,719
	<i>Pheidole pallidula</i>	398	4,852
	<i>Solenopsis</i> cf. <i>balachowskyi</i>	1 294	15,777
Hyménoptères Formicidae spp.	4	0,049	

Tableau II. Richesses spécifiques absolue et relative (%) des groupes cibles. Les pourcentages des trois types faunistiques (notés entre parenthèses) sont calculés par groupe taxinomique (Coléoptères, Fourmis, Hétéroptères). La somme des trois pourcentages des types faunistiques est supérieure à 100% car certaines espèces se retrouvent dans un ou plusieurs de ces trois compartiments.

	Faune totale	Sol (Terricoles)	Litières	Végétation
Coléoptères	107 (72,3%)	7 (6,5%)	45 (42,1%)	81 (75,7%)
Fourmis	17 (11,5%)	13 (76,5%)	10 (58,8%)	15 (88,2%)
Hétéroptères	24 (16,2%)	1 (3,2%)	4 (12,9%)	29 (93,5%)
Total	148 (100%)			

Tableau III. Abondance des groupes cibles. Les pourcentages des trois types de faune sont calculés par groupe taxinomique (Coléoptères, Fourmis, Hétéroptères).

	Faune totale	Sol (Terricoles)	Litières	Végétation
Coléoptères	1 175 (14,3%)	52 (4,4%)	281 (23,9%)	842 (71,7%)
Fourmis	6 861 (83,7%)	369 (5,4%)	5 251 (76,5%)	1 241 (18,1%)
Hétéroptères	166 (2%)	1 (0,6%)	67 (40,4%)	98 (59,0%)
Total	8 202 (100%)			

Parmi les trois groupes cibles (Coléoptères, fourmis et punaises), ce sont les Coléoptères qui dominent en nombre d'espèces (Tabl. II) avec 72,3% de la diversité totale mais seulement 14,3% de l'abondan-

ce totale. Parmi ce groupe, la faune récoltée sur la végétation est la plus diversifiée (75,7% de la richesse en Coléoptères) et la plus abondante (71,7% des Coléoptères). En revanche, le groupe des fourmis domine largement en abondance avec 83,7% de l'abondance totale, alors qu'il représente moins de 12% des espèces rencontrées. Chez les fourmis, ce sont les espèces de la litière qui accumulent la plus grande abondance relative avec 76,5%, notamment grâce à la présence dans cet habitat de fourmis de petite taille du type *Plagiolepis pygmaea*.

***Carpobrotus* et structure des communautés**

L'impact général de *Carpobrotus* sur les Coléoptères est très significatif (Fig. 6). Il se traduit par une nette diminution de l'abondance et de la richesse spécifique moyennes dans les zones occupées par

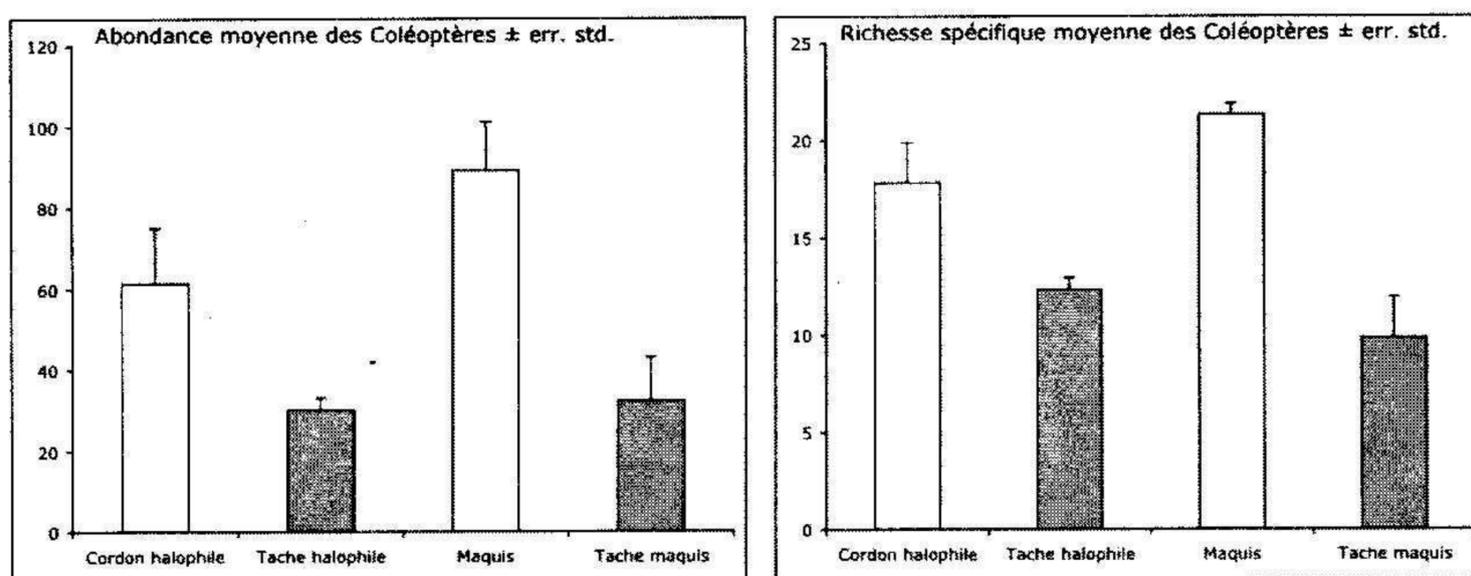


Figure 6. Variations d'abondance et de richesse moyennes des Coléoptères en fonction du zonage expérimental. Les données sont issues de la fusion des trois types de faunes.

Carpobrotus comparativement aux zones non touchées, que ce soit dans la zone halophile ou le maquis central. Ce dernier semble par ailleurs accueillir les plus importantes abondance et richesse moyennes en raison d'une structure d'habitat plus complexe. En observant plus en détail les réponses différenciées des trois compartiments faunistiques (Fig. 7), il apparaît que *Carpobrotus* a un effet déplétif sur la richesse et l'abondance des Coléoptères récoltés dans la végétation et dans la litière. Seuls les Coléoptères terricoles capturés par piégeage au sol montrent la tendance inverse.

L'examen de la réponse générale des Hyménoptères Formicidae (tous types de collecte confondus) montre une tendance similaire (Fig. 8), la richesse moyenne en espèces et leur abondance sont inférieures dans la tache de *Carpobrotus*, hormis pour la portion halophile où il n'y a pas de différence significative avec la tache.

En ce qui concerne les Hétéroptères, l'effet négatif de *Carpobrotus* sur la richesse en espèces et leur abondance est démontré de façon encore plus marquée (Fig. 9). Dans ce cas, la tendance est encore plus nette car la présence de *Carpobrotus* semble éliminer presque totalement la faune des Hétéroptères.

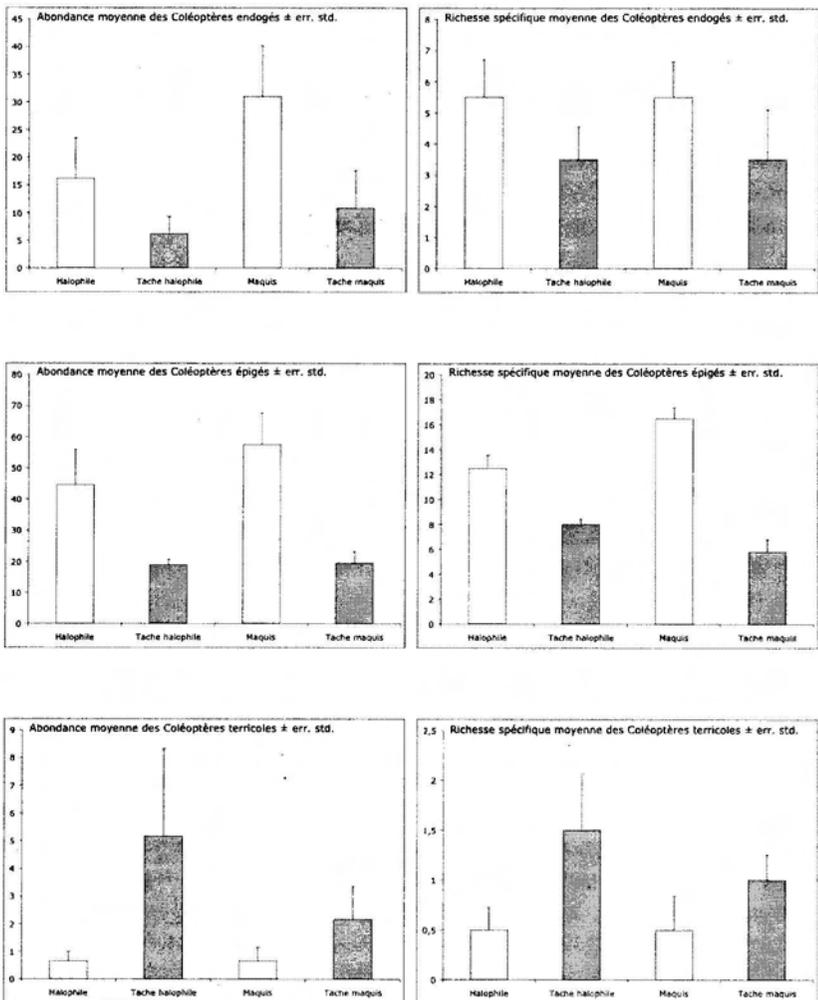


Figure 7. Variations d'abondance et de richesse moyennes des Coléoptères en fonction du zonage expérimental et des trois types de faune. Le codage utilisé sur les diagrammes est : endogé = faune de la litière ; épigé = faune de la végétation ; terrioles = faune active au sol.

Les espèces des zones à *Carpobrotus*

Pour tous les Coléoptères confondus (107 taxa), 55 taxa sont présents exclusivement dans les zones naturelles (Maquis et zone halophile) contre seulement 18 exclusivement représentés dans les taches de *Carpobrotus*. Pour tous les Formicidae (17 taxa) aucun taxon n'est exclusif de *Carpobrotus*. En revanche, cinq espèces ne se rencontrent qu'en zone naturelle. Les communautés de fourmis indigènes ne bénéficient en rien de la présence de *Carpobrotus* qui n'apporte aucune espèce complémentaire à l'écosystème. Pour tous les Hétéroptères (24

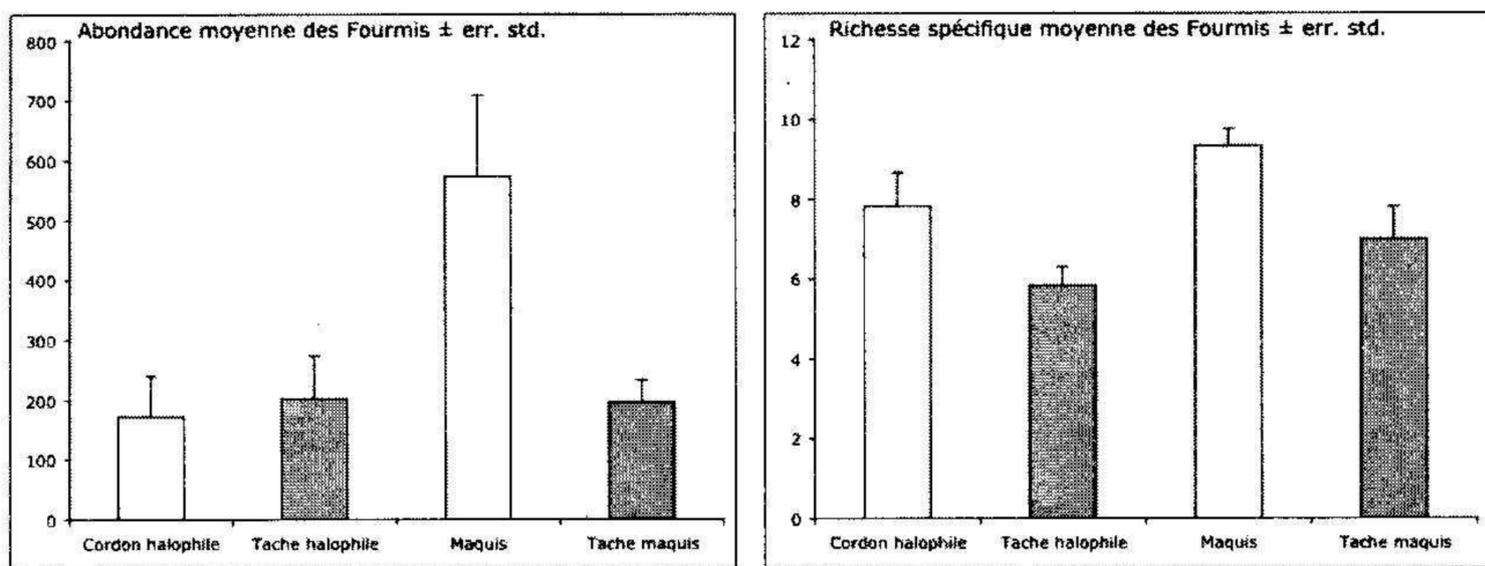


Figure 8. Variations d'abondance et de richesse moyennes des fourmis en fonction du zonage expérimental. Les données sont issues de la fusion des trois types de faunes.

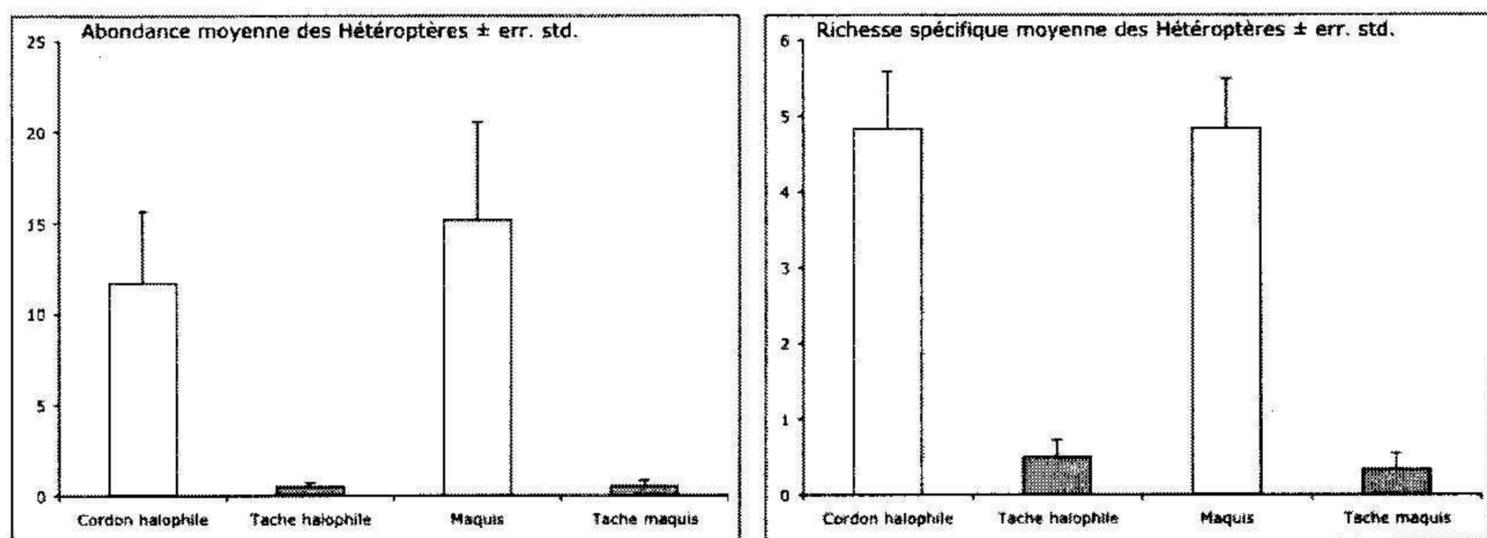


Figure 9. Variations d'abondance et de richesse moyennes des Hétéroptères en fonction du zonage expérimental. Les données sont issues de la fusion des trois types de faunes.

taxa), un seul taxon n'est présent que dans les zones à *Carpobrotus* alors que 23 sont exclusifs des zones naturelles adjacentes. Les Hétéroptères apparaissent donc comme le groupe le plus sensible à l'envahissement par *Carpobrotus*, et notamment aux changements dans la structure de végétation et la composition de la litière qu'il impose.

Les assemblages d'espèces

D'une manière générale, l'Analyse Factorielle des Correspondances (Fig. 10) révèle que la structure de végétation (maquis, zone halophile et taches de *Carpobrotus*) est le principal facteur explicatif de l'organisation des assemblages d'espèces, que ce soit pour les Coléoptères, les Formicidae ou les Hétéroptères. En effet pour les trois groupes, l'axe 1 discrimine les zones halophiles du maquis (inerties respectives de 9,7, 19,6 et 15,2 % pour les points-relevés des Coléoptères, des fourmis et des punaises). Les points-relevés des zones à *Carpobrotus* se discriminent en revanche plutôt sur l'axe 2 (inerties respectives de 8,9 et 17,6 % pour les Coléoptères et les fourmis).

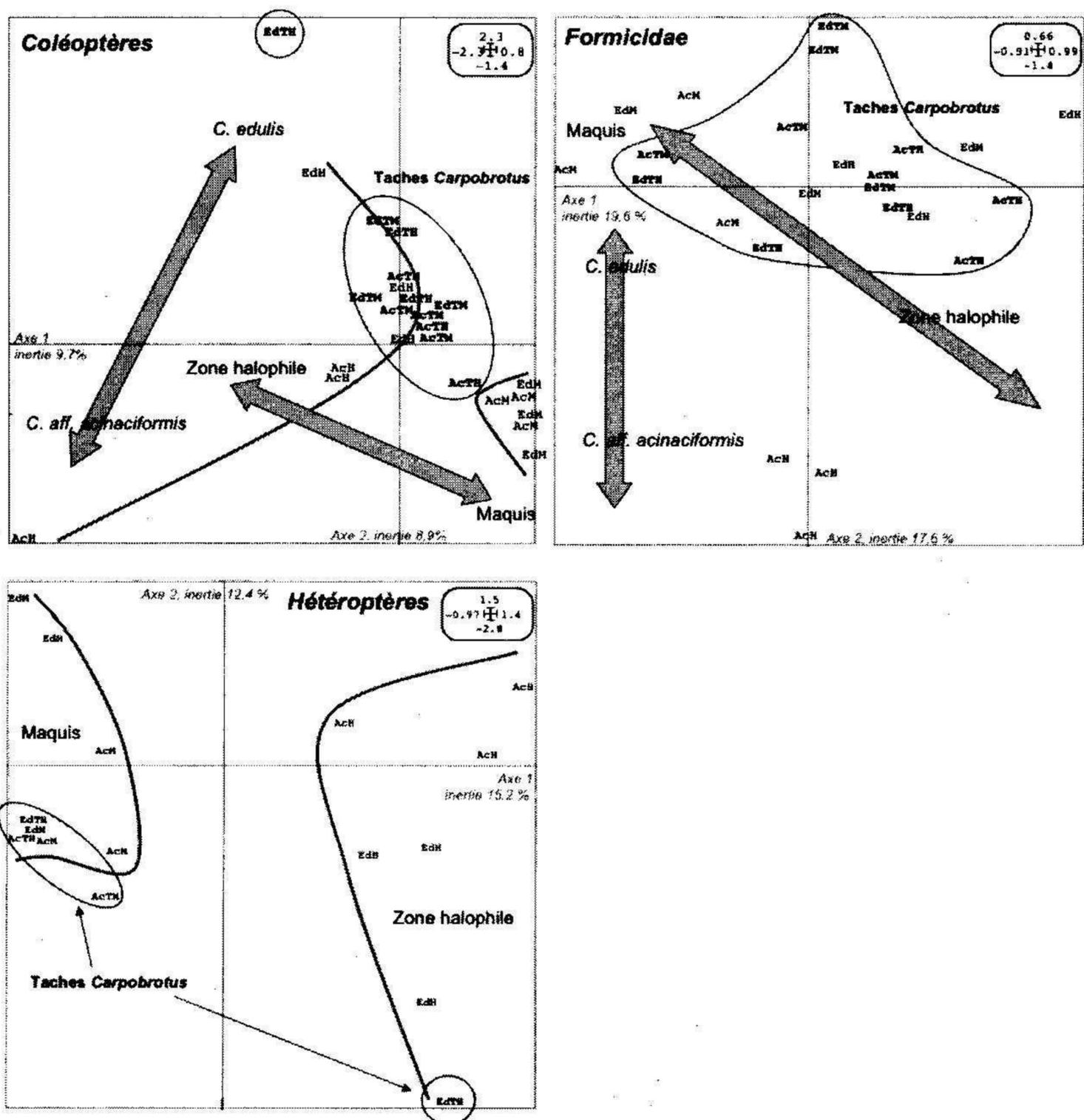


Figure 10. Ordination par Analyse Factorielle des Correspondances des points-relevés (plots d'échantillonnage) pour les trois groupes cibles. Les données utilisées sont en présence-absence fusionnées pour toutes les méthodes de collectes confondues. Ed = *Carpobrotus edulis* ; Ac = *C. aff. acinaciformis* ; M = Maquis ; H = Cordon halophile ; TM = Tache de *Carpobrotus* côté maquis ; TH = Tache de *Carpobrotus* côté cordon halophile.

Le plan factoriel des Coléoptères et des punaises montre un regroupement assez dense des assemblages des zones à *Carpobrotus* alors qu'il montre un étalement pour les fourmis. En d'autres termes, les communautés de Coléoptères et de punaises semblent être uniformisées dans leurs assemblages par *Carpobrotus* alors que celles des fourmis semblent être plus hétérogènes selon les relevés.

DISCUSSION

Bagaud, îlot de diversité

En complément des recensements entomologiques effectués sur l'île de Port-Cros (Veyret et Henry, 1950-1951 ; Ponel et Bigot, 1993 ; Bigot, 1994), les îlots satellites de l'archipel de Port-Cros, et l'îlot de Bagaud en particulier, ont révélé une faune riche en espèces malgré la

petite taille des territoires prospectés (Ponel et Andrieu-Ponel, 1998 ; Orgeas, 2003). La relative petite taille de l'îlot de Bagaud ainsi que les conditions écologiques drastiques endurées par les communautés vivantes - embruns salés, vents violents, substrats rocheux, réserves en eau très faibles, sols fins et pauvres, invasions biologiques - ne plaident pourtant pas en faveur d'une grande richesse. Malgré cette apparente "pauvreté" du milieu en termes de ressources nutritives et trophiques, il semble donc que la diversité des micro-habitats à l'échelle de l'île puisse expliquer le grand nombre d'espèces rencontrées.

Par ailleurs, la dominance en nombre d'espèces de Coléoptères corrobore l'habituelle prédominance taxinomique des Coléoptères qui occupent l'ensemble des niches écologiques et dont les niveaux de spéciation sont très forts (Samways, 2005). Il est fréquent d'observer chez les Coléoptères une grande proportion d'espèces peu communes, uniquement collectées en un ou deux exemplaires, associée à la dominance numérique de quelques espèces. Ces espèces représentent 49% du nombre total d'espèces de Coléoptères et mettent en lumière le problème de la rareté dans les échantillons. Une espèce peut être rare, ou peu commune, soit parce qu'elle est effectivement rare dans l'écosystème, soit parce que la méthode d'échantillonnage employée n'est pas adéquate pour sa capture. Dans tous les cas, la présence de telles espèces est porteuse d'une information écologique, mais leur absence n'est pas nécessairement indicatrice de l'information écologique inverse.

La dominance des fourmis en abondance et en biomasse reflète quant à elle l'efficacité des structures sociales chez les insectes dans l'exploitation des ressources, le développement démographique des populations et le rôle sur l'environnement immédiat des colonies (Holldöbler et Wilson, 1990).

Impact de *Carpobrotus* sur la structure des communautés

La réponse des insectes, Coléoptères, Formicidae et Hétéroptères, à la présence de *Carpobrotus* est extrêmement bien marquée. *Carpobrotus* a de façon évidente un effet extrêmement négatif à la fois sur la richesse spécifique moyenne et l'abondance des peuplements entomologiques. L'uniformisation du milieu dans les taches de *Carpobrotus* semble être le facteur explicatif le plus probable de ces observations. Le développement d'un tapis mono spécifique de *Carpobrotus* pourrait en effet constituer d'une part un facteur limitant pour la diversité des espèces par simple limitation physique de la diversité des habitats, mais aussi par le remplacement des ressources alimentaires des habitats naturels par des ressources peu appétantes ou peu exploitables par la faune entomologique locale (tissus coriaces et charnus de *Carpobrotus*, substances secondaires, etc).

Cet effet déplétif des espèces envahissantes introduites sur la biodiversité est largement observé dans le monde (Gillespie et Roderick, 2002), que ces espèces introduites soient directement associées ou favorisées par la présence de l'homme (Palmer *et al.*, 2004), ou non. Les espèces indigènes, particulièrement les endémiques, peuvent être sensibles à ce type de perturbation, notamment dans les milieux insulaires où elles sont en forte proportion. Les îles sont connues pour avoir des assemblages d'espèces distincts caractérisés par leur originalité, leur simplicité et leur faible résistance aux perturbations comparativement aux écosystèmes continentaux (Eliasson, 1995). Les espèces indigènes subissent donc la compétition et peuvent souffrir d'extinction au moins au niveau local. Ce phénomène général s'observe pour un large panel d'espèces introduites telles que *Carpobrotus*, mais aussi avec des mammifères introduits comme le rat qui occasionne également une baisse de la diversité des insectes indigènes et une banalisation de l'entomofaune par la favorisation d'espèces ubiquistes (Palmer et Pons, 1996).

Chez les Coléoptères, la faune de la litière et de la végétation sont structurellement différentes entre des zones colonisées par *Carpobrotus* (habitat "perturbé") et de celles qui ne le sont pas (habitat "non perturbé"). En plus des changements occasionnés sur la ressource végétale évoqués en début de paragraphe, les changements opérés au niveau de la litière interviennent sur une faune particulièrement sensible dont les espèces sont très petites, peu mobiles, peu connues et donc susceptibles de présenter d'une part un fort taux d'endémisme méditerranéen et d'autre part une grande sensibilité. Ces problèmes constituent une perspective majeure en termes de conservation des écosystèmes menacés ou de restauration des zones envahies.

La biodiversité des zones à *Carpobrotus*

Au-delà du simple effet déplétif de *Carpobrotus* sur la richesse spécifique et l'abondance sur les communautés d'insectes, il apparaît clairement que la "griffe de sorcière" n'accueille pas une entomofaune spécifique que l'on ne rencontrerait pas ailleurs dans le milieu naturel. Au contraire, les taches de *Carpobrotus* montrent une banalisation de la faune en plus de l'appauvrissement en nombre d'espèces.

Par exemple pour les Coléoptères, seulement 17% des taxons ne se rencontrent exclusivement que dans les taches de *Carpobrotus*, et il faut en outre porter un crédit limité à ces espèces car la majorité (14) des 18 espèces récoltées exclusivement sur *Carpobrotus* ne l'ont été qu'en un ou deux exemplaires. Il est imprudent de statuer sur ces espèces peu communes qui ne sont donc pas nécessairement exclusives de *Carpobrotus* ou qui ont été tout simplement insuffisamment échantillonnées. Le grand nombre d'espèces caractéristiques des milieux

naturels (55), maquis ou zone halophile, par rapport au milieu à *Carpobrotus* renseigne cependant sur la pauvreté de cette formation sur le plan entomologique qui finalement apporte peu d'espèces de Coléoptères par rapport à la matrice naturelle. Les espèces rencontrées uniquement dans les taches de *Carpobrotus* sont essentiellement des espèces de la litière qui appartiennent à la famille des Lathridiidae (5 espèces), et *Parmena solieri* (Cerambycidae) qui vit dans les tiges d'*Euphorbia characias* et de *Lavatera* sp. Ce Cerambycide utilise très probablement les tiges de *Carpobrotus* comme habitat sur l'îlot. Ces espèces se rencontrent dans d'autres habitats littoraux.

Pour les Formicidae et les Hétéroptères, la tendance à la banalisation et l'appauvrissement de la faune est encore plus marquée que pour les Coléoptères. Ces communautés indigènes ne bénéficient en rien de la présence de *Carpobrotus* qui n'apporte aucune espèce complémentaire aux écosystèmes malgré les changements dans la structure de végétation et la composition de la litière qu'il induit.

L'invasion par la "griffe de sorcière" ne semble donc pas être un vecteur d'espèces particulières, ni en nombre, ni en originalité, probablement à cause de son caractère invasif pour lequel la faune locale n'est pas adaptée en termes d'utilisation des ressources alimentaires et des habitats.

Les facteurs explicatifs de la composition des communautés

La présence de *Carpobrotus* est également de nature à modifier profondément les assemblages d'espèces, sachant que le facteur explicatif principal de ces assemblages semble être la typologie de la végétation. L'habitat, qu'il soit maquis ou cordon halophile, impose une communauté spécifique pour les trois groupes d'insectes. Ces différences se justifient par des conditions écologiques drastiquement différentes entre les zones fermées du maquis et celles très ouvertes et battues par les embruns salés des portions plus littorales. Les assemblages d'espèces des taches de *Carpobrotus* apparaissent dans une situation intermédiaire entre ces deux entités, particulièrement dans le cas des Coléoptères où les échantillons sont relativement regroupés dans le plan factoriel. Les assemblages de Coléoptères des zones à *Carpobrotus*, comme ceux du maquis, semblent donc plus homogènes que dans les zones naturelles halophiles qui montrent un étalement plus grand du nuage de points. Cette homogénéité des assemblages reflète parfaitement l'homogénéité physiologique et écologique des tapis mono spécifiques de *Carpobrotus* et plaide à nouveau pour l'hypothèse de banalisation-réduction de la faune d'insectes.

Le peuplement des fourmis au sein des taches de *Carpobrotus* est plus étalé sur le plan factoriel et indique une plus grande hétérogénéité

des assemblages myrmécologiques. Ceci peut s'expliquer par le caractère social et colonisateur des communautés de fourmis qui se répartissent l'espace de façon plus tranchée et qui s'affranchissent mieux des conditions du milieu par des comportements sociaux structurés. Ainsi, un piège ou un prélèvement localisé de litière ont toutes les chances de mettre en évidence une dominance numérique d'une espèce de fourmis dont la zone d'influence du nid serait interceptée par le dispositif de piégeage. Mais là encore, le signal discriminant entre maquis et zones halophiles reste prépondérant.

Les Hétéroptères constituent le groupe le plus sensible au *Carpobrotus*. Trois plots d'échantillonnage dans les zones à *Carpobrotus* ne contenaient aucun Hétéroptère et ne se trouvent donc pas sur le plan factoriel de l'AFC. Ceci a donc exacerbé la discrimination entre les assemblages du maquis et ceux de la zone halophile.

L'influence de l'espèce de *Carpobrotus*, pour les Coléoptères et les fourmis, s'exprime par ailleurs sur l'axe 2 des analyses multivariées, mais pourrait aussi bien se superposer à un effet site. Les différences liées à l'espèce de *Carpobrotus* présente pourrait être un facteur sensible, mais de toute façon secondaire, sur l'organisation des assemblages de ces deux groupes. Cet axe ne différencie pas les deux taxons pour les Hétéroptères.

La faune remarquable

La profusion des espèces rencontrées sur l'îlot de Bagaud est particulièrement intéressante sur le plan de la biodiversité et des ressources biologiques du Parc national de Port-Cros, mais aussi sur le plan purement écologique car cette abondance d'espèces reflète à la fois une diversité des micro habitats et des ressources, et peut indiquer une relative "bonne santé" des écosystèmes de l'îlot. À ce schéma théorique s'ajoute l'apport des perturbations. Même si *Carpobrotus* semble ne pas faire augmenter le cortège total des espèces et avoir un effet négatif sur la communauté entomologique, il provoque cependant des changements fauniques certains qui s'expriment par la présence d'espèces capables d'exploiter des ressources ponctuelles telles que le pollen/nectar de *Carpobrotus* lors de la floraison. L'impact de l'expansion du couvert de *Carpobrotus* paraît ainsi agir à deux niveaux : un effet positif sur les espèces floricoles et un effet négatif sur les autres espèces, particulièrement les espèces terricoles et les espèces phytophages associées à des plantes littorales.

L'abondante floraison estivale coïncide avec une période où les sources trophiques exploitées par les floricoles commencent à se tarir en raison de la sécheresse, et beaucoup d'espèces comme *Oedemera flavipes*, *O. barbara*, *Anthrenus festivus*, *Anaspis* spp., Mordellidae spp.,

Dasytes tristiculus et bien d'autres tirent effectivement parti de cette abondante source de nourriture. Ces espèces bénéficiaires sont cependant pour la plupart des insectes à assez large répartition méditerranéenne. Par ailleurs il est possible que la prolifération de *Carpobrotus* génère également un biotope favorable à des espèces saprophages ou saproxylophages, telles que le Cerambycidae *Parmena solieri*, qui est bien représenté dans les taches de *Carpobrotus* et qui se développe certainement dans les tiges sèches de cette plante. Il s'agit d'une espèce polyphage capable de s'adapter à une grande variété de plantes hôtes mais cette association *Parmena solieri*-*Carpobrotus* ne semble pas avoir été déjà signalée. La répartition de *Parmena solieri* est limitée au littoral méditerranéen où elle peut être localement abondante. La possibilité d'un contrôle biologique de *Carpobrotus* par *Parmena solieri* est cependant illusoire puisque ce Coléoptère s'attaque essentiellement aux parties mortes ou dépérissantes.

Le phénomène de facilitation temporaire des espèces bénéficiaires de *Carpobrotus* (pollen, nectar, matières mortes) a également été observé sur Bagaud dans le cadre d'espèces bénéficiaires de l'enrichissement de matière organique du sol par la présence de goélands leucophées (*Larus michahellis*) sur une partie de l'îlot. Dans ce cas là, la richesse spécifique globale n'est pas affectée mais provoque un changement complet des assemblages de Coléoptères et des groupes trophiques avec facilitation des espèces détritivores aux dépens des phytophages (Orgeas *et al.*, 2003).

En dépit de ces quelques points positifs, l'hypothèse d'une expansion de *Carpobrotus* à toute l'île de Bagaud constituerait un scénario catastrophe pour la biodiversité, l'organisation et le fonctionnement des communautés entomologiques, en raison des risques locaux d'éradication de nombreuses espèces terricoles essentiellement littorales, rares ou à répartition limitée, qui présentent un grand intérêt en matière de biologie de la conservation et de biogéographie, comme par exemple :

- *Thorictus grandicollis* (Thorictidae) : ce petit Coléoptère appartient à un genre très bien représenté en Espagne et surtout en Afrique du Nord, mais il s'agit du seul représentant présent en France continentale. Il s'agit d'une espèce remarquable, toujours rare, qui semble cependant bien présente dans l'archipel des Iles d'Hyères (découverte récemment au Levant : Ponel, non publié). Elle paraît se cantonner aux milieux ouverts littoraux, où on peut la rencontrer sous les pierres, très souvent en compagnie de fourmis ce qui laisse envisager des moeurs myrmécophiles. À Bagaud cette espèce a été observée en abondance (Orgeas *et al.*, 2003).

- *Cymindis coadunata* (Carabidae) : la présence de ce Carabidae à Bagaud est assez mystérieuse puisqu'il s'agit d'une espèce plutôt alticole propre aux montagnes méditerranéennes - elle est typique des

pelouses caillouteuses du Luberon et du Ventoux par exemple -, mais elle a déjà été observée à la Londe-les-Maures et à Vidauban. Elle a été rencontrée sur Bagaud antérieurement. Sa présence et son identification ne semblent pas faire de doute, mais il est surprenant de rencontrer ce Coléoptère à si basse altitude en milieu insulaire thermophile.

- *Celia (Percosia) ingenua* (Carabidae) : espèce terricole observée à plusieurs reprises sur Bagaud (Ponel et Andrieu-Ponel, 1998 ; Orgeas et al., 2003) mais curieusement absente des inventaires de Veyret et Henry (1950-51). Ce Carabidae lié aux milieux ouverts littoraux a probablement bénéficié de l'ouverture de la végétation de Bagaud, induite par l'expansion de colonies de goélands (Ponel et Andrieu-Ponel, 1998). Il est présent sur le littoral méditerranéen français sous forme de localités isolées.

- *Colaspidea metallica* (Chrysomelidae) : très petite espèce de chrysomèle étroitement localisée aux régions méditerranéennes, où elle recherche particulièrement le feuillage des cistes. Il s'agit d'une espèce localisée mais qui peut parfois abonder lorsque les conditions lui sont favorables.

- *Peritelus (Meira) suturellus* (Curculionidae) : il s'agit d'un petit charançon particulièrement abondant dans les régions côtières méditerranéennes, surtout entre Menton et Toulon (Hoffmann, 1950-1958). Il est également cité d'Espagne et d'Italie. Sa biologie est peu connue mais il pourrait vivre sur les *Lotus*, plantes particulièrement abondantes à Bagaud sur les rochers littoraux.

- *Donus crinitus* (Curculionidae) : espèce répandue dans le Bassin méditerranéen, présente dans tous les départements méditerranéens français. Sa biologie n'est pas connue avec exactitude mais elle recherche les milieux ouverts littoraux et doit donc être associée à des plantes bien représentées dans ces milieux (armoises?). Elle est commune sur la frange littorale dans le Var et les Bouches-du-Rhône.

- *Echinodera peragalloi* (Curculionidae) : comme les autres charançons Cryptorhynchinae, *E. peragalloi* recherche les litières composées de morceaux de bois morts et de débris végétaux. Il s'agit d'une espèce rare essentiellement méditerranéenne, connue d'Italie, de France, d'Espagne et d'Afrique du Nord. En France continentale, elle est surtout littorale et limitée à la frange côtière des départements des Bouches-du-Rhône, du Var et des Alpes-Maritimes.

- *Gronops lunatus* (Curculionidae) : cet autre charançon n'est pas spécifiquement méditerranéen puisqu'il est signalé çà et là d'une bonne partie de la France, toutefois comme il recherche les milieux ouverts et chauds il est un peu moins rare dans les régions littorales en bord de mer, où il se développe peut-être sur des *Spergularia* (Hoffmann, 1950-1958). Cette espèce ne semble pas avoir été déjà signalée de Port-Cros, ni plus généralement de l'archipel des Iles d'Hyères.

- *Trachyphloeus* sp. (Curculionidae) : l'identification précise de ce taxon n'a pas encore pu être établie. Il s'agit d'un genre comprenant beaucoup d'espèces endémiques ou à répartition limitée, et toutes sont associées aux milieux ouverts secs et chauds, méditerranéens essentiellement, en altitude ou au niveau de la mer.

- *Catomus rotundatus* (Tenebrionidae) : contrairement à la plupart des autres Ténébrionides cette espèce n'est pas terricole mais se trouve surtout sur les arbustes et particulièrement les petits chênes, elle est peu commune en France et surtout répandue en région méditerranéenne.

- *Dichillus minutus* (Tenebrionidae) : très petit Ténébrionide localisé aux régions méditerranéennes, il est parfois trouvé associé à des fourmis, sous les pierres en terrain sec et sablonneux, dans la litière de cistes. Il s'agit d'une espèce habituellement rare mais assez abondante à Bagaud.

- *Parmena solieri* (Cerambycidae) : espèce des régions côtières méditerranéennes, localisée et peu commune, elle se développe sur les tiges de lavatères, d'euphorbes et vraisemblablement de *Carpobrotus*.

- *Setaria sericea* (Cryptophagidae) et *Scydmorephes myrmecophilus* (Scydmaenidae) : ces deux espèces sont très éloignées sur le plan taxinomique mais présentent la particularité de vivre presque exclusivement dans le milieu très particulier constitué par la litière de feuilles mortes envahie par du mycelium accumulé au pieds des vieux cistes. Elles sont localisées au littoral méditerranéen, et sont particulièrement abondantes dans les régions littorales du massif des Maures. *Scydmorephes myrmecophilus* est considéré comme myrmécophile.

- *Lycoperdina bovistae* (Endomychidae) : espèce aptère remarquable qui se développe exclusivement au sein de la masse pulvérulente des spores des champignons "vesses de loup" (*Lycoperdon*).

- *Myrmecophilus acervorum* (Orthoptère Gryllidae, identification en cours de validation) : les *Myrmecophilus* sont de tout petits grillons liés aux fourmis, peu communs mais assez fréquents en région méditerranéenne.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Parc national pour son soutien financier (contrat d'étude n° 02.033.83400 PC du 15.10.2002) et le personnel technique du Parc pour avoir facilité la logistique nécessaire au travail de terrain. Nous remercions également Sylvain Fadda, étudiant de talent en entomologie, puis Diane Zarzoso-Lacoste et Déborah Pardo, stagiaires motivées et pleines de bonne humeur, pour leur aide lors des fastidieuses campagnes de terrain. Enfin, un grand merci à notre ami Eric Vidal pour l'attention qu'il a portée à l'élaboration de ce projet.

RÉFÉRENCES

- ADDISON P., SAMWAYS M.J., 2006. - Surrogate habitats demonstrate the invasion potential of the African pugnacious ant. *Biodiversity and Conservation*, 15 : 411-428.
- ANDERSEN A.N., 1995. - A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. *Journal of Biogeography*, 22 : 15-29.
- ANDERSEN, A.N., LONSDALE W.M., 1990. - Herbivory by insects in Australian tropical savannas : a review. *Journal of Biogeography*, 17: 433-444.
- BIGOT L., 1994. - *Dynamique diachronique et synchronique de la composition et de la structure de la faune des arthropodes dans les îles d'Hyères, Parc National*. Rapport d'étude, Parc national de Port-Cros : 1-67.
- CROWSON R.A., 1981. - *The biology of Coleoptera*. Academic Press, London.
- DEAN W.R.J., MILTON S.J., RYAN P.G., MOLONEY C.L., 1994. - The role of disturbance in the establishment of indigenous and alien plants at Inaccessible and Nightingale Islands in South Atlantic Ocean. *Vegetatio*, 113 : 13-23.
- ELIASSON U., 1995. - Patterns of diversity in island plants. In : P.M. Vitousek, L.L. Loope, H. Adersen (eds.). *Islands*, Ecological Studies 115. Springer-Verlag, Berlin.
- ERWIN T.L., 1988. - The tropical forest canopy : the heart of biotic diversity. In : E.O. Wilson, F.M. Peter (eds.). *Biodiversity*. National Academy Press, Washington D.C.
- ERWIN T.L., 1997. - Biodiversity at its utmost: tropical forest beetles. In : M.L. Reaka-Kudla, D.E. Wilson, E.O. Wilson (eds.). *Biodiversity II. Understanding and protecting our biological resources*. Joseph Henry Press, Washington.
- GILLESPIE R.G., RODERICK G.K., 2002. - Arthropods on islands : colonization, speciation, and conservation. *Ann. Rev. Entomol.*, 47 : 595-632.
- GÓMEZ C., OLIVERAS J., 2003. - Can the Argentine ant (*Linepithema humile* Mayr) replace native ants in myrmecochory ? *Acta Oecologica*, 24 : 47-53.
- GULLAN P.J., CRANSTON P.S., 1994. - *Insects: an outline of entomology*. Chapman and Hall, London.
- HAMMOND P., 1992. - Species inventory. in *Global Biodiversity : Status of the Earth's living resources*. B. Groombridge (ed.). Chapman and Hall, London.
- HOFFMANN A., 1950-58. - *Coléoptères Curculionides*, vol 1 (1950), vol 2 (1954), vol 3 (1958), Faune de France 52, 59 & 62. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, Paris : 1-486, 487-1208, 1209-1839.
- HOFFMANN B.D., ANDERSEN A. N., 2003. - Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups. *Austral Ecology*, 28 : 444-464.
- PALMER M., LINDE M., PONS G.X., 2004. - Correlational patterns between invertebrate species composition and the presence of an invasive plant. *Acta Oecologica*, 26 : 219-226.
- PALMER M., PONS G.X., 1996. - Diversity in western islets : effects of rat presence on a beetle guild. *Acta Oecologica*, 17 : 297-305.
- HOLLDÖBLER B., WILSON E.O., 1990. - *The ants*. Springer Verlag, Berlin.
- HOLWAY D.A., LACK L., SUAREZ A.V., TSUTSUI N.D., CASE T.J., 2002. - The causes and consequences of ant invasions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33 : 181-233.
- HUMAN K.G. & GORDON D.M. 1996. Exploitation and interference competition between the invasive Argentine ant, *Linepithema humile*, and native ant species. *Oecologia*, 105 : 405-412.
- KNIGHT R.L., RUST M.K., 1990. - The urban ants of California with distributional notes of imported species. *Southwestern Entomologist*, 15 : 167-178.

- LAWRENCE J.F., BRITTON E.B., 1994. - *Australian beetles*. Melbourne University Press, Melbourne.
- LODGE D.M., 1993. Biological invasions : lessons for ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 8 : 133-137.
- LOVEJOY T.E., 1997. - Biodiversity : What is it ? Pages 7-14 in M.L. Reaka-Kudla, D.E. Wilson, E.O. Wilson (eds.), *Biodiversity II. Understanding and protecting our biological resources*. Joseph Henry Press, Washington.
- MINELLI A., RUFFO S., LA POSTA S. (eds.), 1993-1995. - *Checklist delle specie della fauna italiana*. Calderini, Bologna.
- ORGEAS J., 2003. - *Inventaire de l'entomofaune des îles satellites (Bagaud, Gabinière et Rascas) du Parc national de Port-Cros*. Rapport final pour le Parc national de Port-Cros : 1-12.
- ORGEAS J., ANDERSEN A.N., 2001. - Fire and biodiversity : responses of grass-layer beetles to experimental fire regimes in an Australian tropical savanna. *Journal of Applied Ecology*, 38 : 49-62.
- ORGEAS J., VIDAL E., PONEL P., 2003. - Colonial seabirds change beetle assemblages on a Mediterranean island. *Ecoscience*, 10 (1) : 38-44.
- PAULIAN R., 1988. - *Biologie des Coléoptères*. Lechevalier, Paris.
- PONEL P., ANDRIEU-PONEL V., 1998. - Éléments pour un inventaire des Arthropodes des îles satellites du Parc National de Port-Cros : Bagaud, Gabinière et Rascas. *Scientific Reports of the Port-Cros National Park*, 17 : 81-90.
- PONEL P., BIGOT L., 1993. - Premiers résultats de l'étude de la faune des Arthropodes frondicoles soumise aux embruns dans le Parc national de Port-Cros (Var, France). *Scientific Reports of the Port-Cros National Park (France)*, 15 : 233-246.
- SAMWAYS M.J., 2005. - *Insect diversity conservation*. Cambridge University Press.
- SOBEY D.G., KENWORTHY J.B., 1979. - The relationship between Herring gulls and the vegetation of their breeding colonies. *Journal of Ecology*, 67 : 469-496.
- STORK N.E., 1991. - The composition of the arthropod fauna of Bornean lowland forest trees. *Journal of Tropical Ecology*, 7 : 161-180.
- SUAREZ A.V., BOLGER D.T., CASE T.J. 1998. - Effects of fragmentation and invasion on native ant communities in coastal southern California. *Ecology*, 79 : 2041-2056.
- SUEHS C.M., MÉDAIL F., AFFRE L., 2001. - Ecological and genetic features of the invasion by the alien *Carpobrotus* plants in the Mediterranean island habitats. In : *Plant Invasions : species ecology and ecosystem management*. G. Brundu, J. Brock, L. Camarda, M. Wade (eds). Backhuys Publishers, Leiden. pp. 145-158.
- VEYRET P., HENRY M., 1950-1951. - Contribution à l'étude de la faune entomologique de Port-Cros (Îles d'Hyères, Var). 1°: Coléoptères, 2°: Lépidoptères. *Annales de la Société des Sciences Naturelles de Toulon et du Var*, 3 : 18-44.
- VIDAL E., MÉDAIL F., TATONI T., 1998a. - Is the Yellow-legged Gull a superabundant bird species in the Mediterranean ? Impact on fauna and flora, conservation measures and research priorities. *Biodiversity and Conservation*, 7 : 1013-1026.
- VIDAL E., MÉDAIL F., TATONI T., ROCHE P., VIDAL P., 1998b. - Impact of gull colonies on the flora of the Riou archipelago (Mediterranean islands of south-east France). *Biological Conservation*, 84 : 235-243.
- VIDAL E., MÉDAIL F., TATONI T., BONNET V., 2000. - Seabirds drive plant species turnover on small mediterranean islands at the expense of native taxa. *Öcologia*, 122 : 427-434.
- VITOUSEK P.M., D'ANTONIO C.M., LOOPE L.L., WESTBROOKS R., 1996. - Biological invasions as global environmental change. *American Scientist*, 84 : 468-478.
- WHITTAKER J., 1995. Disturbed island ecology. *Trends in Ecology and Evolution*. 10 : 421-425.
- WILSON E.O., 1988. The current state of biological diversity. In : E.O. Wilson & F.M. Peter (eds.), *Biodiversity*. National Academy Press. Washington.
- WILSON E.O., 1992. *The diversity of life*. Belknap Press, Cambridge.